

## Agregados

Os editores e os colaboradores deste manual de agregados para a construção civil, ao prepararem esta segunda edição, tiveram como propósito colocar à disposição dos profissionais desse setor, um documento abordando os seus principais temas técnicos, econômicos, legais, ambientais e sociais.

A importância econômica do setor de agregados para a sociedade está diretamente relacionada à qualidade de vida da população e se reflete: na construção de moradias, saneamento básico, pavimentação e construção de rodovias, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos, dentre outros.

A mineração de agregados para a construção civil quando inserida na malha urbana gera conflitos permanentes entre as comunidades do entorno e o minerador, devido às questões ambientais. Por isso, torna-se necessária uma atenção especial na gestão dos impactos socioambientais, assunto também abordado neste manual.

Os editores esperam que a divulgação desse manual contribua para avançar e disseminar o conhecimento técnico no setor de agregados.

Adão Benvindo da Luz  
Salvador Luiz M. de Almeida  
*Editores*

Secretaria de  
Geologia, Mineração  
e Transformação Mineral

Ministério de  
Minas e Energia

**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

**Manual de Agregados  
para a construção civil**

*Adão Benvindo da Luz  
Salvador Luiz M. de Almeida  
Editores*

# Manual de Agregados

## para a construção civil

*Adão Benvindo da Luz  
Salvador Luiz M. de Almeida  
Editores*

**República Federativa do Brasil**

**Presidente da República**

Dilma Vana Rousseff

**Vice-Presidente**

Michel Miguel Elias Temer Lulia

**Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação**

Marco Antonio Raupp

**Secretário Executivo**

Luiz Antônio Rodrigues Elias

**Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa**

Arquimedes Diógenes Ciloni

**CETEM – Centro de Tecnologia Mineral**

**Diretor**

Fernando Antonio Freitas Lins

**Coordenador de Processos Minerais**

Claudio Luiz Schneider

**Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais**

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

**Coordenador de Apoio Tecnológico à Micro e Pequena Empresa**

Carlos César Peiter

**Coordenador de Análises Minerais**

Arnaldo Alcover Neto

**Coordenador de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação**

Andrea Camardella de Lima Rizzo

**Coordenador de Administração**

Cosme Antonio de Moraes Regly





# MANUAL DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

2ª Edição

**Adão Benvindo da Luz**

Eng<sup>o</sup> de Minas /UFPE, Mestre e Doutor em  
Engenharia Mineral/USP, Professor Visitante  
do Departamento de Geologia da UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

**Salvador Luiz Matos de Almeida**

Eng<sup>o</sup> Metalurgista/UFRJ, Mestre e Doutor em  
Engenharia Mineral/USP  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTI

Rio de Janeiro  
2012

Copyright © 2012 CETEM/MCTI

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação de copyright (Lei 5.988).

Valéria Cristina de Souza  
Diagramação e Editoração Eletrônica

Vera Lúcia do Espírito Santo Souza  
Projeto Gráfico

Informações:

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Av. Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
[www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)

Manual de Agregados para Construção Civil, 2ª Edição/Ed. Adão  
Benvindo da Luz e Salvador Luiz M. de Almeida. -  
Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

432 p.: il.

1. Agregados 2. Construção Civil 3. Brita 4. Areia. I. Centro de  
Tecnologia Mineral. I. Luz, Adão, B. (Ed.). II. Almeida, Salvador  
L. M. (Ed.).

ISBN 978-85-61121-92-1

CDD 553.62

## **APRESENTAÇÃO**

A produção de brita e areia/cascalho atingiu, em 2011, respectivamente, 294 e 248 milhões de toneladas. Embora significativa do ponto de vista quantitativo, quando comparado a outras substâncias minerais, deve-se destacar que há ainda muito espaço para expansão e sustentabilidade da sua produção no Brasil, quando se leva em conta que estes insumos minerais são imprescindíveis ao desenvolvimento de setores como habitação, saneamento e infraestrutura logística de transporte e energia elétrica.

As ações da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - SGM do Ministério de Minas e Energia - MME têm apontado para a necessidade de uma articulação maior entre os setores público e privado, visando remover as barreiras ao pleno atendimento da demanda presente e futura de agregados para construção civil e promover iniciativas de apoio ao planejamento, à organização, à formalização e à melhoria técnica da produção dessas substâncias minerais.

Dentre estas ações, destaca-se o Plano Nacional de Agregados para Construção Civil - PNACC. A execução das atividades previstas no PNACC tem sido realizadas pela SGM, ouvindo a Comissão Nacional de Acompanhamento, constituída de representantes governamentais, empresariais, técnicos e trabalhadores do setor. A Comissão definiu como prioridade a inserção da produção de agregados nas políticas de ordenamento territorial. Um importante instrumento para essa política é a elaboração de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) Nacional dos agregados.

A publicação desta 2ª edição do Manual de Agregados para Construção Civil pelo Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCTI, resultou do contrato firmado entre a SGM/MME e o CETEM/MCTI e preenche uma lacuna de informações técnicas neste importante segmento industrial. O Manual contribuirá para a maior disseminação de informações técnicas entre profissionais, estudantes, empresários, pesquisadores e formuladores de políticas públicas, como também para melhorar as condições de produção dessas substâncias minerais.

Parabenizamos o CETEM/MCTI, em especial os editores do Manual, Salvador Luiz Matos de Almeida e Adão Benvindo da Luz, e os autores dos capítulos pela disponibilização desta importante publicação.

Brasília, junho de 2012

Claudio Scliar  
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Ministério de Minas e Energia





## PRÓLOGO

Em tempo da Rio+20, o desenvolvimento sustentável é objeto de reflexão em todos os setores. Desde a Rio 92, o Brasil consolidou sua democracia, estabilizou sua moeda e, na última década, passou por um crescimento inclusivo, tornando-se a 6ª economia mundial em 2011; e trazendo três a quatro dezenas de milhões de habitantes para o consumo de materiais.

O País produz cerca de 600 Mt de agregados (1º no ranking de extração mineral, seguido pela mineração de ferro). Os investimentos em infraestrutura e o incremento da renda fizeram com que aumentasse em mais de 50%, nos últimos 10 anos, o consumo *per capita* de agregados, passando de menos de duas toneladas para mais de três toneladas por habitante, com potencial para grande ampliação, se considerarmos o consumo *per capita* de países avançados.

No que respeita à sustentabilidade da mineração, há o reconhecimento que houve avanços nesses 20 anos, especialmente por iniciativas das grandes mineradoras. Já o avanço na pequena mineração tem sido mais modesto. No Brasil, cerca de 70% das empresas são micro e pequenos empreendimentos, e nesses trabalham 30% da mão de obra. Apresentam, em geral, atraso na tecnologia utilizada, na questão ambiental e de gestão. Essa situação aplica-se ao segmento de agregados, muito heterogêneo, com empresas ainda apresentando tecnologias rudimentares a empreendimentos que se destacam com premiações no setor mineral.

Este livro, mais uma parceria entre o CETEM e a SGM/MME, é fruto do esforço dos editores Adão Luz e Salvador Almeida e dos especialistas autores dos 20 capítulos, pesquisadores do CETEM e colaboradores externos. Vem ao encontro da necessidade de prover o segmento de agregados com literatura técnica atualizada, em língua portuguesa, e certamente contribuirá para o seu avanço.

Rio de Janeiro, junho de 2012

Fernando A. Freitas Lins  
Diretor do CETEM



## PREFÁCIO

A segunda edição do Manual de Agregados para Construção Civil apresenta 20 capítulos e resultou da primeira edição acrescida de mais 12 capítulos. Contou com a participação de colaboradores da UFRJ, USP, UFRGS, UERJ, ConDet, UILE Consultoria, IBAMA, Instituto PARES, UCAM, CSN e especialistas do CETEM.

São apresentados nesta Segunda Edição do Manual, os seguintes temas: mercado dos agregados no Brasil; aspectos legais da legislação mineral e ambiental; geologia dos diferentes materiais naturais usados como agregados na construção civil; caracterização tecnológica dos agregados, com ênfase na ABNT; usos e especificações dos agregados; lavra de pedreiras e de areia; projeto de instalação de britagem; beneficiamento de rochas e areia; comercialização dos agregados; aspectos da sustentabilidade e responsabilidade social das atividades de produção dos agregados; recursos humanos no setor de produção dos agregados; tendências tecnológicas e materiais substitutivos; metodologia de avaliação econômica; análise econômica da produção de agregados e, por último, a imagem pública do setor de agregados.

Os aspectos legais da mineração estão em discussão no Governo Federal e um novo Marco Regulatório foi enviado ao Congresso Nacional, no ano de 2012. Fica muito difícil prever como ficarão os royalties da mineração, mas sabe-se que o Setor de Agregados, através das suas associações, está pleiteando uma alteração na CFEM-Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais, no sentido de que os atuais 2% cobrados pela produção dos agregados sejam reduzidos, pela alegação de ser um setor gerador de emprego para classes menos favorecidas. Face à indefinição do Marco Regulatório da Mineração, essas prováveis mudanças não foram abordadas no Capítulo 3 – Aspectos Legais da Legislação Mineral e Ambiental relativa aos agregados da construção civil.

A proposta da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM/MME ao encomendar ao CETEM, este Projeto do Manual de Agregados para a Construção Civil visou contribuir para uma maior disseminação de informações técnicas entre profissionais, estudantes, empresários, pesquisadores e formuladores de políticas públicas no Setor de Agregados da Construção Civil. Esta segunda Edição do Manual tem uma tiragem de 2.000 exemplares, sendo o projeto de elaboração e impressão gráfica financiado pela SGM/MME.

Os editores esperam que a edição desse Manual de Agregados se constitua numa contribuição para o avanço e o desenvolvimento desse Setor.

Rio de Janeiro, junho de 2012

Adão Benvindo da Luz  
Salvador Luiz M. de Almeida  
Editores



## **AGRADECIMENTOS**

Registramos os nossos agradecimentos a todos aqueles que colaboraram na preparação de cada um dos capítulos deste Manual de Agregados para a Construção Civil, a seguir relacionados:

Alda Marina Campos – Instituto PARES;  
Ana Valéria F. A. Bertolino – UERJ;  
Arthur Pinto Chaves – USP;  
Bernardo Piquet Carneiro Neto – Consultor;  
Carlos Alberto Felix Fonseca Junior – UCAM;  
Gilberto Dias Calaes – ConDet;  
Gilson Ezequiel Ferreira – CETEM;  
Jair Carlos Koppe – UFRGS;  
João Alves Sampaio – CETEM;  
João Felipe Coimbra Leite Costa – UFRGS;  
João Pedro Martins da Silva - IBAMA;  
José Alexandre Gurgel do Amaral – ConDet;  
José Mario Coelho – UFRJ;  
Luiz Carlos Bertolino – CETEM;  
Luiz Marcelo Tavares – UFRJ;  
Marina Fernandes de Oliveira – Instituto PARES;  
Nely Palermo – UERJ;  
Uile Reginaldo Pinto – Uile Consultoria;  
William Whitaker – CSN e  
Zuleica C. Castilhos – CETEM.

Agradecimentos especiais a Valéria Cristina de Souza que realizou a diagramação e editoração deste Manual, a Vera Lucia do Espírito Santo Souza pelo projeto gráfico, às bibliotecárias do CETEM, Ana Maria S. de Oliveira e Sonia Maria Mamede Lourenço pela busca de normas técnicas e material bibliográfico, a Daniele Duarte Gomes e Aloisio Moura da Silva, pelo apoio administrativo.

Por fim, registramos os agradecimentos ao Dr. Fernando Freitas Lins, Diretor de Tecnologia da SGM/MME, pelos esforços despendidos para viabilizar os recursos financeiros junto à SGM/MME, para custear essa segunda edição do Manual de Agregados para a Construção Civil, que agora passa a ser distribuída para os profissionais deste Setor.

Adão Benvindo da Luz  
Salvador Luiz M. de Almeida  
Editores



# SUMÁRIO

---



---

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

Adão Benvindo da Luz

1. Introdução .....	3
Referências Bibliográficas .....	6

## **CAPÍTULO 2 – MERCADO DE AGREGADOS NO BRASIL**

Gilson Ezequiel Ferreira e Carlos Alberto F. F. Junior

1. Introdução .....	9
2. Panorama Internacional .....	10
3. Reservas .....	14
4. Produção Brasileira .....	14
5. Consumo no Brasil .....	19
6. Preços .....	21
7. Cadeia Produtiva .....	23
8. Déficit Habitacional do Brasil .....	26
9. Entraves ou Gargalos ao Desenvolvimento das Pequenas Empresas Produtoras de Agregados .....	29
10. Tendências .....	31
Referências Bibliográficas .....	32

## **CAPÍTULO 3 – ASPECTOS LEGAIS**

Uile Reginaldo Pinto

1. Introdução .....	37
2. Legislação Mineral .....	37
3. Legislação Ambiental .....	56
4. Legislação Tributária .....	59
5. Normas Reguladoras e Procedimentos Institucionais .....	60
6. Obtenção de Licenças Ambientais .....	64
Bibliografia Consultada.....	65

**CAPÍTULO 4 – GEOLOGIA**

Luiz Carlos Bertolino, Nely Palermo e Ana Valéria F. A. Bertolino

1. Introdução .....	69
2. Matéria Prima dos Agregados .....	69
3. Classificação dos Agregados .....	74
4. Prospecção e Pesquisa Mineral .....	75
5. Usos e Funções .....	76
6. Caracterização Tecnológica .....	76
Referências Bibliográficas .....	79

**CAPÍTULO 5 – NORMAS TÉCNICAS E CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AGREGADOS**

Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz M. de Almeida

1. Normas Técnicas .....	83
2. Caracterização Tecnológica .....	84
Referências Bibliográficas .....	99

**CAPÍTULO 6 – USOS E ESPECIFICAÇÕES**

Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz M. de Almeida

1. Introdução .....	103
2. Agregados para Concreto e Argamassa de Cimento Portland (NBR 7211 e 7214) .....	103
3. Agregados para Concreto Asfáltico .....	110
4. Agregados para Concretos Poliméricos.....	113
5. Lastro de Ferrovia (NBR 5564) .....	114
6. Aterro (Wegner e Davis, 2010) .....	115
7. Tratamentos Superficiais em Pavimentos (Norma DNER-ES 308/97; DNER-ES 309/97) .....	116
8. Drenagem e Filtros .....	118
9. Proteção e Contenção de Taludes (Enrocamento) .....	121
10. Controle de Erosão .....	121
11. Componente de Argamassa para Alvenaria e Revestimento .....	122
12. Controle de Qualidade .....	122
Referências Bibliográficas .....	123

**CAPÍTULO 7 – OPERAÇÕES DE LAVRA EM PEDREIRAS**

Jair Carlos Koppe e João Felipe C. Leite Costa

1. Introdução .....	127
2. Preparação e Decapeamento .....	127
3. Perfuração .....	128
4. Desmonte com Explosivos .....	131
5. Carregamento e Transporte .....	140
6. Impactos Ambientais.....	142
Referências Bibliográficas .....	144



**CAPÍTULO 8 – PROJETO DE INSTALAÇÕES DE BRITAGEM**

Arthur Pinto Chaves

1. Operações Unitárias .....	149
2. Projeto de Pedreiras .....	151
3. Avaliação de Investimentos e Custos Operacionais .....	157
4. Avaliação da Viabilidade do Empreendimento .....	161
5. Conceito de “Point of no Return” .....	163
Referências Bibliográficas .....	164

**CAPÍTULO 9 – OPERAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS**

Adão Benvindo da Luz e João Alves Sampaio

1. Introdução .....	167
2. Cominuição .....	169
3. Beneficiamento .....	170
4. Aspectos Ambientais.....	171
5. Fluxogramas de Beneficiamento de Rochas .....	172
Referências Bibliográficas .....	178

**CAPÍTULO 10 – OPERAÇÕES DE LAVRA DE AREIA**

Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz Matos de Almeida

1. Introdução .....	183
2. Tipos de Depósito de Areia.....	184
3. Métodos de Lavra .....	184
4. Carregamento e Transporte.....	191
5. Aspectos Ambientais .....	192
Referências Bibliográficas .....	193

**CAPÍTULO 11 – OPERAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DE AREIA**

Arthur Pinto Chaves e William Whitaker

1. Introdução .....	197
2. Lavra de Areia .....	198
3. Operações de Beneficiamento de Areia .....	199
4. Produção de Areias “Taylor Made” .....	207
5. Dimensionamento de Instalações .....	208
Referências Bibliográficas .....	219

**CAPÍTULO 12 – COMERCIALIZAÇÃO**

José Mario Coelho

1. Estratégia de Mercado e Posicionamento .....	223
2. Segmentação do Mercado de Agregados para Construção Civil no Brasil .....	224
3. Precificação .....	225
4. Tributos e Royalites Incidentes sobre as Vendas.....	227
5. Recomendações .....	231
Referências Bibliográficas .....	232

**CAPÍTULO 13 – AGREGADOS E SUSTENTABILIDADE**

João Pedro Martins da Silva

1. Introdução .....	237
2. Conceitos Ambientais na Mineração de Brita para Construção Civil .....	241
3. Gestão dos Conflitos Ambientais na Mineração de Brita para Construção Civil .....	244
4. Conceitos Ambientais na Mineração de Areia para Construção Civil.....	247
5. Gestão dos Conflitos Ambientais na Mineração de Areia para Construção Civil .....	250
6. Descomissionamento e Uso Futuro .....	253
Referências Bibliográficas .....	254

**CAPÍTULO 14 – RECURSOS HUMANOS**

José Mário Coelho

1. Introdução .....	259
2. Formação e Qualificação de Recursos Humanos .....	260
3. Treinamento e Capacitação .....	262
4. Saúde e Segurança de Trabalho .....	263
5. Recomendações .....	269
Referências Bibliográficas .....	270

**CAPÍTULO 15 – A RESPONSABILIDADE SOCIAL NO SETOR DE AGREGADOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Marina F. de Oliveira, João Pedro M. Silva, Alda M. Campos e Zuleica C. Castilhos

1. Introdução .....	273
2. Estudo de Caso: Responsabilidade Social nas Empresas de Areias de Piranema.....	278
3. Metodologia .....	286
4. Questionário .....	286
5. Resultados .....	287
6. Agradecimentos .....	292
Referências Bibliográficas .....	292
Anexo 1	

**CAPÍTULO 16 – MATERIAIS SUBSTITUTIVOS (ALTERNATIVOS)**

Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz Matos de Almeida

1. Introdução .....	303
2. Reciclagem de Resíduos Inertes da Construção Civil (RCD) .....	303
3. Areia Artificial ou Areia de Brita .....	304
4. Escórias Siderúrgicas .....	305
5. Argilas Expandidas .....	306
Referências Bibliográficas .....	308

**CAPÍTULO 17 – TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS**

Adão Benvindo da Luz

1. Introdução .....	311
2. Os Desafios .....	312
3. Novas Tecnologias.....	313
4. Tendências .....	314
Referências Bibliográficas .....	315

**CAPÍTULO 18 – METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA**

Gilberto Dias Calaes e Bernardo Piquet Carneiro Netto

1. Introdução .....	319
2. Planejamento, Desenvolvimento e Competitividade .....	319
3. Avaliação Econômica no Planejamento e Gestão de Negócio.....	321
4. O Modelo de Avaliação .....	324
5. Simulação e Análise Econômica-Financeira .....	331
6. A Estimativa dos Parâmetros Essenciais .....	333
7. Condicionamento Estratégico para o Desenvolvimento e a Competitividade .....	336
Referências Bibliográficas .....	339

**CAPÍTULO 19 – ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS**

Gilberto Dias Calaes, Bernardo Piquet C. Netto e Luís Marcelo Tavares

1. Introdução .....	343
2. Condicionamentos Tecnológicos Associados a Areia de Brita e ECD .....	344
3. Premissas Básicas .....	346
4. Programa de Produção e Vendas.....	351
5. Investimentos .....	352
6. Custos de Produção .....	361
7. Análise de Rentabilidade e Geração de Valor .....	363
8. Comparação dos Indicadores de Cenários A e B .....	367
9. Políticas Públicas para o Desenvolvimento do Setor .....	369
Referências Bibliográficas .....	372

**CAPÍTULO 20 – IMAGEM PÚBLICA DO SETOR DE AGREGADOS**

Gilberto Dias Calaes e José Alexandre G. do Amaral

1. Introdução .....	377
2. Setor de Agregados Minerais .....	377
3. O Marco Legal .....	384
4. A Importância do Setor .....	389
5. Obstáculos, Desafios e Tendências .....	394
6. A Imagem Pública Atual .....	401
7. Uma Nova Percepção .....	405
8. Conclusão .....	409
Referências Bibliográficas .....	410

**GLOSSÁRIO**



CAPÍTULO

---

---

**1**

---

INTRODUÇÃO

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI



## INTRODUÇÃO

Os agregados são matérias primas minerais da maior importância para o desenvolvimento socioeconômico de um país e igualmente importante para a qualidade de vida da sociedade. Por que o uso desse termo agregado, para essas matérias primas minerais de uso corrente na construção civil? É atribuído ao fato de que a areia e a brita se agregam ao cimento para obtenção do concreto e ao betume (piche) para preparação do asfalto.

Os agregados naturais são produzidos a partir de materiais rochosos consolidados e sedimentares, tais como areia e cascalhos. As rochas consolidadas são submetidas a processos de britagem e moagem, até atingir as especificações granulométricas requeridas pela construção civil (BERTOLINO *et al.*, 2012).

Os agregados são usados na implantação de infraestrutura de transporte, saneamento, moradias, instalações físicas industriais e de comércio e na construção dos diferentes tipos de edificações.

Os agregados minerais se encontram dispersos no País, no entanto no caso das bacias sedimentares torna-se mais difícil a produção da brita, pois essa é obtida, normalmente, a partir da lavra de basalto (Campo Grande-MS), diques aflorantes de diabásio (Teresina-PI) ou da lavagem de cascalho. Na região metropolitana de Manaus constata-se a inexistência de rocha dura para brita, a uma distância adequada, do ponto de vista econômico, dos centros de consumo (CALAES, 2007).

Segundo (BERTOLINO *et al.*, 2012), em virtude das características geológicas do território brasileiro, observa-se uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados. Neste contexto, o tipo de rocha utilizada depende, principalmente, da disponibilidade local ou regional. Alguns exemplos são, a seguir apresentados:

- granito e gnaisse: são utilizados na maioria dos estados brasileiros;
- basalto: regiões sul e sudeste (bacia do Paraná);
- calcários e dolomitos: Minas Gerais, Goiás, Bahia e norte fluminense;
- lateritas: Região Amazônica e Minas Gerais;
- areia/cascalho: maioria dos estados.

De acordo com a rocha explotada (DNPN, 2006), a produção de brita no País apresenta a seguinte distribuição: granito e gnaisse 85%, calcário e dolomito 10% e diabásio e basalto 5%. Quanto à produção de areia, 70% vêm de leito de rios e 30% de várzeas, terraços aluviais, dentre outros.

De uma maneira geral, os produtores de agregados minerais no Brasil adotam os procedimentos laboratoriais da *Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT*, tendo como referências as etapas iniciais de caracterização mineralógica e petrográfica dos depósitos visando a definição das propriedades requeridas para os diferentes usos: concreto e argamassa de cimento *Portland*, com e sem finalidade estrutural; concreto asfáltico; lastro ferroviário; aterros; proteção de taludes; filtros, dentre outros (LUZ & ALMEIDA, 2012).

A mineração de areia e brita é uma das mais importantes atividades extrativas do setor mineral brasileiro, quando comparado o volume produzido ao volume de produção do minério de ferro, principal produto mineral brasileiro.

Quanto à produtividade, a mineração brasileira de agregados ainda tem muito a desenvolver, se comparada a dos países da Europa Ocidental e dos EUA, onde a mão de obra é treinada e grandes investimentos são feitos na modernização das instalações de produção. (FERREIRA & FONSECA JÚNIOR, 2012).

A caracterização mineralógica, petrográfica e química dos agregados é uma etapa extremamente importante na sua caracterização, visto que alguns constituintes mineralógicos dos agregados, tais como sais minerais, minerais reativos e material pulverulento podem resultar em problemas tais como o rompimento da estrutura do concreto, dentre outros (LUZ & ALMEIDA, 2012).

Ocorreu, em 2004, o colapso do edifício Areia Branca, na Praia de Piedade, região metropolitana de Recife. Este episódio chamou bastante a atenção do setor de construção civil, levando o CREA-PE a indicar uma comissão para avaliar as causas que contribuíram para o desabamento desse edifício. Uma das primeiras constatações dessa Comissão é que trata-se do fenômeno da reação álcali-agregado, pouco estudado pelo meio técnico. (CICHINELLI, 2010).

É indispensável o controle de qualidade dos agregados, através da realização de ensaios tecnológicos em laboratórios especializados em agregados, utilizando, no caso brasileiro, as Normas ABNT de caracterização tecnológica e de especificações. Poderão, por exemplo, serem usados os limites mínimos e máximos das especificações requeridas para os agregados (FRAZÃO, 2007).

Não existem, no Brasil, do nosso conhecimento, laboratórios acreditados para realizar a caracterização tecnológica dos agregados da construção civil, o que seria desejável do nosso ponto de vista, pelo menos, para grandes obras de construção civil tais como barragens para geração de energia, pontes, edifícios etc.(LUZ & SALVADOR, 2012).

Os agregados são abundantes na natureza e tem como característica o seu baixo valor unitário, mas por outro lado o seu uso *per capita* constitui-se num importante indicador do perfil socioeconômico de um país (FERREIRA & FONSECA JÚNIOR, 2012).



O consumo de agregado no Brasil é de apenas 2,5 t/habitante, considerado baixo, quando comparado aos países desenvolvidos, onde esse consumo *per capita* está entre 5 e 15 t. Esse baixo consumo de agregado no Brasil é atribuído a uma demanda reprimida por agregado, pela inexistência de obras adequadas de infraestrutura e habitação.

Uma característica marcante do mercado de agregados é o custo de transporte, normalmente, igual ou maior do que os custos de produção. Superar esse desafio consiste em viabilizar a exploração dos agregados, o mais próximo possível dos locais de consumo.

A mineração de agregados para a construção civil – brita e areia, por estar inserida na malha urbana, gera conflitos permanentes entre as comunidades do entorno e o minerador, devido aos problemas ambientais de geração de particulados e ruídos. Neste contexto, as práticas de produção de agregados não diferem de outras práticas industriais e por isso é necessária dedicação total à gestão dos impactos socioambientais para minimizar esses conflitos (SILVA, 2012).

Segundo (REIS, 2011), o setor de agregados para a construção civil ( areia e brita) é constituído por cerca de 3.100 empresas produtoras – 2.500 de extração de areia e 600 de brita. Este Setor produziu, em 2010, 631 milhões de toneladas de agregados, gerando 68.000 empregos diretos. Para o ano de 2011, o setor de agregados deverá atingir uma produção recorde, ultrapassando as 650 milhões de toneladas.

Segundo (CALAES & AMARAL, 2012), o setor de agregados minerais passa por transformações intensas – mudança no seu perfil empresarial, uso de equipamentos modernos e adoção de métodos avançados de gestão da produção e *marketing* de produtos.

Devido às restrições ambientais à lavra de areia, principalmente, em leito de rios, observa-se uma tendência, em vários polos industriais de agregados, à transformação de pó de pedra em areia de brita ou areia artificial, usando britadores de impacto vertical (CALAES & AMARAL, 2012).

Segundo (OLIVEIRA *et al.*, 2012), a responsabilidade social precisa ser incorporada à gestão das pequenas empresas de mineração de agregados da construção civil. Neste contexto, há poucos estudos disponíveis sobre responsabilidade social das empresas de mineração de agregados, principalmente de mineração de areia.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BERTOLINO, L. C.; PALERMO, N.; BERTOLINO, A. V. F. A. (2012). Geologia, Capítulo 4, nesta publicação.
- CALAES, G. D.; AMARAL, J. A. G. (2012). Imagem pública do setor de agregados, Capítulo 20, nesta publicação.
- CALAES, G. D. (2007). Gestão do negócio In: Agregados para a construção civil no Brasil; Edson Campos, Ely Frazão, Gilberto Calaes e Hildebrando Herman (editores), SGM-MME/CETEC-MG, 2007, p. 165-234.
- CICHINELLI, G. C. (2010). Álcali-agregado: Reação Perigosa ([www.revistatechne.com.br](http://www.revistatechne.com.br)).
- FERREIRA, G. E.; FONSECA JÚNIOR, C. A. F. (2012). Mercado de Agregados, Capítulo 2, nesta publicação.
- FRAZÃO, E. B. (2007). Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In: Agregados para a construção civil no Brasil; Edson Campos, Ely Frazão, Gilberto Calaes e Hildebrando Herman (editores), SGM-MME/CETEC-MG, p. 25-74, 2007.
- LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M (2012). Normas Técnicas e Caracterização Tecnológica dos Agregados e Usos e Especificações, Capítulos 5 e 6, nesta publicação.
- OLIVEIRA, M. F.; MARTINS, J. P.; CAMPOS, A. M; CASTILHOS, Z. C. (2012). A responsabilidade social no setor de agregados da construção civil, Capítulo 15, nesta publicação.
- REIS, R. L. G. (2011). Agregados para Construção - Produção é recorde e alcança 631 milhões de toneladas em 2010. Brasil Mineral, julho de 2011, nº 309, p. 16-17.
- SILVA, J. P. M. (2012). Agregados e Sustentabilidade, Capítulo 13, nesta publicação.

CAPÍTULO

---

---

2

---

## MERCADO DE AGREGADOS NO BRASIL

Gilson Ezequiel Ferreira  
Economista Mineral-UFJF, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Tecnologista Sênior do CETEM/MCTI

Carlos Alberto Felix Fonseca Junior  
Graduando em Engenharia de Produção-UCAM  
Bolsista CNPq-Brasil



## 1. INTRODUÇÃO

A relevância do setor de agregados para a sociedade é destacada por estar diretamente ligada à qualidade de vida da população tais como: a construção de moradias, saneamento básico, pavimentação e construção de rodovias, vias públicas, ferrovias, hidrovias, portos, aeroportos, pontes, viadutos etc.

Os agregados para a indústria da construção civil são as substâncias minerais mais consumidos e, portanto, os mais significativos em termos de quantidades produzidas no mundo.

A areia e a brita são abundantes na natureza e apresentam baixo valor unitário, no entanto, seu consumo constitui um importante indicador do perfil sócio-econômico de um país.

As principais características dos agregados para a construção civil são:

- menor preço unitário dentre todos os minerais industriais;
- grande número de ocorrências, incluindo, para cada matéria prima, uma ampla gama de tipos diferentes;
- importância da coincidência ou grande proximidade da jazida com o mercado consumidor, o que constitui característica fundamental para que tenha valor econômico; baixa inversão financeira;
- grande volume de produção, com muitos produtores, usinas de grande ou médio porte e gerenciamento precário. As pequenas usinas só existem em mercados de pequenas dimensões ou isolados ou ainda operando na forma de usinas móveis, como por exemplo, as flutuantes em leitos de rio;
- pesquisa geológica simples e com baixa incorporação de tecnologia, constituída, em geral, por operações unitárias de lavagem, classificação ou moagem;
- mercado regional, sendo o internacional restrito ou inexistente.

Minerações típicas de agregados para a construção civil são os portos-de-areia e as pedreiras, como são popularmente conhecidas. Entretanto, o mercado de agregados pode absorver produção vinda de outras fontes. No caso da areia, a origem pode ser o produtor de areia industrial ou de quartzito industrial, ambas geralmente destinadas às indústrias vidreira e metalúrgica. No caso da brita, pode ser o produtor de rocha calcária usada nas indústrias caieira e cimenteira. Nestes casos, em geral, é parcela da produção que não atinge padrões de qualidade para os usos citados e é destinada a um uso que não requer especificação tão rígida (VALVERDE, 2001).

## 2. PANORAMA INTERNACIONAL

O United States Geological Survey (USGS) afirma que os agregados são os recursos minerais mais acessíveis à humanidade e as matérias-primas mais importantes usadas na indústria da construção civil, sendo o concreto o segundo material mais consumido em volume, depois da água, pela humanidade.

Considerando-se que parte da rocha britada foi usada com fins industriais – cimento, cal, indústria química e metalúrgica – o total de agregados para construção civil que cada americano consumia, no ano de 2000, ultrapassava 7.500 kg/ano.

No século passado, a produção total de agregados nos Estados Unidos aumentou de uma modesta quantidade de 58 milhões de toneladas em 1900, para quase 2,5 bilhões de toneladas na virada do século XX. No Gráfico 1 vê-se a distribuição da produção mineral nos EUA em 2010 e a participação dos agregados.

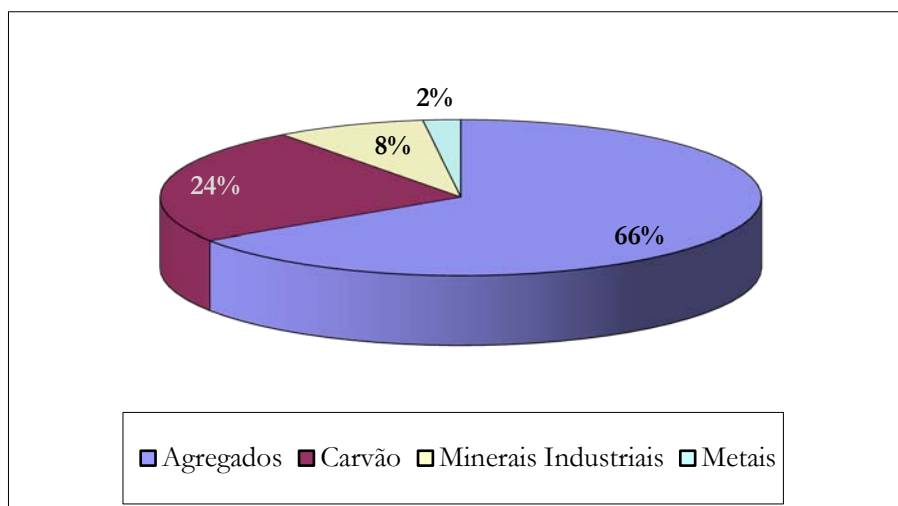


Gráfico 1 – Distribuição da Produção Mineral nos EUA em 2010.

Fonte: USGS

O nível de consumo observado nos EUA se repete nos países industrializados.

Os EUA são os maiores produtores de brita do mundo e, em 2010, a sua produção girava em torno de 1,5 bilhão de toneladas apresentando valor da ordem de US\$ 11 bilhões. Esta produção foi sustentada por cerca de 1.600 empresas que operam 4.000 unidades de produção, distribuídas por 50 estados americanos. (Fonte: United States Geological Survey).

Em contrapartida, no mesmo país, a produção de areia girava em torno de 760 milhões de toneladas, em 2010, com cerca de 3.900 empresas participando, distribuídas por 50 estados da federação. (Fonte: United States Geological Survey).

Na Europa, em 2009, foram produzidos 3,25 bilhões de toneladas de agregados em cerca de 24 mil unidades de operação. Empregando 300 mil pessoas direta e indiretamente (UEPG, 2011). A crise de 2008, com reflexos até hoje fez com que a maioria dos países da Europa declinassem a produção em 2009 como vê-se no Gráfico 2.

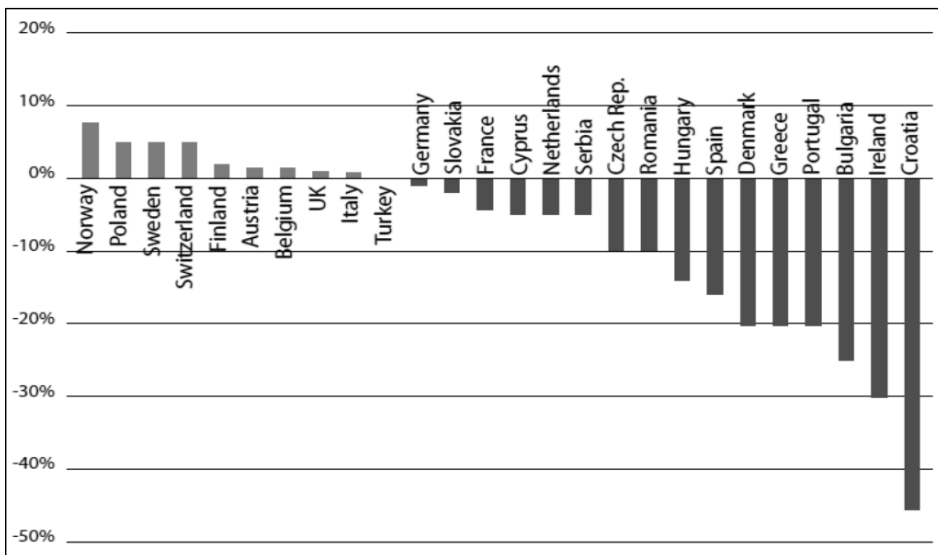


Gráfico 2 – Crescimento da Produção de Agregados na Europa em 2010.

Fonte: UEPG, 2011

Segundo estatísticas da União Europeia de Produtores de Agregados, cada europeu requer durante toda a vida, mais de 500 toneladas de agregados. Essa quantidade é maior do que qualquer outro bem mineral consumido naquele continente.

A Europa é a líder mundial na reciclagem de entulho de construção e demolição. A Alemanha é a líder entre os países da Europa que mais reciclam com 61 milhões de toneladas vindo a seguir a Inglaterra com 46 milhões e a Holanda e a Polónia com 22 milhões de reciclados em 2009.

Tabela 1 – Produção de Agregados na Europa – 2009.

Países	Produtores	Milhões de toneladas						Produção Total
		Total de Extração	Areia e Cascalho	Brita	Agregados Moinhos	Agregados Reciclados	Agregados Manuf.	
Alemanha	1280	2265	236	217	5	61	36	555
Áustria	1062	1362	61	31	0	4	2	97
Bélgica	78	104	16	43	3	15	1	78
Bulgária	190	280	11	14	0	0	0	25
Chipre	23	23	0	12	0	0	0	12
Croácia	260	338	7	22	0	0	0	29
Dinamarca	350	500	30	0,2	9	5	0	44
Eslováquia	180	305	11	18	0	0	0	30
Espanha	1555	1765	66	171	0	1	0	238
Finlândia	400	2091	16	47	0	1	1	65
França	1428	2481	140	209	6	15	6	376
Grécia	192	213	1	70	0	0	0	71
Holanda	65	160	47	0	45	22	0	113
Hungria	100	100	37	20	0	0	0	57
Inglaterra	727	1275	45	86	10	46	10	197
Irlanda	150	600	19	20	0	0	0	39
Itália	1550	2460	210	140	0	0	0	350
Noruega	710	927	13	51	0	2	0	66
Polônia	2044	1786	131	49	0	22	1	203
Portugal	617	1081	25	25	0	0	0	50
Rep.Checa	198	384	24	41	0	0	0	65
Romênia	430	745	25	12	0	1	0	38
Sérvia	20	70	12	8	0	0	0	19
Suécia	985	2109	20	58	0	1	6	85
Suíça	540	535	33	5	4	5	0	47
Turquia	770	770	25	290	0	0	0	315
Totais	15904	24729	1261	1659	82	201	63	3264

Fonte: UEPG

Entre os países com maior consumo *per capita* merece destaque Chipre, Noruega e Finlândia conforme pode-se ver no Gráfico 3.



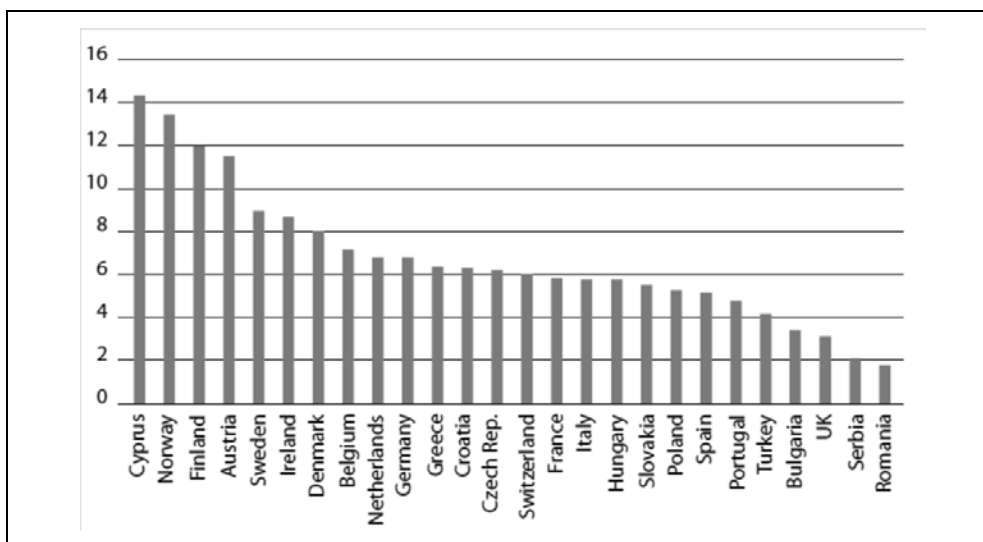


Gráfico 3 – Produção de agregados na Europa toneladas/per capita – 2009.  
Fonte: UEPG

No Gráfico 4 elaborado pela UEPG, pode-se ver a correlação entre o Produto Interno Bruto *per capita* e a produção *per capita* onde cada ponto representa um país.

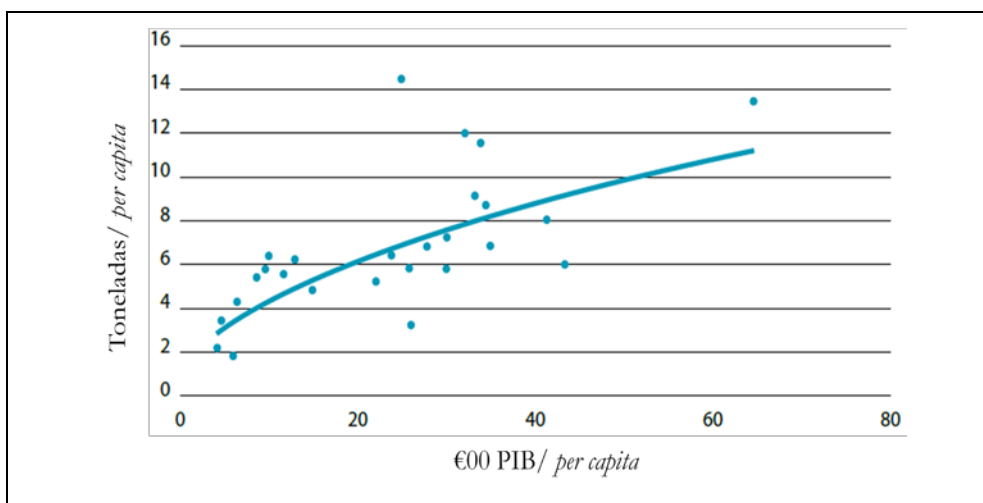


Gráfico 4 – Produção de agregados na Europa em 2009 – Toneladas/*per capita* X PIB. Fonte: UEPG

A Ásia responde por 50% da demanda mundial por agregados, ocupando posição de destaque, pois o crescimento vem sendo em torno de 9 a 12%. A China com consumo de mais de 4 bilhões de toneladas/ano, liderando a demanda mundial por agregados (ANEPAC, 2008).

### 3. RESERVAS

As reservas minerais de areia e brita, de modo geral, são abundantes no Brasil. Existem regiões, no entanto, onde as reservas estão distantes do centro consumidor tendo-se que transportar o material por distâncias superiores a 100 km.

Muitas vezes as restrições ambientais e leis de zoneamento municipal impossibilitam a exploração de excelentes reservas, restringindo o uso do bem mineral. Fernando Valverde afirma que: “qualquer estudo sobre reservas de agregados, deve-se levar em conta o planejamento local existente e/ou as restrições que a sociedade impõe à atividade. Em outras palavras, de nada vale a existência de reservas de ótima qualidade, quantidade e localização, se a sociedade restringe ou impede o aproveitamento”.

### 4. PRODUÇÃO BRASILEIRA

A mineração de areia e brita está espalhada por todo o território nacional e é uma das mais importantes atividades extrativas do setor mineral brasileiro, devido ao volume produzido comparável ao volume de produção do minério de ferro, principal produto mineral brasileiro.

Com relação à produtividade, a mineração brasileira de agregados tem muito a desenvolver, se comparada a dos países da Europa Ocidental e dos EUA, onde a mão de obra é treinada e grandes investimentos são feitos na modernização das instalações de produção.

Nos Estados Unidos da América, por exemplo, o índice de produtividade varia de 1.500 a 2.000 m<sup>3</sup>/homem/mês, enquanto que, no Brasil, a média fica em torno de 250 m<sup>3</sup>/homem/mês no caso da areia. (QUARESMA, 2009).

Um dos maiores problemas encontrados nas análises que envolvem os agregados para a construção civil é a falta de uma base estatística confiável, uma vez que existe um elevado grau de ilegalidade devido a empresas clandestinas que operam nesse mercado. Além disso, os dados divulgados pelo DNPM são recolhidos através de relatórios elaborados com base nos questionários respondidos pelas empresas legalizadas do setor. O Departamento Nacional da Produção Mineral não dispõe de uma estrutura de coleta e análises de dados apurados sobre o setor, e não há estatísticas confiáveis sobre agregados que possibilitem prestar informações objetivas aos organismos envolvidos na política de planejamento urbano.

As principais fontes estatísticas para a análise de agregados são os Relatórios Anuais de Lavra - RAL. Nos últimos dez anos, outras fontes têm sido utilizadas como base para o levantamento de dados para a areia e brita, como as associações de produtores, que fornecem as estimativas de produção. Assim, para a brita, o Sindipedras/SP foi responsável pela estimativa durante algum tempo.

Atualmente, a Associação Nacional das Entidades Produtoras de Agregados para Construção Civil - ANEPAC faz estimativa tanto para a brita como para a areia.

A produção de pedras britadas encontra-se espalhado por todos as unidades da federação com as seguintes estatísticas:

- envolve, oficialmente, cerca de 600 empresas;
- gera cerca de 21.000 empregos diretos;
- 60% das empresas produzem menos de 240.000 toneladas/ano;
- 30% produzem entre 240.000 e 480.000 toneladas/ano;
- e 10% produzem mais do que 480.000 toneladas/ano.

Por outro lado, estudos realizados pelo SINDIPEDRAS revelam que a brita representa, em média, 2% do custo global de uma edificação e 60% do seu volume. Em obras de pavimentação, sua participação no custo da obra chega a 30%.

Ainda segundo a ANEPAC, a participação dos tipos de rochas utilizadas na produção de brita é a seguinte:

- granito e gnaisse – 85%;
- calcário e dolomito – 10%;
- e basalto e diabásio – 5%.

A areia é extraída de leito de rios, várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos. Estima-se que, em 2010 foram produzidos 556 milhões de toneladas de agregados, deste total, 222 milhões de toneladas são representados por pedras britadas e 334 milhões de toneladas por areia. No Brasil, 90% da areia é produzida em leito de rios, sendo que no Estado de São Paulo, maior produtor brasileiro, a relação é diferente, 45% da areia produzida é proveniente de várzeas, 35%, de leitos de rios, e o restante, de outras fontes. O estado responde por 39% da produção nacional, seguido de Rio de Janeiro (16%), Minas Gerais (12,5%), Paraná (6,5%), Rio Grande do Sul (4,2%) e Santa Catarina (3,5%).

Em relação à areia:

- cerca de 2.500 empresas registradas se dedicam à extração de areia, na grande maioria, pequenas empresas familiares;
- gerando cerca de 47.000 empregos diretos;
- destas, 60% produzem menos de 120.000 toneladas/ano;
- 35% produzem entre 120.000 e 300.000 toneladas/ano;
- e 5% delas produzem mais do que 300.000 toneladas/ano.

O frete é um dos principais itens dos custos das pequenas empresas do segmento de brita, obrigando, o produtor a operar próximo aos centros consumidores, localizando-se a atividade mineradora nas regiões limítrofes das grandes cidades, que, com o inevitável crescimento urbano, acaba “envolvendo” as pedreiras, iniciando-se aí os conflitos com a comunidade vizinha e com os órgãos ligados ao meio ambiente.

Tabela 2 – Evolução da Produção de Agregados para Construção Civil no Brasil 1988-2010.

Ano	Areia	Brita	Total
1988	51	93	144
1989	62	67	129
1990	15	85	100
1991	14	81	95
1992	82	97	179
1993	75	93	168
1994	79	96	175
1995	87	105	192
1996	159	96	255
1997	205	141	346
1998	200	146	346
1999	205	142	347
2000	226	156	382
2001	236	163	399
2002	230	156	386
2003	191	130	321
2004	201	187	388
2005	238	172	410
2006	255	199	454
2007	279	217	496
2008	279	186	465
2009	289	192	481
2010	334 *	222 *	556 *

Unidade: milhões de toneladas

Fonte: ANEPAC – DNPM

Nota: \* estimado pelos autores

Observando-se a Tabela 5 (Produção de cimento no Brasil), na página 26, pode-se ver a correlação direta da produção de agregados com a produção de cimento.

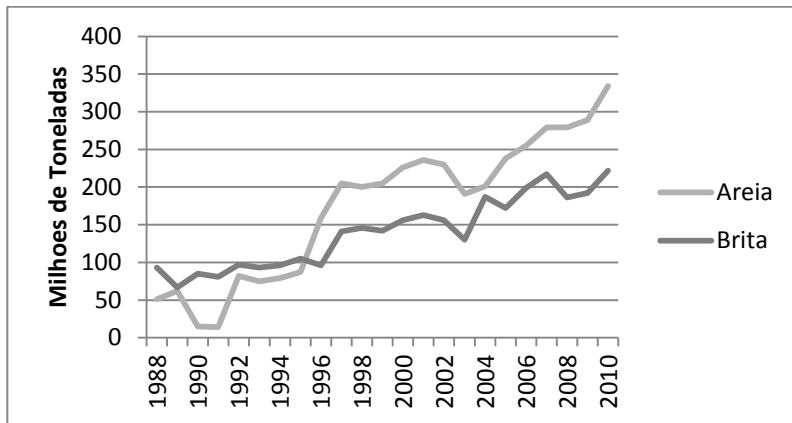


Gráfico 5 – Evolução da Produção de Agregados para Construção Civil no Brasil 1988-2010.

Fonte: Sumário Mineral – DNPM.

#### 4.1. Produção Alternativa

Economicamente é muito difícil que um produto de tão baixo valor agregado seja substituído, no entanto, como exemplo podemos citar - prédios e pontes que podem ser construídos utilizando estruturas metálicas, em vez de concreto.

Na preparação do concreto e da argamassa, os agregados naturais (areia e brita) podem ser substituídos por resíduos industriais como escórias siderúrgicas, reciclagem de materiais da construção civil etc.

Os materiais que podem substituir a areia e a brita, na construção civil, são os agregados artificiais, como a argila expandida ou a vermiculita e os recicláveis. O agregado reciclado vem apresentando um uso crescente nos últimos anos, resultando em economias de materiais e energia. Normalmente se utiliza um entulho resultante da demolição. Dependendo da quantidade do entulho, pode ser necessária a lavagem do agregado reciclado e, até mesmo, a remoção de material pulverulento. Este tipo de material tem sido usado, com vantagens, em sub-bases, concretos magros, e solo-cimento, pavimentação e em concretos novos, com substituição parcial ou até total dos agregados usuais.

Segundo o portal Ambiente Brasil, a quantidade de entulho gerada nas cidades é muito significativa e pode servir como um indicador do desperdício de materiais. Os resíduos de construção e demolição são constituídos de concreto, estuque, telhas, metais, madeira, gesso, aglomerados, pedras, carpetes etc. muitos desses materiais e a maior parte do asfalto e do concreto utilizados em obras podem ser reciclados. Esta reciclagem pode tornar o custo de uma obra mais baixo e diminuir também o custo de sua disposição.

Note-se ainda, que a demanda por habitação de baixo custo também torna interessante a viabilização de materiais de construção a custos inferiores aos existentes, porém sem abrir mão da garantia de qualidade dos materiais originalmente utilizados.

Os principais resultados produzidos pela reciclagem do entulho são benefícios ambientais. A equação da qualidade de vida e da utilização não predatória dos recursos naturais é mais importante que a equação econômica. Os benefícios são conseguidos não só por se diminuir a deposição em locais inadequados, como também por minimizar a necessidade de extração de matéria-prima em jazidas, o que nem sempre é adequadamente fiscalizado. Reduz-se, ainda, a necessidade de destinação de áreas públicas para a deposição dos resíduos.

As experiências indicam que é vantajoso também, economicamente, substituir a deposição irregular do entulho pela sua reciclagem.

#### 4.1.1. Areia manufaturada

Atualmente, 90% da produção nacional de areia natural tem sido obtida a partir da extração em leito de rios e os 10% restante, de outras fontes. A exploração de areia realizada em rios e outros ambientes de sedimentação, causa sérios impactos sobre o meio ambiente, em consequência da retirada da cobertura vegetal nas áreas a serem lavradas, causando assoreamento nos rios e conseqüentemente a degradação do curso d'água. Por isso, esta atividade extrativa tem sido cada vez mais coibida pelos órgãos responsáveis pela fiscalização do meio ambiente.

A exaustão de áreas próximas aos grandes mercados consumidores e a restrição ambiental tem resultado no deslocamento dos mineradores para locais cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos, o que onera o preço final da areia natural, visto que a distância entre produtor e consumidor tem sido em média 100 km, aumentando o custo do frete e, conseqüentemente o preço do produto final. Pesquisadores do Centro de Tecnologia Mineral-CETEM, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, em parceria com a COPPE/UFRJ, tendo por objetivo minimizar os impactos ambientais resultantes da extração de areia, do destino final dos resíduos (pó-de-pedra) e visando encontrar alternativas econômicas viáveis para ambos os produtos, propuseram-se a estudar a viabilidade de produzir areia artificial a partir de finos de brita.

O projeto visa solucionar dois problemas distintos a partir da produção de areia artificial: um ambiental e o outro de ordem econômica. A primeira alternativa visa a redução dos impactos ambientais ocasionados pelo processo convencional de extração de areia. A segunda é econômica, pois uma das grandes vantagens da areia artificial é que a sua produção pode ser realizada no canteiro das pedreiras, o que reduziria o custo da matéria-prima para o seu maior mercado consumidor, a indústria da construção civil.

Atualmente, duas unidades produzem areia manufaturada em função do projeto em parceria com o CETEM: a Pedreira CONVEM, localizada no município de Magé, no Estado do Rio de Janeiro, e a Pedra Sul, localizada no Município de Matias Barbosa, próximo à Juiz de Fora.

## 5. CONSUMO NO BRASIL

Segundo a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (FIPE), o consumo médio de agregados no Brasil é:

- auto-construção, unidade de 35 m<sup>2</sup> são consumidas 21 t de agregados;
- habitações populares de 50 m<sup>2</sup> são consumidas 68 t de agregados;
- manutenção de vias municipais se consome menos de 100 t/km, enquanto as estradas demandam cerca de 3.000 t/km;
- uma obra-padrão de 1.120 m<sup>2</sup> para escolas é consumido 985 m<sup>3</sup> de agregados ou 1.675 t (IBGE);
- na pavimentação urbana, o consumo por metro quadrado varia de cidade de baixa densidade para a de alta densidade. A primeira consome 0,116 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, enquanto a segunda, 0,326 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Um quilômetro de uma via de 10 m de largura consumiria, respectivamente, 2.000 t e 3.250 t, aproximadamente.

No ano de 2010, segundo dados do DNPM, o mercado consumidor brasileiro de pedras britadas apresentava a seguinte distribuição:

- Destinada à mistura com cimento 70%:
  - para concreto 35%;
  - para pré-fabricados 15%;
  - para revenda 10%;
  - para lastro de ferrovia, gabiões, contenção de taludes etc 10%.
- Destinada à mistura com asfalto betuminoso 30%:
  - para a pavimentação de ruas, bases e sub-bases para a construção de rodovias.

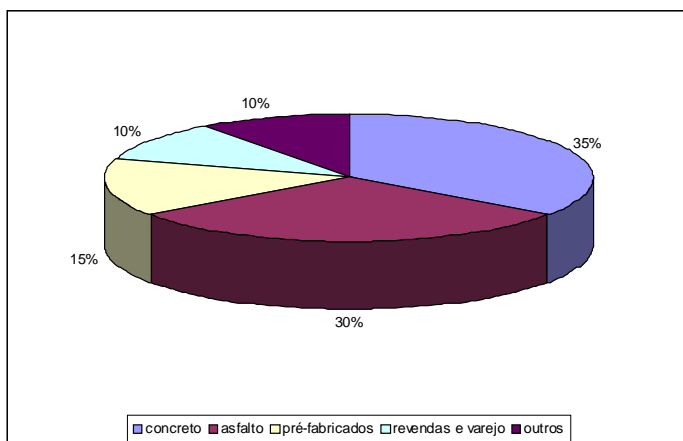


Gráfico 6 – Segmentação do consumo de brita no Brasil.

Fonte: CETEM

No que se refere à distribuição setorial do consumo de areia na construção civil no País, pode-se observar no Gráfico 4, que 50% da areia consumida pela construção civil é incorporada às massas, de modo geral. Os outros 50% se subdividem em concreto não usinado e concreto dosado em central.

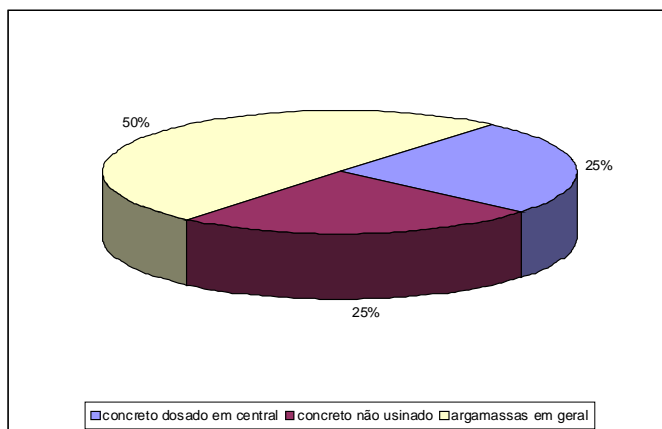


Gráfico 7 – Segmentação do consumo de areia no Brasil.

Fonte: CETEM

Segundo a ANEPAC, o Estado de São Paulo tem o maior consumo *per capita* de agregado no país com 3,35 t/hab/ano vindo logo a seguir Goiás e o Distrito Federal.

O consumo *per capita* de agregados para construção civil (areia e brita) no Brasil se mantém estável, em torno de 2 toneladas *per capita* ao ano, conforme indica a Tabela 2. Entretanto, o volume ainda é muito reduzido se compararmos



com os com países europeus mais desenvolvidos e com os Estados Unidos, onde o consumo de brita, no ano de 2006, foi de 5,6 toneladas *per capita* ao ano e, em relação à areia, esse volume atinge 4,3 toneladas *per capita* ao ano, totalizando aproximadamente 10 toneladas por habitante

Tabela 3 – Evolução do consumo *per capita* de areia e pedra britada – Brasil – t.

Ano	Areia	Brita
1999	1,2	0,8
2000	1,3	0,9
2001	1,4	0,9
2002	1,4	0,9
2003	1,1	0,7
2004	1,1	0,7
2005	1,1	0,8
2006	1,1	0,8
2007	1,3	0,8
2008	1,4	1,0
2009	1,5	1,0
2010	1,7 *	1,2 *

Fonte: ANEPAC; DNPM, Sumário Mineral Brasileiro, 2000 - 2010.

Nota: \* Dados estimados considerando uma população de 191 milhões, segundo censo de 2010 do IBGE.

## 6. PREÇOS

O período inflacionário dos anos 80 e os primeiros anos da década de 90 dificultam a análise de preços, principalmente para produtos produzidos e consumidos internamente, como os agregados. Com a volta da estabilidade da moeda brasileira adquirida a partir de 1995, com o Plano Real, torna possível a análise a partir de então.

Na Tabela 4 pode-se fazer uma análise comparativa dos preços dos agregados no Brasil e nos EUA. Nota-se que os preços no Brasil são bastante oscilantes, sendo muito sensíveis à demanda. No Gráfico 5, vê-se a oscilação dos preços médios dos agregados de 1997 a 2010.

Nos Estados Unidos, ao contrário do Brasil, verifica-se um pequeno e constante aumento nos preços desses produtos conforme pode-se observar na Tabela 4, que mostra a evolução dos preços médios dos agregados nos Estados Unidos da América.

Tabela 4 – Evolução dos Preços Médios dos Agregados - US\$/t.

Ano	Brasil		EUA	
	areia	brita	areia	brita
1997	4,06	6,96	4,47	5,66
1998	3,50	5,93	4,57	5,39
1999	2,07	3,62	4,73	5,35
2000	2,07	4,02	4,81	5,39
2001	1,70	3,15	5,02	5,57
2002	2,00	3,40	5,07	5,71
2003	2,15	3,80	5,16	5,98
2004	2,12	3,75	5,33	6,08
2005	3,90	4,25	5,86	7,18
2006	4,25	4,70	6,15	7,75
2007	3,97	8,75	7,04	8,55
2008	5,59	11,53	7,48	9,32
2009	5,9	12,24	7,7	9,66
2010	6,36 *	13,19 *	7,7	9,91

Fonte: Sumário Mineral, 1998-2010; U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 1998-2011.

Notas: \* Dados estimado pelo INCC/FGV acumulado de dez/2010 (7,77%)

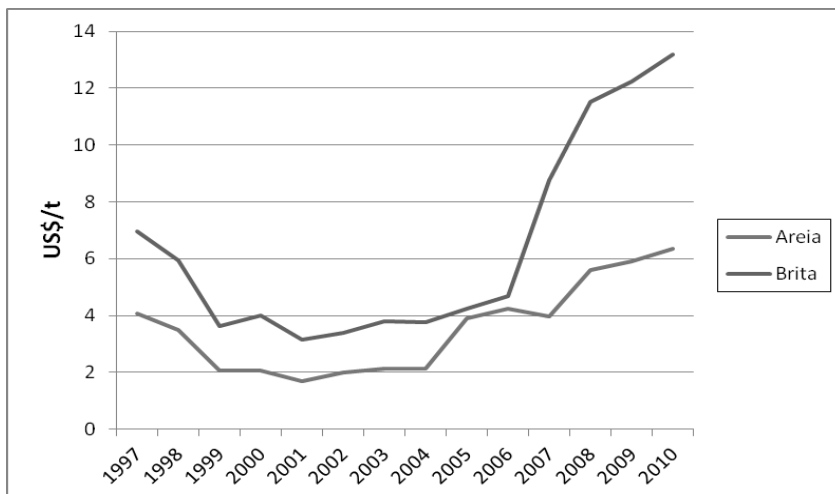


Gráfico 8 – Evolução dos Preços Médios dos Agregados no Brasil.

Fonte: Sumário Mineral, 1998-2010

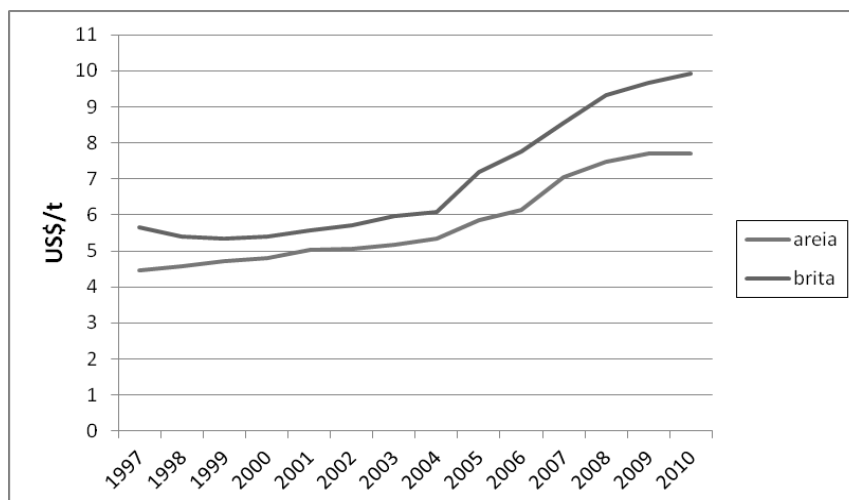


Gráfico 9 – Evolução dos Preços Médios dos Agregados nos EUA.

Fonte: Mineral Commodity Summaries, 1998-2011

## 7. CADEIA PRODUTIVA

A indústria da construção civil ganhou importância na segunda metade da década de 50, quando da construção de Brasília e o Brasil passava por um ciclo virtuoso de crescimento e desenvolvimento econômico.

Atualmente, o setor congrega mais de 210 mil empresas em todo o País segundo o DNPM, contando desde grandes empresas nacionais expoentes da engenharia mundial até as milhares de pequenas empresas que promovem a interiorização do desenvolvimento.

O moderno conceito de Macro Setor da Construção, definido como o setor da construção propriamente dito (edificações, obras viárias e de saneamento, e construção pesada), acrescido dos segmentos fornecedores de matérias-primas e equipamentos para construção e dos setores de serviços e distribuição ligados à construção, possibilita avaliar os efeitos multiplicadores setoriais da indústria de construção sobre o processo produtivo, sua enorme capacidade de realização de investimentos e o seu potencial de criação de empregos (diretos e indiretos).

De acordo com a Comissão de Economia e Estatística da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CEE/CBIC), a participação do macro setor no total do Produto Interno Bruto da economia, gira em torno de 20%.

Acredita-se que em relação ao valor gerado pela indústria como um todo, a construção é responsável por cerca de 30% do produto industrial e emprega 4,0 milhões de trabalhadores, além de gerar 13,5 milhões de empregos diretos e indiretos. O setor da construção participa ativamente na geração de empregos na economia: para cada 100 postos de trabalho gerados diretamente no setor,

outros 285 são criados indiretamente na economia. Estima-se que para cada R\$1,0 bilhão a mais na demanda final da construção, sejam gerados mais de 177 mil novos postos de trabalho na economia, sendo 34 mil diretos e 143 mil indiretos.

O primeiro elo da cadeia produtiva de agregados (areia e brita) para a construção civil constitui-se nas reservas minerais. A maior parte dos depósitos de areia é encontrada em rios e planícies de inundação, abundantes, fáceis de extrair e processar. Os meios utilizados para exploração são: dragagem, escavação mecânica ou desmonte hidráulico. O seu processo de beneficiamento é constituído da remoção de impurezas finas (lavagem), classificação granulométrica e secagem. As areias que se destinam à construção civil para serem comercializadas, não precisam passar pelo rigoroso processo de beneficiamento que ocorre com as areias industriais, utilizadas como abrasivos, carga, cerâmica, cimento, desmonte hidráulico, fundição e filtro (ver diagrama 2).

As pedras britadas, por sua vez, necessitam de operações unitárias de decapeamento, cominuição e classificação granulométrica, onde após o processo de cominuição, normalmente feito em três etapas, são obtidos vários produtos e subprodutos, tais como: pó-de-pedra, areia artificial, brita 1, brita 2, brita 3, brita corrida e pedra de mão. Esse processo pode ser observado, de uma forma simplificada, no Diagrama 1.

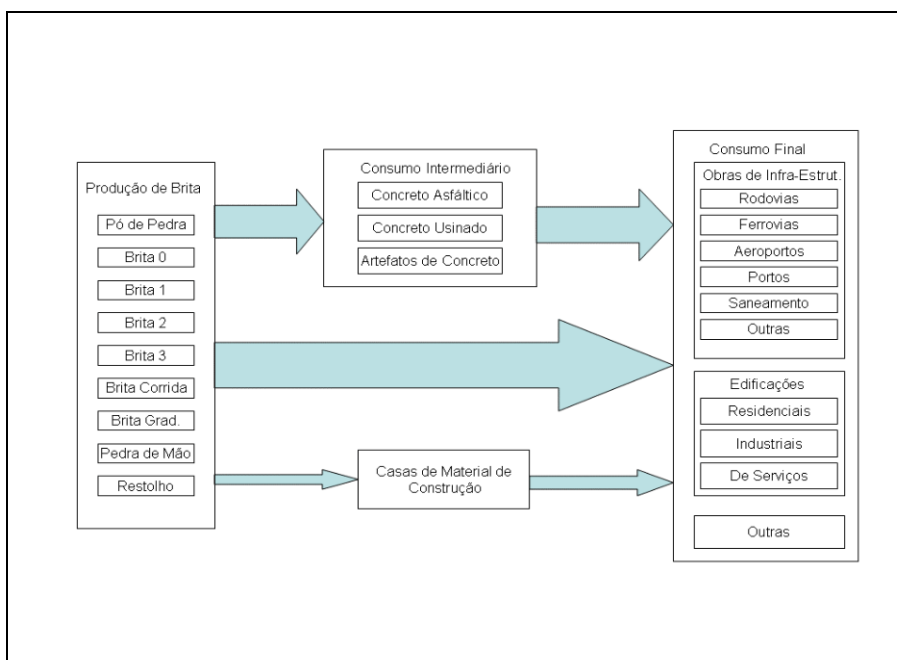


Diagrama 1 – Estrutura e fluxo do mercado da Brita.

Fonte: MELLO & CALAES, 2003. Adaptado pelos autores

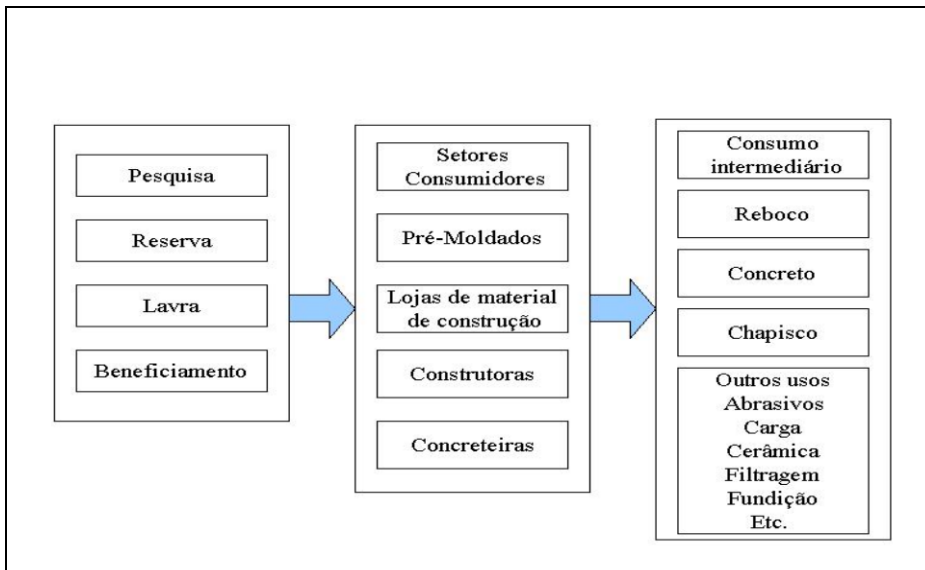


Diagrama 2 – Estrutura e fluxo do mercado da Areia.

Fonte: MELLO & CALAES, 2003. Adaptado pelos autores

No *ranking* mundial de fabricantes de cimento, a China lidera com 50% da produção, a Índia vem em segundo lugar, distante, com 6,43%. Já o Brasil ocupa a sétima posição com a participação de 1,84% da produção, sendo o maior produtor e consumidor da América Latina. O crescimento da produção de cimento normalmente acompanha a demanda da indústria de construção civil. A capacidade de produção de cimento instalada no País elevou-se, em 2010, de 51,7 Mt/ano para 59,1 Mt/ano. Este segmento industrial é constituído por 12 grupos e 70 fábricas com capacidade instalada para produzir 67 milhões de toneladas por ano, distribuídas em todo o Brasil. A produção de cimento desde 1990 pode ser vista na Tabela 5.

Nenhum outro produto desempenha perfeitamente as funções do cimento, contudo, ele enfrenta concorrentes nas construções de estruturas em aço, em madeira, (para edificações de pequeno porte), nas vedações e estruturas em cerâmica vermelha (alvenaria armada) ou em alguns tipos de revestimentos e pelo asfalto em pavimentações.

Tabela 5 – Evolução da produção nacional de cimento e de agregados.

Ano	Produção de Cimento		Produção de Agregados	
	Mil t	Kg/hab.	106 t	t/hab.
1990	25.980	180	101	0,7
1991	27.343	186	94	0,6
1992	24.103	162	178	1,2
1993	24.924	165	206	1,4
1994	25.320	166	240	1,6
1995	28.514	184	178	1,8
1996	34.925	222	306	1,9
1997	38.438	240	346	2,1
1998	40.142	246	352	2,2
1999	40.200	242	344	2,1
2000	39.368	232	381	2,3
2001	38.398	223	399	2,3
2002	38.856	223	386	2,14
2003	35.042	222	321	1,78
2004	35.897	222	388	2,13
2005	38.609	223	410	2,22
2006	41.780	230	367	2,46
2007	46.406	235	415	2,3
2008	51.970	272	475	2,45
2009	51.747	271	472	2,51
2010	59.117	311	556 *	2,89

Fonte: SNIC; Sumário Mineral - DNPM

Notas: \* estimado pelo % do consumo médio de cimento - SNIC

Em 2010, o consumo aparente de cimento no Brasil totalizou 60,0 Mt, correspondendo a um aumento de 6,4% em relação ao ano anterior, impulsionado pela retomada da construção civil, em especial no segmento imobiliário. A expectativa do segmento para 2008 aponta um crescimento, podendo ser ainda maior em consequência da evolução do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC.

## 8. DÉFICIT HABITACIONAL DO BRASIL

A Fundação João Pinheiro estimou que o déficit habitacional brasileiro, em 2005, foi de 7,9 milhões de novas moradias, em especial em área urbana, onde alcança 81,2% do montante brasileiro (6,4 milhões). Em relação às regiões brasileiras, a necessidade da região Sudeste foi estimada em 2,9 milhões de unidades, Nordeste, 2,7 milhões, Sul, 874 mil, Norte, 850 mil e Centro-Oeste 537 mil novas moradias. Assim, as regiões Sudeste e Nordeste somaram juntas 71,4% do déficit habitacional brasileiro, sendo que no Sudeste o déficit se concentra na área urbana e, em contrapartida, no Nordeste o déficit se dá, majoritariamente, nas áreas rurais.

Tabela 6 – Déficit habitacional no Brasil por regiões (mil unidades).

<b>Regiões</b>	<b>Total</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
Sudeste	2.899	2.725	174
Nordeste	2.743	1.844	899
Sul	874	756	118
Norte	850	615	235
Centro-Oeste	537	475	62

Fonte: FJP-CEI, 2007

Em 2010, segundo IBGE, haviam 3,2 milhões de habitações ocupadas em favelas no Brasil, com cerca de 6% da população brasileira, o equivalente a 11,4 milhões de pessoas. Juntas, as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro e Belém respondem por 43,7% desse total.

O percentual de habitantes em favelas quanto ao número total, a Grande Belém registrou o maior percentual do Brasil (53,9%), vindo a seguir as regiões metropolitanas de Salvador (26,1%) e de Recife (23,2%).

Segundo IBGE, o processo de favelização em todas as regiões metropolitanas ocorre em decorrência da migração populacional. São cidadãos em busca de melhores condições de vida, atraídos pelo crescimento econômico.

São Paulo e Rio de Janeiro respondem, juntos, por 4,7 milhões de habitantes nos aglomerados subnormais. A região metropolitana de São Paulo concentrava 2.715.067 pessoas vivendo em condições de precariedade, ao passo que a do Rio de Janeiro tinha 2 milhões de pessoas nessas áreas.

De acordo com o IBGE, foram identificados no Brasil 6.329 aglomerados subnormais, em 323 municípios, o que corresponde a 5,8% dos municípios brasileiros. O Sudeste concentra 49,8% do total. As regiões Nordeste e Norte possuíam, respectivamente, 28,7% e 14,4% do percentual total do país de domicílios em favelas. O IBGE aponta que a ocorrência era menor na região Sul (5,3%) e Centro-Oeste (1,8%).

De acordo com o Instituto, as características dos aglomerados subnormais variam em cada localidade. Frequentemente, ocupam áreas menos propícias à urbanização, como encostas íngremes do Rio de Janeiro, áreas de praia em Fortaleza, vales profundos em Maceió, baixadas permanentemente inundadas em Macapá, manguezais em Cubatão, igarapés e encostas em Manaus.

O esgotamento sanitário é o serviço público com menor presença nas favelas brasileiras, quando comparado com o abastecimento de água, a coleta de lixo e o fornecimento de energia elétrica. O percentual chega a 85,1% na média das cidades onde há favelas.

De acordo com o IBGE, o serviço mais recorrente nas favelas brasileiras era o de coleta de lixo, presente em 95,4% das localidades, percentual inferior aos 98,6% verificados nas áreas urbanas de cidades favelizadas. A pesquisa também observou que apenas 83,3% das favelas brasileiras dispunham de abastecimento de água, ao passo que nos municípios com aglomerados essa proporção era de 92,9%. O fornecimento de energia elétrica ocorria em 72,5% das favelas, enquanto nas áreas urbanas com aglomerados o atendimento chegava a 88,5%.

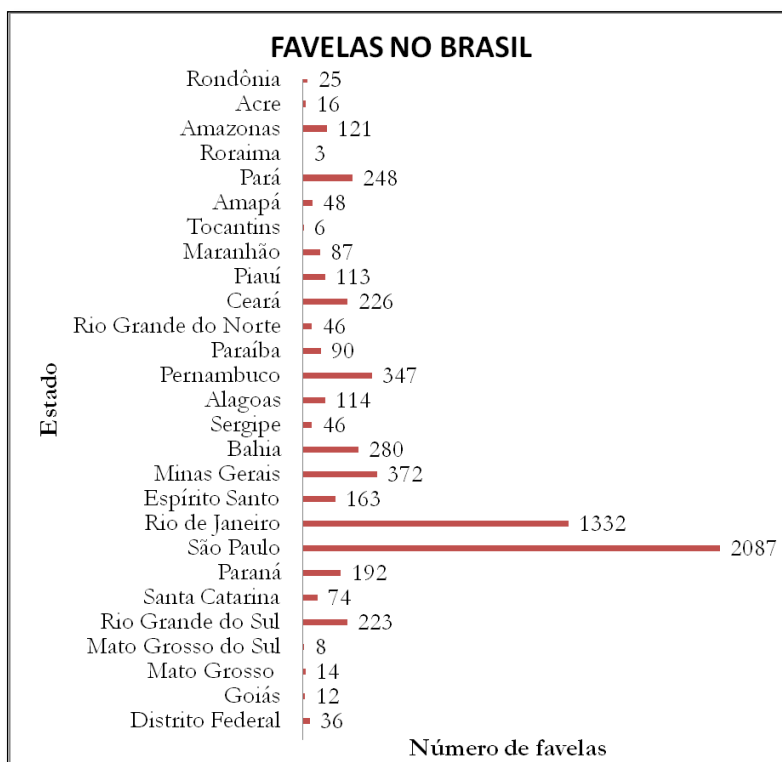


Gráfico 10 – Número de favelas no Brasil.

Fonte: IBGE

Tabela 7 – População Favelada.

Região	População	População residente em favelas	%
Belém	2.097.287	1.131.268	53,9
Salvador	3.564.343	931.662	26,1
Grande São Luís	1.329.154	325.139	24,5
Recife	3.676.067	852.700	23,2
Baixada Santista	1.657.470	297.191	17,9
Manaus	2.101.778	315.415	15
Rio de Janeiro	11.793.174	1.702.073	14,4
Grande Teresina	1.148.734	154.386	13,4

Fonte: IBGE



Para zerar o *déficit* habitacional no Brasil, o SindusCon SP prevê que sejam necessários investimentos da ordem R\$360 bilhões ao custo de R\$45 mil por imóvel. Para isso é necessário desonerar o setor e rever a carga tributária para estimular a construção de mais moradias e:

- reduzir a burocracia para o crédito;
- diminuir a carga tributária;
- criar novas modalidades de financiamentos do FGTS;
- estimular o mercado de hipotecas e recebíveis;
- simplificar o sistema de registro de imóveis.

## **9. ENTRAVES OU GARGALOS AO DESENVOLVIMENTO DAS PEQUENAS EMPRESAS PRODUTORAS DE AGREGADOS**

Dentre os problemas que afetam o setor, destacam-se os seguintes:

**Falta de uma política para o setor** – O setor de agregados carece de uma política específica para o desenvolvimento sustentável dessa atividade tão importante para o mundo moderno. Existe um desencontro de atribuições entre diversos órgãos na regulamentação do setor. O DNPM que mantém as principais competências relativamente à regulamentação dos agregados, voltado para questões mais relevantes, dá ao setor uma importância secundária.

**Excesso de clandestinos** – A atuação desencontrada dos diversos órgãos envolvidos dificultando a legalização do empreendimento, faz com que prolifere a clandestinidade, que segundo o DNPM constatou, o percentual de mineradores de agregados que mantém uma relação regular com o órgão é de menos de 5%. Assim prevalecendo essa situação são grandes os prejuízos para a sociedade que não dispõe de dados confiáveis para planejamentos, além de grande evasão fiscal.

**Falta de capital de investimento** – De modo geral, a atividade mineral, tanto na fase de pesquisa quanto de lavra, depende de métodos e equipamentos às vezes dispendiosos e inacessíveis ao pequeno empresário. Os investimentos relativos a essa fase são bastante variáveis, dependendo da complexidade da jazida, da localização, das condições de acesso e da infra-estrutura disponível, entre outros.

**Informação geológica deficiente** – As fases de pesquisa e lavra devem ser conduzidas de maneira a se obter o máximo de resultados, pois todos os gastos vão refletir no custo final do produto que será produzido e colocado a preços competitivos no mercado. A localização de indícios minerais ou ocorrências com base científica envolve um planejamento prévio e o desenvolvimento de um programa onde se utiliza pessoal técnico capacitado, implicando em custos

normalmente inacessíveis ao pequeno minerador. Esse, frequentemente, desconhece a geologia da área que está trabalhando, sendo algumas vezes surpreendido com a exaustão prematura, forçando-o a encerrar as atividades.

**Deficiência na estrutura do trabalho** – A organização do trabalho na pequena empresa produtora de agregados mostra deficiências. É frequente a produção através de métodos arcaicos com estrutura familiar e sem nenhuma preocupação científica por parte da administração. Observa-se que o proprietário e membros da família atuam diretamente na produção, e quando o empreendimento toma maiores proporções, eles tendem a assumir funções de gestão ou direção. Na realidade, é em torno do trabalho do proprietário que tende a gravitar a atividade econômica das pequenas empresas. O tipo de organização mais comum é aquele constituído por proprietários e empregados, sendo também expressiva a frequência de empresas formadas exclusivamente por proprietários e membros de sua família.

**Dificuldades na obtenção de financiamento** – O financiamento não alcança a grande maioria das pequenas empresas por requerer garantias reais, além de um excessivo procedimento burocrático. Quando elas têm acesso ao financiamento, sujeitam-se a restrições que não se observam em outras atividades econômicas, pois, na mineração, a inversão de capitais deverá ser compatível com a vida provável da jazida, de modo a assegurar a remuneração e amortização nesse prazo; e esse aspecto raramente é levado em conta pelo pequeno minerador. A maioria dos investimentos é feita com capital próprio dos pequenos empreendedores, e que, no caso da pesquisa mineral, corre risco de insucesso.

**Capacidade gerencial precária** – A falta de capacitação gerencial tem impossibilitado a consolidação no mercado de inúmeros pequenos empreendimentos, em geral conduzidos sem nenhuma técnica moderna de produção, portanto, impondo uma perda de competitividade no mercado, com reflexos na expansão das atividades.

**Desconhecimento da legislação mineral e ambiental** – Bons estudos relativos à proteção ambiental raramente são feitos, constatando-se a falta de uma ação integrada entre os órgãos fomentadores da mineração e os fiscalizadores do meio ambiente. Essa falta de entrosamento tem causado problemas aos mineradores, principalmente aos pequenos, que não sabem a quem recorrer.

**Insuficiente incorporação de tecnologia** – Constata-se, nas pequenas empresas, que falta tecnologia adequada ao melhor aproveitamento de seus minérios, principalmente no que diz respeito à lavra, que sempre é a céu aberto, e incorporando pouca ou quase nenhuma tecnologia.

O Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, as universidades e outros institutos têm feito esforços para o desenvolvimento de técnicas mais apropriadas ao aproveitamento dos recursos minerais do País, tentando evitar a importação de pacotes tecnológicos que não se adaptam aos minérios nacionais.

## 10. TENDÊNCIAS

Desde a segunda metade da década de 60, com a crescente industrialização e urbanização do país, até os dias de hoje, a produção de agregados vem atendendo satisfatoriamente a demanda.

Entretanto, a disponibilidade desses recursos utilizados na construção civil, especialmente aqueles localizados dentro ou no entorno dos grandes aglomerados urbanos, vem se declinando dia após dia, em virtude de inadequados planejamentos, problemas ambientais, zoneamentos restritivos e usos competitivos do solo (Tasso e Mendes – [www.revistasim.com.br](http://www.revistasim.com.br)).

As restrições são cada vez maiores, seja para obter novas licenças ou garantir a atividade das minerações já existentes. A sociedade cria uma demanda cada vez maior de agregados e, ao mesmo tempo, impede e restringe a produção. O papel do Estado como mediador é fundamental através do planejamento nas áreas críticas para que a atividade possa continuar operando a custos baixos, dentro de sua função de supridora de insumos básicos para a indústria da construção civil brasileira (Tasso e Mendes – [www.revistasim.com.br](http://www.revistasim.com.br)).

O nível de crescimento alcançado pela construção civil em 2010 dificilmente será repetido nos próximos anos, conforme projeções apresentadas pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP) e pela Fundação Getúlio Vargas (FGV)

O Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil brasileira fechou em 2010 com avanço de cerca de 11%, nível recorde para o setor.

A perspectiva traçada para 2011 é de desaceleração da alta, com estimativa de aumento do PIB do setor de 6%. No topo dos desafios apontados como responsáveis pelo ritmo menor de crescimento figuram a escassez de terrenos adequados e, principalmente, de mão de obra qualificada.

Apesar de já contarem com um cenário menos aquecido em 2011, os empresários da construção civil se mostram otimistas com o desempenho do setor, conforme sondagem da FGV. De acordo com o estudo, os empresários estimam que o crédito seguirá em expansão e os lançamentos de imóveis serão voltadas para os segmentos de média e baixa renda - principais alvos do programa habitacional do governo “Minha Casa, Minha Vida”.

O volume de financiamento somava 64,5 bilhões de reais até outubro, se considerados os recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE), com possibilidade de fechar o ano na casa dos 70 bilhões de reais.

No campo das plantas industriais, percebe-se que o dinamismo da economia impulsiona a expansão de empresas dos mais diversos segmentos. Siderurgia, cimento, óleo e gás, veículos, são somente alguns exemplos.

As atividades das obras industriais se ressentiram da crise econômica. As mais diversas empresas postergaram seus projetos de expansão de novas fábricas, afetando bastante esta área da construção. Mas este cenário foi alterado, e as perspectivas indicam caminhos promissores.

Os dados positivos do mercado de trabalho formal, da produção de materiais de construção, do faturamento da indústria de materiais de construção, do consumo e da produção de cimento, do mercado imobiliário, do financiamento imobiliário retratam bem o dinamismo das atividades do setor de agregados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G. e CALAES, G. (2002) Estudo do Parque Produtor de Brita da RMRJ: Índices Preliminares de Sustentabilidade. In: VILLAS BÔAS, R.; BEINHOFF, C. (eds.). Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral. Rio de Janeiro: GEF, CBPq/CYTED, 2002, 564 p.
- AMBIENTE BRASIL - Portal ambiental disponível em: <[www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)>. Acesso em 19/12/2007>.
- ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a construção civil. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br>>. Acesso em: 20/09/2011.
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO 1999 - 2006. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68>> Acesso em: 25/08/2011.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral, Brasília, 1994.
- CALAES, G., NETTO, B. e AMARAL, J. (2002) - Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2002. 245 f. Trabalho realizado para o DG/IGEO/CCMN / UFRJ com apoio do CT-Mineral, Rio de Janeiro, 2002.
- CALAES, G. et al., (2006) - Planeamiento Estratégico del Desarrollo Sostenible y Competitivo de la Industria de Gravos de la Región Metropolitana del Rio de Janeiro - II. Seminario Internacional Minería, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial - Como Garantizar el Abastecimiento de Materiales de Construcción en las Grandes Ciudades, Asogravas - Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos, Bogotá, Colombia, Fev, 2006.
- DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral, 1994. Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral. Grupo Temático Levantamentos Geológicos Básicos. Brasília: DNPM. 86p. Anexos (Grupo de Trabalho de Levantamentos Geológicos básicos).
- DRM/RJ - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Estudo contratado com GEOMITEC/CONDEP, 1980/81.

- FERNANDES, F. R. CHAVES (1997) Os minerais industriais: conceituação, importância e inserção na economia. Orientador: Damasceno, Eduardo Camilher. São Paulo: EPUSP, 1997. 188 p. Dissertação (Mestrado - em Engenharia de Minas)- Escola Politecnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas.
- FERREIRA, G. E.; SILVA, V. S. (2004) Mercado brasileiro de agregados minerais e o estudo do CETEM para obtenção de areia manufaturada, IV Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción, Tegucigalpa, Honduras, 2004.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. (2007). Déficit Habitacional no Brasil 2005. *In*: Informativo CEI, demografia. Belo Horizonte, 2007.
- KULAIF, Y. (2010). Análise dos mercados de matérias minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do Estado de São Paulo. 2001. 144 p. Tese de (Doutorado). Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da USP). São Paulo, 2001.
- MELLO, E. F.; CALAES, G. (2003). Estudo do parque produtor de brita da região metropolitana do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/ Departamento de Geologia, 2003.
- NETO, C.S. (2000). A importância dos conceitos tecnológicos na seleção de agregados para argamassas e concretos. Areia & Brita, São Paulo: ANEPAC, n.12, 2000.
- QUARESMA, L. F. (2009). Relatório Técnico 31: Perfil de areia para construção civil. J. Mendo Consultoria.
- SINDIPEDRAS (2010) - Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo disponível em: <<http://www.sindipedras.org.br>>. Acesso em 10/08/2011.
- SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento disponível em: <[www.snic.org.br](http://www.snic.org.br)> acesso em 22/09/2011.
- SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO 1998 - 2010. Agregados para a Construção Civil. Brasília, Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>> Acesso em: 20/09/2011.
- TASSO e MENDES - [www.revistasim.com.br](http://www.revistasim.com.br).
- UEPG - Associação Europeia de Produtores de Agregados. Disponível em: <http://www.uepg.eu>>. Acesso em 16/11/2011.
- USGS - United States Geological Survey. Disponível em: <<http://www.usgs.gov>>. Acesso em 20/09/2011.
- VALVERDE, F. Balanço Mineral Brasileiro. (2001). Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/agregados.pdf>>. Acesso em: 20/08/2011.



CAPÍTULO

---

---

3

---

## ASPECTOS LEGAIS

Uile Reginaldo Pinto

Advogado militante, especialista em Direito Mineral e Meio Ambiente, é autor de diversos livros sobre mineração, inclusive da Consolidação da Legislação Mineral e Ambiental, já na 13ª Edição





## 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo trata da legislação Mineral e Ambiental relativa aos Agregados para a Construção Civil. Quanto à legislação mineral, destacam-se o Regime de Licenciamento e o de Autorização e Concessão de Lavra. Inclui também orientações para a mudança no regime de aproveitamento da substância mineral de emprego imediato na construção civil. Ainda no que se refere à legislação Mineral, discorre-se também sobre a instrução do requerimento de concessão de lavra e sua tramitação no DNPM. Já na legislação Ambiental, destacam-se as orientações para requerimentos de licenças ambientais no Registro de Licença, na Autorização de Pesquisa, na Guia de Utilização e na Concessão de Lavra. No final do capítulo apresenta-se uma relação de toda a legislação Mineral e Ambiental atualmente em vigor.

O conhecimento da Legislação pertinente é fundamental para o desenvolvimento de qualquer empreendimento. Na Mineração isto se afigura essencial, uma vez que são investidos vultosos recursos financeiros na aquisição de equipamentos para a exploração de substâncias minerais. Muitas vezes, o desconhecimento da legislação acarreta ao minerador senão a perda de todo o investimento, mas pelo menos alguns significativos prejuízos. Assim, é importante, principalmente, que o minerador não só conheça a legislação, como também acompanhe as normas jurídicas emanadas do DNPM e os entendimentos firmados nos Pareceres Jurídicos daquele Órgão.

Nesse sentido, comentamos neste capítulo toda a legislação Mineral e Ambiental relacionada aos Agregados para a Construção Civil, com o objetivo de subsidiar o minerador nesse aspecto legal. Na legislação mineral destaca-se o Regime de Licenciamento e o de Autorização e Concessão de Lavra, incluindo também orientações para a mudança no regime de aproveitamento da substância mineral de emprego imediato na construção civil. Ainda no que se refere à Legislação mineral, discorre-se também sobre a orientação para o requerimento de concessão de lavra e sua tramitação. Quanto à Legislação Ambiental, destacam-se as orientações para requerimentos de licenças ambientais no Registro de Licenciamento, na Autorização de Pesquisa, na Guia de Utilização e na Concessão de Lavra. No final do capítulo apresenta-se uma relação de toda a legislação mineral e ambiental atualmente em vigor.

## 2. LEGISLAÇÃO MINERAL

Os bens minerais de emprego na construção civil são as areias, cascalhos e saibros para utilização imediata, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento, nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação. As rochas entram também nessa relação, quando britadas para uso imediato na construção civil.

O aproveitamento dessas substâncias minerais está disciplinado pela Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, alterada pela Lei nº 8.982, de 25 de janeiro de 1995, e regulamentado pela Portaria DNPM nº 266, de 10 de julho de 2008. Essas substâncias minerais podem ser aproveitadas, em área máxima de cinquenta hectares, tanto pelo regime de licenciamento, como pelo regime de autorização e concessão.

No entanto, a exploração dos agregados da construção civil, através do Regime de Licenciamento, não proporciona segurança ao investidor, uma vez que este fica permanentemente dependendo de uma Licença da Prefeitura Municipal. Se o Prefeito, por qualquer razão, não fornecer a renovação da licença no prazo próprio, o registro de licenciamento será cancelado e a área colocada em disponibilidade.

Desta forma, é aconselhável que os agregados da construção civil sejam aproveitados através do Regime de Autorização e Concessão, pois, apesar da necessidade de investimentos para executar trabalhos de pesquisa mineral, elaborar o Relatório Final e o Plano de Aproveitamento Econômico da ocorrência mineral, haverá plena segurança jurídica quando for publicada a Portaria de Concessão de Lavra. Isto é, depois de publicado esse Título, não haverá necessidade de Licença Municipal e a Concessionária poderá investir na lavra, na certeza de que poderá explorar a jazida até sua total e completa exaustão, desde que cumpra, obviamente, com todas as exigências preconizadas no Código de Mineração e legislação correlata.

## **2.1. Regime de Licenciamento**

O aproveitamento mineral através do Regime de Licenciamento independe de prévios trabalhos de pesquisa e é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver expressa autorização, salvo se a jazida situar-se em imóveis pertencentes à pessoa jurídica de direito público, quando o licenciamento ficará sujeito ao prévio assentimento desta e, se for o caso, à audiência da autoridade federal sob cuja jurisdição se achar o imóvel. Na hipótese de cancelamento do registro de licença e a área colocada em disponibilidade, a habilitação ao aproveitamento da ocorrência mineral, sob o regime de licenciamento, estará facultada a qualquer interessado, independentemente de autorização do proprietário do solo.

O licenciamento é o registro da licença expedido pela Prefeitura Municipal de situação do jazimento mineralizado, no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. Sem esse Título, mesmo o proprietário do imóvel não pode extrair a substância mineral ocorrente na propriedade superficiária. Caso o proprietário do solo resolva explorar a ocorrência mineral existente em sua propriedade, sem a devida licença do DNPM, estará cometendo crime, a teor do que preconizam o artigo 21, da Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989; o artigo 55,

da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; o artigo 2º, da Lei nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991; o artigo 22, do Decreto nº 98.812, de 9 de janeiro de 1990; e o artigo 42, do Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Além disso, incumbe às Prefeituras Municipais, por imposição legal, exercer a vigilância para assegurar que o aproveitamento da substância mineral só tenha seu início depois de publicada no Diário Oficial da União o competente registro de licenciamento outorgado pelo DNPM.

Vale ressaltar que as prefeituras municipais não podem obter registro de licenciamento, pois esse Título Mineral é reservado exclusivamente aos proprietários do solo, pessoa física ou jurídica, ou quem deles tiver expressa autorização. Todavia, a municipalidade pode executar trabalhos de movimentação de terras e de desmonte de material “*in natura*” que se fizerem necessárias à abertura de vias de transporte e obras gerais de terraplenagem.

Ademais, as Prefeituras Municipais também podem aproveitar as substâncias minerais de emprego imediato na construção civil para uso exclusivo em obras públicas por elas executadas diretamente. Esse aproveitamento de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil se dá através do Registro de Extração, instituído pela Lei nº 9.827, publicada em 28 de agosto de 1999 e regulamentada pelo Decreto nº 3.358, publicado em 2 de fevereiro de 2000 e pela Portaria do Ministro de Minas e Energia de número 23, publicada em 4 de fevereiro de 2000.

Na licença expedida pela Prefeitura Municipal de situação da área requerida, de acordo com o artigo 3º, da lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, deve constar: nome do licenciado; localização, Município e Estado em que se situa o jazimento; substância mineral licenciada; área licenciada, em hectares; e, prazo, data de expedição e número da licença.

Recentemente, o DNPM publicou uma nova portaria regulamentando o registro de licenciamento. A Portaria DNPM nº 266/2008 inova a Lei e exige em seu § 3º, do artigo 4º, que na licença municipal deve conter, no mínimo, as seguintes informações: nome do licenciado; localização, município e estado em que se situa a área; substância mineral licenciada; área licenciada em hectares; memorial descritivo da área licenciada e a data da sua expedição.

A partir do dia 2 de maio de 2006, a Portaria DNPM nº 268, de 27 de setembro de 2005 instituiu a obrigatoriedade do pré-requerimento eletrônico de direitos minerários, a ser utilizado por meio da rede mundial de computadores – Internet, para fins de obtenção de alvará de pesquisa e de registro de licenciamento.

Desde então, o registro de licença deve ser pleiteado mediante formulário padronizado de pré-requerimento eletrônico, disponível para preenchimento no sítio do DNPM na internet, e depois de preenchido deverá ser impresso pelo

interessado para protocolização na forma e prazo fixados na Portaria DNPM nº 268, de 27 de setembro de 2005, no Distrito em cuja circunscrição situa-se a área pretendida, onde será numerado, autuado e registrado.

Desta forma, o requerimento de registro de licença deverá ser instruído obrigatoriamente com as seguintes informações e documentos:

- em se tratando de pessoa física, comprovação da nacionalidade brasileira, ou, tratando-se de pessoa jurídica, comprovação do número de registro da sociedade no Órgão de Registro do Comércio de sua sede e do CNPJ;
- licença específica expedida pela autoridade administrativa competente do município ou municípios de situação da área requerida;
- declaração de ser o requerente proprietário de parte ou da totalidade do imóvel ou instrumento de autorização do proprietário para lavrar substância mineral indicada no requerimento em sua propriedade ou assentimento da pessoa jurídica de direito público, quando a esta pertencer parte ou a totalidade dos imóveis, excetuando-se as áreas em leito de rio;
- planta de situação da área assinada por profissional legalmente habilitado, em escala adequada, contendo, além da configuração gráfica da área, os principais elementos cartográficos tais como ferrovias, rodovias, rios, córregos, lagos, áreas urbanas, denominação das propriedades, ressaltando divisas municipais e estaduais quando houver;
- memorial descritivo da área objetivada na forma estabelecida na Portaria DNPM nº 263, de 10 de julho de 2008;
- anotação de responsabilidade técnica – ART original do profissional responsável pela elaboração do memorial descritivo e da planta de situação;
- plano de lavra assinado por profissional legalmente habilitado, quando o empreendimento se enquadrar em qualquer das seguintes hipóteses: realizar desmonte com uso de explosivos; desenvolver atividades em área urbana que afete a comunidade circunvizinha pela geração de poeiras, ruídos e vibração; operar unidade de beneficiamento mineral, inclusive instalações de cominuição, excetuando-se peneiramento na dragagem de areia; desenvolver atividade no interior de Área de Preservação Permanente – APP, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006; operar em locais sujeitos à instabilidade, com manutenção de taludes acima de 3 metros; ou tiver produção anual superior ao limite máximo abaixo estabelecido para as seguintes substâncias minerais: Areia (agregado) 70.000 toneladas; Cascalho (agregado ou pavimentação) 10.000 toneladas; Saibro ou

argila para aterro 16.000 toneladas; Argilas (cerâmica vermelha) 12.000 toneladas; Rochas (paralelepípedos/guias/meio fio/rachão/etc) 6.000 toneladas.

- plano de lavra assinado por profissional legalmente habilitado quando o requerente empregar contingente superior a cinco pessoas entre efetivos, temporários e terceirizados;
- procuração pública ou particular com firma reconhecida, se o requerimento não for assinado pelo requerente; e
- prova de recolhimento dos emolumentos fixados na Portaria DNPM nº 400, de 29 de setembro de 2008, através de documento original.

A empresa dispensada da apresentação de plano de lavra fica obrigada a apresentar o memorial explicativo das atividades de lavra contendo, no mínimo, o método de lavra a ser adotado, suas operações unitárias e auxiliares, tais como, decapeamento, desmonte, carregamento, transporte, manutenção de equipamentos, construção de áreas de depósito de estéril e barramentos, escala de produção, mão de obra contratada, medidas de segurança, de higiene do trabalho, de controle dos impactos ambientais e de recuperação da área minerada e impactada.

Situando-se a área em mais de um Município, deverão ser apresentadas as licenças emanadas de cada uma das respectivas prefeituras, as quais serão objeto de um único registro de licenciamento.

Além do previsto nos incisos VII e VIII, do artigo 4º, da Portaria DNPM nº 266/2008, o DNPM também poderá exigir do requerente que apresente plano de lavra ou plano de aproveitamento econômico, acompanhado da respectiva anotação de responsabilidade técnica. Também serão formuladas exigências quando a licença municipal não atender ao disposto no § 3º do artigo 4º da Portaria DNPM nº 266/2008, ou quando houver ausência de uma ou mais licenças municipais, para que o interessado apresente a licença faltante ou retifique a área objetivada, desde que alguma licença tenha sido apresentada no ato da protocolização do requerimento.

Deve-se ressaltar, ainda, que o requerimento de registro de licença será indeferido nas seguintes hipóteses:

- **indeferimento sem oneração da área**, quando: objetivar substância não contemplada no artigo 2º da Portaria DNPM nº 266/2008; desacompanhado de quaisquer dos elementos de que trata o artigo 4º, ressalvado o disposto no artigo 43, II, da Portaria DNPM nº 266/2008; a descrição da área requerida não atender ao estatuído no inciso V do artigo 4º, da Portaria DNPM nº 266/2008; uma mesma licença municipal estiver instruindo mais de um requerimento; ou constatada a interferência total da área requerida com áreas prioritárias, nos termos do artigo 18 do Código de Mineração.

- **indeferimento com oneração da área**, que será colocada em disponibilidade para pesquisa mineral nos termos do artigo 26 do Código de Mineração, quando: não atendida exigência de forma satisfatória ou no prazo próprio; a licença municipal, a autorização do proprietário do solo ou o assentimento da entidade de direito público tiverem sido cassados, revogados ou anulados; expirar o prazo de validade de quaisquer dos elementos previstos nos incisos II e III do artigo 4º, da Portaria DNPM nº 266/2008, sem que o titular tenha protocolizado nova documentação no prazo de que trata o artigo 5º, da Portaria DNPM nº 266/2008; ou não apresentada licença ambiental ou o comprovante do seu requerimento na forma do artigo 6º, da Portaria DNPM nº 266/2008.

Na hipótese do indeferimento, quando uma mesma licença municipal estiver instruindo mais de um requerimento, será mantido o requerimento prioritário, assim considerado o que primeiro tiver sido protocolizado no DNPM desde que não esteja sujeito a indeferimento de plano.

Ocorrendo a expiração do prazo da licença municipal, da autorização do proprietário do solo ou do assentimento do órgão público ainda na fase de requerimento de registro da licença, o requerente deverá protocolizar, em até trinta dias contados do vencimento dos mesmos, novo ou novos elementos essenciais, dispensada qualquer exigência por parte do DNPM, sob pena de indeferimento do requerimento de registro de licença.

Além disso, o requerente deverá apresentar ao DNPM, no prazo de até sessenta dias contados da protocolização do pedido de registro de licença, a licença ambiental de instalação ou de operação, ou comprovar que a requereu através de cópia do protocolo do órgão ambiental competente, dispensada qualquer exigência por parte do DNPM, sob pena de indeferimento do requerimento de registro de licença.

Vale lembrar que, nos Distritos em que o órgão ambiental competente exigir, para outorga da licença ambiental, manifestação prévia do DNPM sobre a prioridade da área, após a análise final do requerimento, será encaminhado ao interessado, pelo Chefe do Distrito, com aviso de recebimento, uma declaração de que o requerente se encontra apto a receber o título, computando-se o prazo de 60 (sessenta) dias do recebimento dessa declaração.

Apresentada a cópia do protocolo do órgão ambiental competente, a qualquer tempo, o DNPM poderá formular exigência para que o requerente comprove que tem adotado todas as providências necessárias para o fornecimento da licença ambiental, sob pena de indeferimento do requerimento de registro de licença.

Deve-se estar atento ao fato de que, se, por qualquer motivo, for indeferido o pedido de registro de licença, o interessado poderá interpor pedido de reconsideração no prazo de dez dias contados da publicação da decisão, nos termos do artigo 59 da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, observando-se o disposto no artigo 7º-A da Portaria nº 347, de 29 de setembro de 2004, com a redação dada pela Portaria nº 305, de 24 de novembro de 2005.

Ao ser interposto o pedido de reconsideração os requerimentos considerados prioritários que contemplem total ou parcialmente a respectiva área deverão permanecer com a análise suspensa até a decisão final do recurso.

É importante esclarecer, ainda, que o requerente poderá desistir do pedido de registro de licença, a qualquer tempo, mediante requerimento específico a ser protocolizado no Distrito competente ou remetido pelo correio. A desistência do pedido de registro de licença terá caráter irrevogável e irretratável e produzirá os seus efeitos na data de sua protocolização ou da postagem do requerimento de desistência, sendo a área colocada em disponibilidade na forma do artigo 26 do Código de Mineração. A desistência do pedido de registro de licença não implicará na devolução dos emolumentos recolhidos quando da protocolização do requerimento.

Além disso, a outorga do registro de licenciamento ficará condicionada à apresentação da licença ambiental expedida pelo órgão ambiental competente e será autorizado pelo Diretor Geral do DNPM e efetuado em livro próprio ou em meio magnético, do qual se formalizará extrato a ser publicado no Diário Oficial da União, valendo como título de licenciamento.

Deverá conter no título do registro de licenciamento as seguintes informações: número do registro de licença; nome do licenciado e do proprietário do solo ou posseiro; a data da licença; número da licença, quando houver; prazo do licenciamento; localidade, Município e Estado em que se situa a área; designação da substância mineral licenciada; número de inscrição do contribuinte licenciado no órgão competente do Ministério da Fazenda; endereço do licenciado; número do processo; área licenciada em hectares; e memorial descritivo da área licenciada.

A Portaria prevê ainda que, na hipótese da licença municipal não ter sido registrada na forma integral, o DNPM informará o fato ao titular para que este apresente, quando da eventual prorrogação do registro, licença de acordo com a área registrada.

Quanto ao prazo de validade do título de licenciamento, preconiza a Portaria que este será limitado ao menor prazo de validade dentre aqueles previstos na licença específica expedida pelo município, na autorização do proprietário do solo ou no assentimento da pessoa jurídica de direito público.

Além disso, na ausência de prazo de validade específico na licença municipal, no instrumento de autorização do proprietário do solo ou no assentimento do órgão público, este prazo será considerado como indeterminado. Deve-se observar que este prazo da licença municipal será computado a partir da data de sua expedição, se a licença não dispuser expressamente de outra forma.

Vale ressaltar que é admitida a redução da área registrada a qualquer tempo, desde que o titular, quando da protocolização do pedido, apresente novo memorial descritivo. Neste caso, o registro de licenciamento será retificado e a área descartada colocada em disponibilidade na forma do artigo 26 do Código de Mineração. Para tanto, o titular deverá cumprir com todas as obrigações legais referentes à área descartada, devidas até a data da publicação do novo registro de licenciamento e promover a recuperação ambiental da área eventualmente degradada.

Registre-se ainda que é admitido o englobamento de áreas contíguas de registros de licenciamento de um mesmo titular, respeitado o limite máximo de cinquenta hectares de área total. Para que seja efetivado o englobamento, um dos registros será retificado com a ampliação de sua área, observados os termos e condições dos elementos essenciais previstos nos incisos II e III do artigo 4º, da Portaria DNPM nº 266/2008, referentes aos demais processos que serão arquivados.

Depois de outorgado e publicado o título de licenciamento, a extração efetiva da substância mineral ficará condicionada à emissão e à vigência da licença ambiental de operação. A responsabilidade técnica pelos trabalhos de lavra deverá ser exercida por profissional legalmente habilitado, comprovada mediante anotação de responsabilidade técnica. A juízo do DNPM poderá ser exigida do titular do registro de licença, a qualquer tempo, a apresentação de plano de lavra ou plano de aproveitamento econômico, acompanhado da devida anotação de responsabilidade técnica.

Quanto ao prazo da licença de operação, o vencimento desta implica na suspensão imediata das atividades de lavra pelo titular, exceto na hipótese de prorrogação automática do prazo da licença ambiental, conforme está preconizado no § 4º do artigo 18 da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

Deve ser ressaltado que o registro de licenciamento poderá ser sucessiva e indefinidamente prorrogado. Desta forma, o pedido de prorrogação do registro de licenciamento deverá ser protocolizado no Distrito do DNPM de situação da área licenciada até o último dia da vigência do título ou da prorrogação anteriormente deferida, instruído com os seguintes documentos: nova licença municipal, ou autorização do proprietário do solo ou assentimento do órgão



público; e comprovante do pagamento dos emolumentos de averbação da prorrogação do registro de licenciamento, conforme valor fixado na Portaria DNPM nº 400, de 29 de setembro de 2008.

Além disso, quando ocorrer criação, incorporação, fusão ou desmembramento de municípios durante a vigência do registro de licenciamento, deverá ser apresentada licença da nova prefeitura municipal e das demais, quando abrangidas pela área licenciada.

Se expirado o prazo de qualquer documento anterior à decisão do pedido de prorrogação, o titular deverá protocolizar, em até trinta dias contados do vencimento do mesmo, novo documento, dispensando-se quaisquer exigências por parte do DNPM, sob pena de indeferimento do pedido de prorrogação.

Neste sentido, a prorrogação do registro de licenciamento independe da outorga de novo título e será objeto de decisão a ser exarada no prazo de até noventa dias contados da protocolização do pedido. Uma vez deferida, a prorrogação será anotada à margem do registro da licença em livro próprio ou em meio magnético.

Assim, considera-se prorrogado o prazo do registro de licença até a manifestação definitiva do DNPM, desde que atendido o disposto no artigo 22, *caput*, incisos I e II da Portaria DNPM 266/2008, respeitado o menor prazo dentre os previstos na nova licença municipal, na nova autorização do proprietário do solo ou no novo assentimento do órgão público.

Ressalte-se que o prazo da prorrogação do registro de licença será limitado ao menor prazo de validade dentre aqueles previstos na licença específica expedida pelo município, na autorização do proprietário do solo ou no assentimento da pessoa jurídica de direito público.

No caso de a licença ambiental de operação estar vencida quando do pedido de prorrogação do registro de licença, a prorrogação será deferida pela autoridade competente, cabendo ao titular suspender as atividades de lavra até obter a renovação da licença de operação.

No entanto, as atividades de lavra não deverão ser suspensas se o requerente comprovar, dispensada qualquer exigência por parte do DNPM, que requereu nova licença ambiental no prazo de até cento e vinte dias do termo final da licença anteriormente outorgada, hipótese em que a licença ambiental fica prorrogada até decisão definitiva do órgão ambiental conforme determina o § 4º, do artigo 18, da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

Contudo, o requerimento de prorrogação do título de licenciamento será indeferido e a área colocada em disponibilidade nos termos do artigo 26 do Código de Mineração, quando: apresentado fora do prazo fixado no artigo 22, *caput*, da Portaria DNPM nº 266/2008; desacompanhado dos documentos referidos no inciso I do artigo 22 da Portaria DNPM nº 266/2008; quando os

prazos de validade dos documentos referidos no inciso I do artigo 22, da Portaria DNPM nº 266/2008, estiverem vencidos sem que o titular tenha apresentado novo documento; desacompanhado do comprovante de pagamento dos emolumentos referido no inciso II do artigo 22, da Portaria DNPM nº 266/2008; e quando não atendida exigência de forma satisfatória ou no prazo próprio.

Além disso, o registro de licenciamento poderá ser cancelado, anulado ou cassado por meio de procedimento que garanta ao titular a oportunidade do contraditório e da ampla defesa. O procedimento será instaurado pelo Chefe do Distrito, que encaminhará ao titular notificação com aviso de recebimento. O titular poderá apresentar defesa no prazo de trinta dias contados do aviso de recebimento. O não acatamento da defesa por parte do Chefe do Distrito ensejará o encaminhamento do processo ao Diretor Geral do DNPM para decisão final.

Assim, o título de licenciamento será cancelado nos casos previstos no § 3º, do artigo 7º, e no artigo 10 da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978.

Vale lembrar também que o registro de licenciamento será declarado nulo quando outorgado em desacordo com as normas legais pertinentes e na hipótese de comprovação de falsidade, material ou ideológica, de qualquer dos documentos de instrução do processo.

E o registro de licenciamento poderá também ser cassado quando: o titular permanecer no inadimplemento de uma obrigação legal, depois de aplicadas as demais sanções previstas; ou a licença municipal, a autorização do proprietário do solo ou o assentimento da pessoa jurídica de direito público tiver sido cassada, revogada ou anulada.

Por outro lado, o titular poderá renunciar ao registro de licenciamento. Neste caso, a renúncia ao registro de licenciamento poderá ser protocolizada mediante requerimento específico, terá caráter irrevogável e irretratável e produzirá os seus efeitos na data de sua protocolização no DNPM.

Na ausência de pedido de prorrogação do registro de licença a área ficará livre para novos requerimentos no primeiro dia útil após a data do vencimento do título.

Além disso, a renúncia, o cancelamento, a anulação, a cassação e o indeferimento do pedido de prorrogação do registro de licença também implicam na disponibilidade da área para pesquisa mineral nos termos do artigo 26 do Código de Mineração, a ser efetivada mediante despacho específico de Autoridade do DNPM.

Vale destacar ainda que é permitida a mudança do regime de licenciamento para o regime de autorização e do regime de autorização para o regime de licenciamento, desde que: requerida na fase de requerimento do título até o termo final de vigência do prazo do alvará de pesquisa ou do registro de

licenciamento; e o titular esteja em dia com o pagamento da taxa anual por hectare e da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM.

Neste caso, é vedada a alteração da substância mineral requerida ou objeto do título minerário, exceto se o titular tiver comunicado a existência de outra substância mineral útil na forma do parágrafo único do artigo 29, do Código de Mineração e do artigo 7º, da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978. Protocolizado o requerimento de mudança de regime é vedada, até a outorga do título minerário objetivado, a averbação de cessão de direitos.

Ainda nesta possibilidade, isto é, na mudança do regime de licenciamento para o regime de autorização, o titular deverá apresentar requerimento de mudança de regime mediante formulário padronizado de pré-requerimento eletrônico, acompanhado de pré-requerimento eletrônico de alvará de pesquisa nos termos da Portaria DNPM nº 268, de 27 de setembro de 2005, observando o disposto no artigo 16 do Código de Mineração.

E neste ato de protocolização dos documentos será instaurado novo processo de requerimento de autorização de pesquisa que será amarrado ao processo de registro de licença.

Excepcionalmente, se a poligonal da área relativa ao título de licenciamento for constituída de lados com rumos diversos, será permitida, nesta hipótese, a autorização de pesquisa com rumos diversos, a critério do DNPM.

Assim, outorgada a autorização de pesquisa, o título de licenciamento continuará em vigor, respeitada sua validade e eventuais prorrogações, até a outorga da portaria de lavra, quando será efetuada a baixa na transcrição do registro de licenciamento com o arquivamento dos respectivos autos.

Finalmente, se exaurido o prazo do registro de licença sem que o titular tenha requerido a sua prorrogação, será efetuada a baixa na transcrição do registro de licença com o arquivamento dos autos e o processo referente à autorização de pesquisa prosseguirá nos seus trâmites normais, sendo vedado ao titular, nesta hipótese, a realização de quaisquer atividades de lavra até a outorga da respectiva portaria, salvo se autorizado mediante guia de utilização.

Além disso, é dever do titular de licenciamento comunicar imediatamente ao DNPM, a ocorrência de qualquer substância mineral útil não compreendida no Registro de Licença. Se o bem mineral não puder ser aproveitado pelo regime de licenciamento, o DNPM expedirá ofício ao titular do registro de licenciamento, concedendo-lhe o prazo de sessenta dias, contados da publicação da respectiva intimação no Diário Oficial da União, para requerer a competente autorização de pesquisa, na forma do artigo 16 do Código de Mineração, sob pena de cancelamento do registro de licenciamento.

No entanto, ocorrendo substância mineral, cujo aproveitamento faz-se também através do Regime de Licenciamento e não constante da licença registrada no DNPM e, pretendendo o titular do licenciamento também aproveitá-la, deve obter nova licença na Prefeitura Municipal e solicitar ao DNPM a sua averbação à margem do competente registro de licenciamento.

## **2.2. Regime de Autorização e Concessão**

O aproveitamento de substâncias minerais através do Regime de Autorização e Concessão segue a regra geral do Código de Mineração, isto é, estando livre a área onde ocorrem as substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, será atribuído o Direito de Prioridade a quem primeiro protocolizar no DNPM, o seu Requerimento de Autorização de Pesquisa<sup>1</sup>.

O Direito de Prioridade é a precedência de entrada do Requerimento de Autorização de Pesquisa no protocolo do DNPM, objetivando área considerada livre. Se o Requerimento de Autorização de Pesquisa não estiver sujeito a indeferimento de plano, ele adquire o Direito de Prioridade e será, após as formalidades legais, publicado o respectivo alvará de autorização de pesquisa.

### **2.2.1. Instrução do Requerimento**

O requerimento de autorização de pesquisa deve ser instruído com todos os elementos de informação e prova relacionados nos incisos do artigo 16, do Código de Mineração, quais sejam:

- nome, indicação da nacionalidade, do estado civil, da profissão, do domicílio e do número de inscrição no Cadastro de Pessoas Físicas do Ministério da Fazenda, do requerente, pessoa natural. Em se tratando de pessoa jurídica, razão social, número do registro de seus atos constitutivos no Órgão de Registro de Comércio competente, endereço e número de inscrição no Cadastro Geral dos Contribuintes do Ministério da Fazenda;
- prova de recolhimento dos respectivos emolumentos;
- designação das substâncias a pesquisar;
- indicação da extensão superficial da área objetivada, em hectares, e do Município e Estado em que se situa;
- memorial descritivo da área pretendida, elaborado nos termos definidos na Portaria DNPM nº 15, de 13 de janeiro de 1997;

---

<sup>1</sup> No Regime de Autorização e Concessão não há necessidade que o proprietário do solo autorize que sejam explotados agregados para a construção civil em sua propriedade superficiária, como ocorre necessariamente com o Regime de Licenciamento.

- planta de situação, cuja configuração e elementos de informação estão estabelecidos na Portaria DNPM nº 15, de 13 de janeiro de 1997;
- plano dos trabalhos de pesquisa, acompanhado do orçamento e cronograma previstos para sua execução.

A ausência de qualquer uma dessas informações ou comprovações resulta no indeferimento de plano do requerimento de autorização de pesquisa, cuja consequência é a área pleiteada não adquirir o Direito de Prioridade previsto na letra “a”, do artigo 11, do Código de Mineração.

A partir do dia 2 de maio de 2006, a Portaria DNPM nº 268/2005 instituiu o pré-requerimento eletrônico de direitos minerários, por meio da rede mundial de computadores – Internet, para fins de obtenção de alvará de pesquisa e de registro de licença.

Assim, ao ser enviado o pré-requerimento ao DNPM pela Internet, o sistema gera automaticamente para o requerente uma ficha resumo de confirmação do procedimento contendo os dados do titular, da substância de interesse, um código alfanumérico sigiloso e um código de barras, além de arquivo para impressão dos novos formulários padronizados com o que o interessado poderá, no prazo de até trinta dias, apresentar o requerimento em meio impresso no protocolo do Distrito, de situação da área pretendida.

As informações recebidas pelo sistema do DNPM são criptografadas e mantidas numa base temporária e recuperadas no ato da protocolização do requerimento, quando o funcionário do DNPM, após a conferência da documentação, faz uso do código alfanumérico e da respectiva ficha resumo de confirmação do pré-requerimento, com o que gerará a etiqueta, formará o processo e alimentará o Cadastro Mineiro.

Vale lembrar que a não apresentação do requerimento impresso no protocolo do Distrito do DNPM de situação da área, no prazo de trinta dias, implica na perda das informações decorrentes do pré-requerimento e constantes da base temporária do DNPM, com a consequente invalidação do código alfanumérico gerado.

Desta forma, o pré-requerimento por si só não gera o direito de prioridade de que trata a letra “a”, do artigo 11, do Código Mineração, pois somente será considerado para fins do estudo da área requerida, após o ingresso do requerimento no protocolo do respectivo Distrito do DNPM.

Além disso, os elementos informativos de instrução dos requerimentos de autorização de pesquisa são de preenchimento obrigatório e devem constar de campos específicos na estrutura do pré-requerimento eletrônico, disponíveis em meio eletrônico pelo DNPM.

Uma vez protocolizado o requerimento de autorização de pesquisa no DNPM, este poderá ainda ser indeferido de plano e, neste caso, a área não adquire o Direito de Prioridade. Neste caso, porém, a área não será colocada em disponibilidade. Se, no entanto, o requerimento de autorização de pesquisa for indeferido por não cumprimento de exigências ou se cumprida fora do prazo fixado pelo DNPM, o requerimento de autorização de pesquisa será indeferido e, nesta hipótese, a área será colocada em disponibilidade para pesquisa, nos termos do artigo 26, do Código de Mineração, o qual está regulamentado pela Portaria Ministerial nº 12/1997 e pela Portaria DNPM nº 268/2008.

Assim, estando o requerimento de autorização de pesquisa devidamente instruído, o DNPM outorgará e publicará no Diário Oficial da União, o alvará de autorização de pesquisa. Ressalte-se ainda que esse título poderá ser cedido e transferido para terceiros, desde que requerido ao DNPM, o qual dará a prévia anuência e autoriza a averbação da cessão do alvará de pesquisa, tudo conforme as disposições da Portaria DNPM nº 199/2006.

Uma vez que este tipo de exploração pode ser feito por pessoas que não são proprietárias do solo, é necessário, neste caso, que seja celebrado um acordo entre o minerador e o dono ou posseiro da terra, a título de indenização pelos danos e prejuízos que possam ser causados ao terreno, pelos trabalhos de pesquisa.

Deste modo, caso o Titular do alvará de autorização de pesquisa não seja o proprietário ou posseiro e nem junte ao processo prova do acordo celebrado com eles, o Diretor Geral do DNPM, no prazo de três dias, enviará ao Juiz de Direito da Comarca onde estiver situada a ocorrência mineral, cópia do alvará de autorização de pesquisa e o respectivo plano de pesquisa para que seja feita a avaliação com vistas a estabelecer o valor da indenização.

Concluída pelo Juiz de Direito, na forma do artigo 27, do Código de Mineração, a avaliação da renda pela ocupação do imóvel e uma indenização pelos danos e prejuízos que possam ser causados à propriedade pelos trabalhos de pesquisa, o titular do alvará de autorização de pesquisa deve depositar a quantia correspondente ao valor da renda e a caução para pagamento das indenizações.

Feitos esses depósitos, o Juiz, dentro de oito dias, intimará os proprietários ou posseiros do solo a permitirem a execução dos trabalhos de pesquisa, e comunicará seu despacho ao Diretor Geral do DNPM e, mediante requerimento do titular da pesquisa, às autoridades policiais locais, para garantirem a execução dos trabalhos de prospecção mineral.

Deve ser ressaltado que não poderão ser iniciados os trabalhos de pesquisa, antes de efetuado o pagamento da importância relativa à indenização e de fixada a renda pela ocupação do terreno abrangido pela área do alvará de autorização de pesquisa.

Cabe destacar ainda que, conforme dispõe a Portaria DNPM nº 292/2004, o prazo de validade do alvará de autorização de pesquisa, para substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, é de dois anos.

Entretanto, esse prazo do alvará de pesquisa poderá ser prorrogado por até igual período, desde que a prorrogação seja requerida até sessenta dias antes de expirar o prazo do alvará de pesquisa, devendo o requerimento ser instruído com um relatório dos trabalhos de pesquisa até então efetuados e justificativa da necessidade do prosseguimento dos trabalhos de pesquisa. Essas regras legais estão previstas no inciso III, do artigo 22, do Código de Mineração, e na Portaria DNPM nº 23/1997. A prorrogação do prazo de vigência do alvará de autorização de pesquisa independe da expedição de novo alvará, contando-se o prazo da prorrogação a partir da data de publicação no Diário Oficial da União, do despacho que deferir o pedido.

### 2.2.2. Extração de Substâncias Minerais

A extração de substâncias minerais em áreas de alvará de autorização de pesquisa não é permitida. No entanto, é admitida em caráter excepcional, durante os trabalhos de prospecção mineral. Neste sentido, o DNPM, através da Portaria DNPM nº 144, de 3 de maio de 2007, regulamentou a extração de substâncias minerais, antes da outorga da Portaria de Concessão de Lavra, através de guia de utilização.

Desta forma, são consideradas como excepcionais, as seguintes situações para efeito de emissão de guia de utilização para substâncias minerais de emprego imediato na construção civil: aferição da viabilidade técnico-econômica da lavra de agregados da construção civil no mercado nacional; e a comercialização de substâncias minerais face à necessidade de fornecimento continuado da substância, visando garantia de mercado, bem como para custear os trabalhos de pesquisa.

A competência para a outorga de guia de utilização é do Chefe do Distrito, em cuja jurisdição está localizada a área do alvará de autorização de pesquisa. Todavia, compete ao Diretor Geral do DNPM, a emissão de guia de utilização para substância mineral não prevista na Tabela do Anexo II<sup>2</sup> da Portaria DNPM nº 144/2007; para quantidade que exceda o limite máximo fixado na mesma Tabela, cabendo ao Distrito Regional competente, analisar o pedido, instruir o processo e encaminhá-lo à Sede do DNPM, para decisão do Diretor Geral; e após a vigência do prazo do alvará de pesquisa, com relatório final de pesquisa positivo apresentado ao DNPM e pendente de decisão.

---

<sup>2</sup> A tabela do Anexo II contém informações sobre todas as substâncias minerais e respectivas quantidades máximas para fins de emissão de Guia de Utilização.

Contudo, há limites para a exploração de substâncias com guias de utilização. Assim, as quantidades máximas de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, que podem ser explotadas através de guia de utilização, são: areia, 30.000 metros cúbicos; brita, 30.000 metros cúbicos; cascalho 5.000 metros cúbicos; e saibro 10.000 metros cúbicos.

A primeira guia de utilização será pleiteada pelo titular do alvará de autorização de pesquisa, em requerimento dirigido ao Chefe do Distrito, a ser protocolizado no Distrito do DNPM, em cuja jurisdição está localizada a área do alvará de pesquisa, devendo conter os seguintes elementos de informação e prova: justificativa técnica e econômica<sup>3</sup>, elaborada por profissional legalmente habilitado, descrevendo, no mínimo, as operações de decapeamento, desmonte, carregamento, transporte, sistema de disposição de materiais e as medidas de controle ambiental, reabilitação da área minerada e as de proteção à segurança e à saúde do trabalhador; indicação da quantidade de substância mineral a ser extraída; e planta em escala apropriada com indicação dos locais onde ocorrerá a extração mineral, por meio de coordenadas em sistema global de posicionamento – GPS, datum SAD 69, dentro dos limites da área do alvará de pesquisa, sendo plotados em bases georeferenciadas. Além dessas exigências, o DNPM poderá, a seu exclusivo critério, solicitar dados adicionais necessários à análise do pedido.

Para o fornecimento de nova guia de utilização, o titular do alvará de pesquisa deverá instruir o pedido com os seguintes documentos: relatório parcial de atividades de pesquisa mineral até então desenvolvidas ou relatório final de pesquisa, incluindo informações sobre as atividades de extração; nova justificativa técnico-econômica, mas apenas se for prevista modificação nas condições operacionais; comprovação do recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM, referente à quantidade da substância mineral extraída; e licença ambiental vigente.

Vale lembrar que, se estiver pendente de análise requerimento de prorrogação da autorização de pesquisa, relatório final dos trabalhos de pesquisa ou requerimento de concessão de lavra, o pedido de nova guia de utilização será apreciado de forma simultânea à análise do evento pendente, podendo ser emitida a guia de utilização sem vistoria imediata da área, a critério do DNPM

E, para que não haja interrupção das atividades de extração, o titular do alvará de pesquisa deverá protocolizar o requerimento de uma nova guia de utilização, no prazo de até sessenta dias antes do vencimento da guia de

---

<sup>3</sup> A portaria DNPM nº 144/2007 não exige um Plano de Aproveitamento Econômico para o fornecimento de guia de utilização, mas tão somente uma justificativa técnica e econômica, descrevendo, no mínimo, as operações de decapeamento, desmonte, carregamento, transporte, se for o caso, sistema de disposição de materiais e as medidas de controle ambiental, reabilitação da área minerada e as de proteção à segurança e à saúde do trabalhador.



utilização vigente. Assim, até que o DNPM decida sobre o requerimento de nova guia de utilização, fica assegurada a continuidade dos trabalhos de extração nas condições fixadas na guia de utilização anteriormente emitida.

No entanto, o prazo de validade da guia de utilização não poderá ser superior à vigência da licença ambiental apresentada ou da vigência do alvará de pesquisa, quando em vigor, prevalecendo o prazo que vier a vencer primeiro. Neste caso, isto é, vencido o prazo de vigência da autorização de pesquisa, a primeira guia de utilização somente será emitida após a prorrogação do prazo do alvará ou após a aprovação do relatório final de pesquisa. Outorgada a Portaria de Concessão de Lavra a guia de utilização perde sua eficácia. E, na hipótese de extinção do direito minerário, por qualquer motivo, a guia de utilização perderá a sua eficácia, cabendo ao titular do alvará de pesquisa paralisar, imediatamente, as atividades de extração mineral e promover a completa recuperação da área onde se desenvolveram os trabalhos de exploração do bem mineral.

O Minerador deve ainda estar atento para algumas peculiaridades deste regime de exploração. Desta forma, o titular do alvará de pesquisa que tenha obtido guia de utilização, é obrigado a cumprir com as seguintes obrigações: confiar a direção dos trabalhos de extração a técnico legalmente habilitado ao exercício da profissão; não dificultar ou impossibilitar o aproveitamento ulterior da ocorrência mineral ou jazida; responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da extração; promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local; evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos; evitar poluição do ar ou da água, que possa resultar dos trabalhos de extração; tomar as providências indicadas pela fiscalização dos órgãos federais; manter a frente de lavra em bom estado, no caso de eventual interrupção temporária dos trabalhos de extração, de modo a permitir a retomada das operações; e apresentar ao DNPM, até o dia 15 de março de cada ano, Relatório das Atividades de Extração (RAE) realizadas no ano anterior, conforme Modelo constante no Anexo III da Portaria DNPM nº 144/2007<sup>4</sup>.

Vale lembrar ainda que, na hipótese de inobservância das obrigações de que tratam os artigos 15 e 16 da mencionada Portaria, bem como se constatada a extração em desacordo com os critérios fixados na guia de utilização, o DNPM tomará as providências cabíveis, inclusive com a comunicação do fato ao órgão ambiental competente e ao Ministério Público Federal, em decorrência dos preceitos da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre os crimes ambientais, sem prejuízo das sanções previstas na legislação minerária.

---

<sup>4</sup> Se extinto o direito minerário, o Relatório das Atividades de Extração (ERA) deverá ser apresentado no prazo de trinta dias contado da extinção do direito, informando ao DNPM as atividades de extração desenvolvidas até aquela data.

### 2.2.3. Mudança no Regime de Concessão

Existe ainda a possibilidade, prevista na Portaria DNPM nº 266/2008, de o minerador optar pela mudança do Regime de Autorização e Concessão para o Regime de Licenciamento. Neste caso, o titular deverá apresentar requerimento de mudança de regime mediante formulário padronizado de pré-requerimento eletrônico, acompanhado de pré-requerimento eletrônico de registro de licença, conforme está disposto na Portaria DNPM nº 268, de 27 de setembro de 2005.

Neste caso, ou seja, no ato de protocolização dos documentos será instaurado novo processo de requerimento de registro de licença que será amarrado ao processo de autorização de pesquisa.

Além disso, a publicação do título de licenciamento implicará na baixa na transcrição da autorização de pesquisa e no arquivamento do respectivo processo, cabendo ao titular o cumprimento de todas as obrigações inerentes ao título até a data da publicação do registro de licença.

Na hipótese de o requerimento de opção de mudança de regime vir a ser protocolizado antes de completado um terço do prazo de vigência da autorização de pesquisa, fica o titular dispensado da apresentação do relatório dos trabalhos de pesquisa realizados.

Assim, vencido o alvará de pesquisa antes da publicação do registro de licença sem que o titular tenha requerido a sua prorrogação, será efetuada baixa na transcrição do título, prosseguindo-se o requerimento de registro de licença nos seus ulteriores termos.

### 2.2.4. Requerimento de Concessão de Lavra

A lavra se constitui em um conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas. No caso das substâncias minerais de emprego na construção civil, elas não podem ser submetidas a processo industrial de beneficiamento e também não podem se destinar como matéria-prima à indústria de transformação, sejam elas aproveitadas através do Regime de Licenciamento ou do Regime de Autorização e Concessão.

O requerimento de concessão de lavra deverá ser dirigido ao Ministro de Estado de Minas e Energia e deverá ser instruído com os seguintes elementos de informação e prova: certidão de registro, no Departamento Nacional de Registro do Comércio, da entidade constituída; designação das substâncias minerais a lavrar, com indicação do alvará de pesquisa outorgado, e de aprovação do respectivo Relatório; denominação e descrição da localização do campo pretendido para a lavra, relacionando-o, com precisão e clareza, aos vales dos rios ou córregos, constantes de mapas ou plantas de notória autenticidade e precisão, e estradas de ferro e rodovias, ou, ainda, a marcos naturais ou acidentes topográficos de inconfundível determinação; suas confrontações com autorização

de pesquisa e concessões de lavras vizinhas, se as houver, e indicação do Distrito, Município, Comarca e Estado, e, ainda, nome e residência dos proprietários do solo ou posseiros; definição gráfica da área pretendida, delimitada por figura geométrica formada, obrigatoriamente, por segmentos de retas com orientação Norte-Sul e Leste-Oeste verdadeiros, com dois de seus vértices, ou excepcionalmente um, amarrados a ponto fixo e inconfundível do terreno, sendo os vetores de amarração definidos por seus comprimentos e rumos verdadeiros, e configuradas, ainda, as propriedades territoriais por ela interessadas, com os nomes dos respectivos superficiários, além de planta de situação; servidões de que deverá gozar a mina; plano de aproveitamento econômico da jazida; prova de disponibilidade de fundos ou da existência de compromissos de financiamento, necessários para a execução do plano de aproveitamento econômico e operação da mina.

Além disso, o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida deverá se constituir de Memorial explicativo e Projetos ou anteprojetos referentes ao método de mineração a ser adotado, fazendo referência à escala de produção prevista inicialmente e à sua projeção; ao transporte na superfície; às instalações de energia, de abastecimento de água e condicionamento de ar; à higiene da mina e dos respectivos trabalhos; às moradias e suas condições de habitabilidade para todos os que residem no local da mineração.

Uma vez publicada a Portaria de Concessão de Lavra, a concessionária deverá recolher uma taxa de emolumentos e requerer a imissão de posse da jazida, no prazo de noventa dias, contados da publicação da Portaria. E, sob pena de sanções, a concessionária é obrigada a iniciar os trabalhos previstos no plano de lavra, dentro do prazo de seis meses, contados da data da publicação da Portaria de Concessão no Diário Oficial da União, salvo motivo de força maior, a juízo do DNPM;

O minerador tem, conseqüentemente, diversas obrigações para proteger tanto a jazida – para posterior aproveitamento – como o meio ambiente. Assim, deve lavrar a jazida de acordo com o plano de lavra aprovado pelo DNPM, e cuja segunda via, devidamente autenticada, deverá ser mantida no local da mina; extrair somente as substâncias minerais indicadas na Portaria de Concessão; comunicar imediatamente ao DNPM o descobrimento de qualquer outra substância mineral não incluída na Portaria de Concessão; executar os trabalhos de mineração com observância das normas regulamentares; confiar, obrigatoriamente, a direção dos trabalhos de lavra a técnico legalmente habilitado ao exercício da profissão; não dificultar ou impossibilitar, por lavra ambiciosa, o aproveitamento ulterior da jazida; responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra; promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local; evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos; evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de

mineração; tomar as providências indicadas pela Fiscalização dos Órgãos Federais; não suspender os trabalhos de lavra, sem prévia comunicação ao DNPM; manter a mina em bom estado, no caso de suspensão temporária dos trabalhos de lavra, de modo a permitir a retomada das operações; e apresentar ao DNPM - até o dia 15 de março de cada ano, relatório das atividades realizadas no ano anterior.

### **3. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

São três as Licenças Ambientais indispensáveis à obtenção de direito mineral para exploração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil: Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO, seja através do Regime de Licenciamento, seja através do Regime de Autorização e Concessão.

#### **3.1. Registro de Licenciamento**

O licenciamento ambiental, indispensável para a outorga e publicação do Registro de Licenciamento, está disciplinado pela Resolução CONAMA nº 10, de 6 de dezembro de 1990.

Para a solicitação da Licença Prévia - LP, de Instalação - LI e de Operação - LO deverão ser apresentados os documentos relacionados nos Anexos I, II e III dessa Resolução nº 10/1990, de acordo com o tipo de empreendimento e fase em que se encontre. Caso o empreendimento necessite ser licenciado por mais de um Estado, dada a sua localização ou abrangência de sua área de influência, os órgãos estaduais deverão manter entendimento prévio no sentido de, na medida do possível, uniformizar as exigências a serem formuladas, para que não acarretem ao minerador dispêndios perfeitamente evitáveis.

A critério do órgão ambiental competente, o empreendimento, em função de sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades, poderá ser dispensado da apresentação dos Estudos de Impacto Ambiental - EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. É o caso do aproveitamento dos agregados da construção civil que não acarretam danos muito significativos ao meio ambiente.

Todavia, na hipótese da dispensa de apresentação dos EIA/RIMA, o minerador deverá apresentar um Relatório de Controle Ambiental - RCA, elaborado de acordo com as diretrizes a serem estabelecidas pelo órgão ambiental.

A Licença Prévia deverá ser requerida ao órgão ambiental, ocasião em que o minerador deverá apresentar os Estudos de Impacto Ambiental com o respectivo Relatório de Impacto Ambiental ou o Relatório de Controle Ambiental

e demais documentos necessários. Neste caso, o órgão ambiental competente, após a análise da documentação pertinente, decidirá sobre a concessão da Licença Prévia.

É necessária, ainda, a Licença de Instalação. Esta deverá ser requerida ao órgão ambiental competente, ocasião em que o minerador deverá apresentar o Plano de Controle Ambiental - PCA, que conterà os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais avaliados na fase da Licença Prévia, acompanhado dos demais documentos necessários.

O órgão ambiental analisa o Plano de Controle Ambiental - PCA do empreendimento e a documentação pertinente e decide sobre o fornecimento da Licença de Instalação. Quando for necessário, o órgão ambiental solicitará ao minerador, a autorização de desmatamento, nos termos preconizados na Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006.

Em seguida, após a análise e aprovação do Plano de Controle Ambiental - PCA, o órgão ambiental expedirá a Licença de Instalação - LI, comunicando ao minerador que deverá solicitar a Licença de Operação - LO. O Registro de Licença será então outorgado e publicado pelo DNPM, após a apresentação da Licença de Instalação.

Depois da obtenção do Registro de Licença e da implantação dos projetos constantes do Plano de Controle Ambiental - PCA, aprovados quando do fornecimento da Licença de Instalação, o minerador deverá requerer a Licença de Operação, apresentando a documentação necessária.

Em sequência, o órgão ambiental, após a verificação e comprovação da implantação dos projetos constantes do Plano de Controle Ambiental - PCA e análise da documentação pertinente, decidirá sobre a concessão da Licença de Operação. Se o órgão ambiental competente negar a Licença, em qualquer de suas modalidades, deverá comunicar o fato ao minerador e ao DNPM, informando os motivos do indeferimento. Todavia, dessa decisão indeferitória cabe recurso.

Finalmente, deve ser ressaltado que o Titular do Registro de Licença somente poderá iniciar a extração e comercialização dos agregados para a construção civil, após a obtenção da Licença de Operação.

### **3.2. Autorização de Pesquisa**

A outorga e publicação de alvará de autorização de pesquisa não depende de prévio licenciamento ambiental para ser outorgado e publicado, mesmo que a área pleiteada esteja dentro de Unidade de Conservação Ambiental. Neste caso, porém, o Titular da Autorização depende de prévia autorização do órgão ambiental que a administra, para poder iniciar os trabalhos de prospecção mineral. É o que está preconizado expressamente no artigo 17, da Lei 7.805, de 18 de julho de 1989.

Se durante a vigência do alvará de autorização de Pesquisa, o respectivo titular pretender extrair e comercializar agregados para a construção civil, deve, previamente, obter guia de utilização a ser fornecida pelo DNPM.

O órgão ambiental competente, ao negar a concessão da Licença, em qualquer de suas modalidades, comunicará o fato ao minerador e ao DNPM, informando os motivos do indeferimento. Todavia, dessa decisão indeferitória cabe recurso.

### **3.3. Guia de Utilização**

O licenciamento ambiental, necessário para a outorga de guia de utilização para extração e comercialização de agregados para a construção civil, está disciplinado pela Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990.

O titular do alvará de autorização de pesquisa deverá requerer, ao órgão ambiental competente, a Licença de Operação para pesquisa mineral, apresentando o plano de pesquisa mineral, com a avaliação do impacto ambiental e as medidas mitigadoras a serem adotadas. Essa exigência também está prevista no § 1º, do artigo 1º, da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

As solicitações da Licença Prévia - LP, da Licença de Instalação - LI e da Licença de Operação - LO deverão ser acompanhadas dos documentos relacionados nos Anexos I, II e III dessa Resolução CONAMA nº 9/1990 e o pedido de licenciamento ambiental terá os mesmos procedimentos e tramitação para obtenção das Licenças exigidas para o Registro de Licenciamento.

É importante destacar que a Licença de Operação é fundamental para que o Titular do alvará de autorização de pesquisa, com guia de utilização, possa iniciar a extração e comercialização dos agregados para a construção civil.

Assim, se o órgão ambiental competente negar a concessão da Licença, em qualquer de suas modalidades, deverá comunicar o fato ao minerador e ao DNPM, informando os motivos do indeferimento. Todavia, dessa decisão indeferitória cabe recurso.

### **3.4. Concessão de Lavra**

A outorga e publicação de Portaria de Concessão de Lavra, estando a área pleiteada dentro ou fora de Unidade de Conservação Ambiental, depende de prévio licenciamento ambiental (Licença Prévia - LP, da Licença de Instalação - LI e da Licença de Operação - LO)<sup>5</sup>, nos termos do artigo 16, da Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989. No entanto, se a área estiver fora de Unidade de Conservação

---

<sup>5</sup> As solicitações dessas Licenças (LP, LI e LO) deverão ser acompanhadas dos documentos relacionados nos Anexos I, II e III dessa Resolução Conama nº 10/1990 e o pedido ambiental terá os mesmos procedimentos e tramitação para obtenção das Licenças exigidas para o registro de licença ou para a guia de utilização.

Ambiental, basta a Licença de Instalação para que a Portaria de Concessão de Lavra seja outorgada e publicada, de acordo com o artigo 6º, da Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990. Essa exigência também está prevista no § 1º, do artigo 1º, da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

Assim, para as áreas situadas fora de Unidade de Conservação Ambiental, uma vez obtida a Portaria de Concessão de lavra e implantados os projetos constantes do Plano de Controle Ambiental - PCA, aprovados quando da concessão da Licença de Instalação, o minerador deverá requerer a Licença de Operação, apresentando a documentação necessária.

O órgão ambiental competente verifica então a implantação dos projetos constantes do Plano de Controle Ambiental - PCA, analisa a documentação pertinente e decide sobre a concessão da Licença de Operação.

Se negar a concessão da Licença, em qualquer de suas modalidades, o órgão ambiental deve comunicar o fato ao minerador e ao DNPM, informando os motivos do indeferimento. Todavia, esta decisão indeferitória é passível de recurso.

#### **4. LEGISLAÇÃO TRIBUTÁRIA**

Além dos tributos incidentes na comercialização de agregados da construção civil, seja o aproveitamento através do Regime de Licenciamento, seja através do Regime de Autorização e Concessão, é devido ao proprietário do solo o direito à participação nos resultados da lavra.

A participação nos resultados da lavra será de cinquenta por cento do valor total devido aos Estados, Distrito Federal, Municípios e órgãos da administração direta da União, a título de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM.

A CFEM, que substituiu o Imposto Único sobre Minerais - IUM, foi estabelecida pela Constituição Federal de 1988 em seu § 1º, do artigo 20. É devido aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios e a Órgãos da União Federal, na forma de participação no resultado da exploração de recursos minerais no respectivo território.

Esse mandamento constitucional foi regulamentado pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a qual estabelece que a compensação financeira pela exploração de recursos minerais, para fins de aproveitamento econômico, será de até 3% (três por cento) sobre o valor do faturamento líquido resultante da venda do produto mineral, obtido após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial.

Para as substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, a Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, estabeleceu que é de 2% o percentual da CFEM. Estabeleceu também que, para efeito do cálculo da compensação

financeira de que trata o artigo 6º da Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, entende-se por faturamento líquido o total das receitas de venda, excluídos os tributos incidentes sobre a comercialização do produto mineral, as despesas de transporte<sup>6</sup> e as de seguro.

Quanto à competência para baixar normas e exercer a fiscalização sobre a arrecadação da CFEM, esta é exclusiva do DNPM, a teor do que preconiza a Lei nº 8.876, de 2 de maio de 2004, que autorizou o Poder Executivo a instituir o DNPM como Autarquia.

Constitui fato gerador da compensação financeira devida pela exploração de recursos minerais, a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, mina, salina ou de outros depósitos minerais de onde provém, ou o de quaisquer estabelecimentos, sempre após a última etapa do processo de beneficiamento adotado e antes de sua transformação industrial. Equipara-se à saída por venda, o consumo ou a utilização da substância mineral em processo de industrialização realizado dentro das áreas da jazida, mina, salina ou outros depósitos minerais, suas áreas limítrofes e ainda em qualquer estabelecimento.

De acordo com o Código de Mineração, a compensação financeira pela exploração de substâncias minerais deve ser lançada mensalmente pelo devedor. O lançamento deve ser efetuado em documento próprio, que contendo a descrição da operação que lhe deu origem, o produto a que se refere o respectivo cálculo, as parcelas destacadas, e a discriminação dos tributos incidentes, das despesas de transporte e de seguro, de forma a tornar possível suas corretas identificações.

Já o pagamento da CFEM deve ser efetuado mensalmente, até o último dia do segundo mês subsequente ao fato gerador, devidamente corrigido, através de Guia de Recolhimento da União – GRU, em qualquer agência bancária, até a data de vencimento.

Quanto aos tributos incidentes sobre a comercialização do produto mineral, sejam os federais - PIS/PASEP e CONFINS - seja o Estadual – ICMS -, devem ser deduzidos da composição da base de cálculo da CFEM.

## **5. NORMAS REGULADORAS E PROCEDIMENTOS INSTITUCIONAIS**

As normas legais que disciplinam a outorga de Títulos Minerários para a exploração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil estão relacionadas a seguir. Estão incluídas as que tratam do fornecimento de Licenças Ambientais e as que preceituam sobre a incidência, recolhimento e demais procedimentos sobre a CFEM.

---

<sup>6</sup> As despesas de transporte compreendem as pagas ou incorridas pelo titular do direito minerário com a substância mineral.



## **DIREITO MINERAL**

### **Código de Mineração, § 2º, do artigo 22**

“§ 2º - É admitida, em caráter excepcional, a extração de substâncias minerais em área titulada, antes da outorga da concessão de lavra, mediante prévia autorização do DNPM, observada a legislação ambiental pertinente.”

### **Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978**

Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais.

### **Portaria MME nº 12, de 16 de janeiro de 1997**

Dispõe sobre os critérios gerais referentes ao procedimento de Disponibilidade de Área desonerada de requerimento ou de titulação de direitos minerários, em decorrência de publicação de despacho no Diário Oficial.

### **Portaria DNPM nº 23, de 16 de janeiro de 1997**

Estabelece instruções sobre a prorrogação do prazo de vigência da autorização de Pesquisa.

### **Decreto nº 3.358, de 2 de fevereiro de 2000**

Regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999, que "acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996".

### **Portaria DNPM nº 268, de 27 de setembro de 2005**

Institui o pré-requerimento eletrônico para obtenção de Alvará de Pesquisa, Registro de Licenciamento, Permissão de Lavra Garimpeira e Registro de Extração.

### **Portaria DNPM nº 199, de 14 de julho de 2006**

Estabelece a forma e os documentos necessários para concessão de anuência prévia e averbação de contratos de cessão e transferência, total ou parcial, de direitos minerários.

### **Portaria DNPM nº 144, de 03 de maio de 2007**

Dispõe sobre a regulamentação do § 2º do art. 22 do Código de Mineração, que trata da extração de substâncias minerais antes da outorga de concessão de lavra.

### **Portaria DNPM nº 266, de 10 de julho de 2008**

Estabelece regras sobre a instrução e processamento de Requerimento de Registro de Licença.

**Portaria DNPM nº 268, de 10 de julho de 2008**

Estabelece instruções sobre as regras e critérios específicos para habilitação e julgamento, nas áreas colocadas em disponibilidade em decorrência de publicação de ato de indeferimento de Requerimento de Autorização de Pesquisa ou de extinção de título autorizativo, bem como sobre as regras e critérios específicos para habilitação e julgamento, em decorrência de publicação de Edital de Disponibilidade de áreas para pesquisa ou lavra.

**Portaria DNPM nº 235, de 10 de julho de 2008**

Estabelece instruções sobre o Memorial Descritivo e plantas que devem instruir o Requerimento de Autorização de Pesquisa.

**DIREITO AMBIENTAL****Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989**

“Art. 16 - A concessão de lavra depende de prévio licenciamento do órgão ambiental competente.”

“Art. 17 - A realização de trabalhos de pesquisa e lavra em áreas de conservação dependerá de prévia autorização do órgão ambiental que as administre.”

**Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990**

Estabelece instruções sobre a necessidade de Licença Ambiental para extração de substâncias minerais através da Guia de Utilização.

**Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990**

“Art. 6º - A concessão da Portaria de lavra ficará condicionada à apresentação ao DNPM, por parte do minerador, da Licença de Instalação.”

**Resolução CONAMA nº 10, de 6 de dezembro de 1990.**

Estabelece instruções sobre a necessidade de Licença Ambiental para extração de substâncias minerais através do Regime de Licenciamento

**Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.**

Estabelece instruções sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente.

**Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006.**

Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nºs

10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências.

## **DIREITO TRIBUTÁRIO**

### **Constituição Federal**

“Art. 20 - ...

§ 1º - É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.”

### **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**

Institui, para os Estados, Distrito Federal e Município, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências.

### **Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990**

Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências.

### **Instrução Normativa DRF nº 83, de 23 de maio de 1990**

Disciplina o recolhimento da compensação financeira - royalty sobre recursos minerais - relativamente a cota parte destinada ao DNPM.

### **Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991**

Regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências.

### **Portaria DNPM nº 157, de 11 de junho de 1999**

Estabelece instruções sobre o pagamento a maior ou indevido da compensação financeira, de que trata o artigo 6º, da Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

### **Portaria DNPM nº 158, de 15 de junho de 1999**

Disciplina e uniformiza os procedimentos a serem observados na fiscalização da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM.

**Portaria DNPM nº 175, de 2 de julho de 1999**

Estabelece instruções sobre o recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM referente às substâncias minerais explotadas através do Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.

**Instrução Normativa DNPM nº 6, de 9 de junho de 2000**

Estabelece instruções sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM, disciplinando e uniformizando os procedimentos a serem observados na sua fiscalização.

**Instrução Normativa DNPM nº 1, de 3 de abril de 2002**

Estabelece instruções sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM, devida pelas empresas detentoras de direitos minerários que exerçam atividade balneária sem especificação do preço do banho.

**Portaria DNPM nº 439, de 21 de novembro de 2003**

Dispõe sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais.

**6. OBTENÇÃO DE LICENÇAS AMBIETAIS**

Como vimos anteriormente no item sobre a Legislação Ambiental, são três as Licenças Ambientais indispensáveis à obtenção de direito mineral para exploração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil: Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO. Estas licenças são obrigatórias tanto para a obtenção do Licenciamento, como de Guia de Utilização ou Concessão de Lavra.

As Licenças Ambientais para exploração de bens minerais utilizados “*in natura*”, na construção civil, estão disciplinadas na Resolução CONAMA nº 10, de 6 de dezembro de 1990, tanto para a lavra através de Registro de Licença, como para guia de utilização, e Portaria de Concessão de Lavra.

Nos termos do artigo 6º, da Resolução CONAMA nº 9, de 6 de dezembro de 1990, a outorga e publicação da Portaria de Concessão de Lavra fica condicionada à prévia apresentação ao DNPM da Licença de Instalação. Todavia, para que sejam iniciados os trabalhos de lavra da jazida é necessário que a Concessionária tenha obtido do órgão ambiental, a Licença de Operação.

Nos casos de Registro de Licença e de guia de utilização, da mesma forma que a Concessão de Lavra, os trabalhos de exploração da ocorrência mineral somente poderão ter início depois que o órgão ambiental fornecer a Licença de Operação. Seja a lavra através de Registro de Licença, através de guia de utilização, ou através de Portaria de Concessão de Lavra, devem ser observadas as disposições da Resolução CONAMA nº 10, de 6 de dezembro de 1990.

Para a obtenção da Licença Prévia - LP, que é a fase de planejamento e viabilidade do empreendimento mineiro, são necessários a apresentação, ao órgão ambiental competente, dos seguintes documentos: Requerimento de Licença Prévia; Cópia da publicação de pedido da Licença Prévia; e, Apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA ou Relatório de Controle Ambiental, a critério do órgão ambiental competente para fornecer a Licença Prévia.

Quanto à obtenção da Licença de Instalação - LI, que é a fase de desenvolvimento da mina, instalação do complexo minerário e implantação dos projetos de controle ambiental, são necessários a apresentação ao órgão ambiental competente dos seguintes documentos: Requerimento de Licença de Instalação; Cópia da publicação da Licença Prévia; Cópia da autorização de desmatamento expedida pelo IBAMA, se for o caso; Licença da Prefeitura Municipal, quando se tratar de Registro de Licenciamento; Plano de Controle Ambiental; e, Cópia da Publicação do pedido da Licença de Instalação.

Finalmente, para a obtenção da Licença de Operação - LO, que é a fase de lavra e acompanhamento de sistemas de controle ambiental, são necessários a apresentação ao órgão ambiental competente dos seguintes documentos: Requerimento de Licença de Operação; Cópia da publicação da Licença de Instalação; Cópia da publicação do pedido da Licença de Operação; e, Cópia do Registro de Licenciamento, quando for o caso.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

Como Obter Licenciamento de Minerais, de Uile Reginaldo Pinto, editado pelo DNPM, 1979 e 1981.

Coletânea de Pareceres Sobre Aplicação da Legislação Minerária, de Uile Reginaldo Pinto, editada pelo DNPM, Volumes I e II, 1979 e 1981.

Pesquisa de Minerais, editado pelo Autor Uile Reginaldo Pinto, 1981.

Coletânea de Pareceres do Consultor Jurídico do MME e Decisões Judiciais sobre Direito Mineral, de Uile Reginaldo Pinto, editada pelo MME, 1982.

Consolidação da Legislação Mineral e Ambiental, editadas pelo Autor Uile Reginaldo Pinto, dez edições a partir de 1991. A última e 10ª edição está atualizada até agosto de 2006.



CAPÍTULO

---

---

4

---

GEOLOGIA

Luiz Carlos Bertolino  
Geólogo-UFRJ, Doutor em  
Engenharia Metalúrgica-PUC-Rio  
Tecnologista Sênior do CETEM/MCTI  
Professor Adjunto da UERJ

Nely Palermo  
Geóloga-UFRJ, Doutora em Geologie  
Minière-Ecole des Mines de Paris  
Professora Adjunta da UERJ

Ana Valéria F. A. Bertolino  
Geógrafa-UFRJ, Doutora em  
Geografia-UFRJ  
Professora Adjunta da UERJ





## 1. INTRODUÇÃO

Os materiais rochosos utilizados na construção civil na forma granular são denominados **agregados** e, em placas são denominadas rochas ornamentais ou pedras de revestimento.

Desde a antiguidade o Homem utiliza as rochas como materiais de construção em forma bruta ou pouco trabalhada. Nos tempos atuais, é utilizada nas mais variadas formas (bruta, britada, moída, etc) e para diferentes usos (filtros, lastro de ferrovia, drenos em obras civis, etc).

No entanto, apesar da contínua demanda da sociedade moderna por esse material, principalmente nas obras de construção civil, a exigência ambiental além do alto custo de transporte são alguns dos desafios enfrentados pela atual mineração de agregados (MELLO E CALAES, 2006).

## 2. MATÉRIA PRIMA DOS AGREGADOS

Os materiais naturais utilizados como agregados na construção civil são rochas consolidadas e sedimentos como areias e cascalhos. As rochas podem passar por processos de britagem e moagem para atingir as especificações de granulometria.

### 2.1. Rocha

Rocha é um material consolidado composto por um conjunto de minerais resultantes de um processo geológico determinado. Pode ser formada por um ou mais minerais, dispostos segundo as condições de temperatura e pressão existentes durante sua formação. Pode também ser formada por material não cristalino como o vidro vulcânico e por material sólido orgânico como o carvão. Quanto à origem, as rochas se classificam em ígneas ou magmáticas, sedimentares e metamórficas. Dentro desses grupos, de forma geral, a textura e a composição mineral são os critérios para a identificação dos diferentes tipos de rochas ou tipos litológicos.

### 2.2. Rochas Ígneas ou Magmáticas

São formadas a partir da consolidação do magma em profundidade (rocha ígnea plutônica) ou em superfície (rocha ígnea vulcânica). O magma é uma fusão silicatada, contendo gases e elementos voláteis, gerada em altas temperaturas no interior da Terra.

Quando o magma resfria lentamente, usualmente em profundidades de dezenas de quilômetros, ocorre a cristalização de minerais formando as rochas plutônicas cuja granulação varia de fina (milimétrica) à grossa (até 3 cm).

As rochas magmáticas extrusivas são formadas quando o magma resfria rapidamente, normalmente próximo à superfície da terra, resultando em uma rocha de granulação muito fina ou de textura vítrea, ou seja, os minerais não são indentificáveis a olho nu.

Existem várias classificações para as rochas ígneas baseadas na composição química das rochas, percentagem de minerais essenciais, granulometria etc. (PRESS *et al*, 2006). Na Tabela 1 é apresentada a classificação sugerida pelo IAEG (1981) e sintetizada em Frascá e Sartori (1996).

Tabela 1 – Classificação das rochas ígneas (adaptada de IAEG, 1981 *in* Press *et al.*, 2006).

Rochas	Ácidas ( $>66\% \text{SiO}_2$ )	Intermediárias ( $66-52\% \text{SiO}_2$ )	Básicas ( $52-45\% \text{SiO}_2$ )	Ultrabásica ( $<45\% \text{SiO}_2$ )
Plutônica	Granito	Sienito	Gabro	Peridotito e Piroxenito
Vulcânica	Riolito	Andesito	Basalto	

De uma maneira geral, as rochas plutônicas ácidas são compostas essencialmente por quartzo e feldspatos, e a coloração é clara (Figura 1). As rochas plutônicas básicas são em geral compostas por minerais ferro-magnesianos (anfíbólios, olivinas e piroxênios) e plagioclásios. Em geral, são rochas mais escuras e mais densas (Figura 2).

Os pegmatitos são rochas plutônicas ácidas de granulação muito grossa (acima de 3 cm). Os minerais constituintes são principalmente quartzo e feldspatos, que são comumente utilizados na indústria de vidros e/ou abrasivos.



Figura 1 – Granito. Pedreira abandonada, Monsuaba, Rio de Janeiro.



Figura 2 – Afloramento de rocha basáltica homogênea, Ituiutaba, MG.

Os granitos, dioritos e basaltos são rochas comumente utilizadas como agregados no Brasil.

Os produtos gerados numa erupção vulcânica são classificados como lavas (material rochoso em estado de fusão que extravasa na superfície) e depósitos piroclásticos (constituídos por materiais soltos ou misturas de cinzas vulcânicas, bombas, blocos e gases produzidos durante erupções). Essas rochas devido a dureza elevada podem ser usadas como abrasivos.

Modos de ocorrências das rochas magmáticas:

**Batólitos** - são grandes corpos de rochas plutônicas formados em profundidade, podendo ter mais de 100 km<sup>2</sup>.

**Lacólito** - são intrusões de rochas ígneas lentiformes, geralmente circulares ou subcirculares, concordantes com as rochas encaixantes.

**Dique** - intrusão de forma tabular discordante, preenchendo uma fenda aberta em outra rocha. Quando o dique é concordante com as rochas encaixantes chama-se sill.

**Derrames de lavas** - podem ser subaquática ou aérea, podem atingir milhares de km<sup>2</sup> em superfície.

**Neck Vulcânico** - corpos intrusivos discordantes formados pela consolidação do magma dentro de chaminés vulcânicas que após erosão sobressaem na topografia.

### 2.3. Rochas Sedimentares

As rochas sedimentares são resultantes da consolidação de sedimentos, ou seja, material resultante da ação do intemperismo, erosão e posterior transporte de uma rocha preexistente, ou da precipitação química ou ainda da ação biogênica. São geralmente classificadas em detríticas, químicas ou bioquímicas segundo sua origem.

As rochas detríticas são em geral denominadas, segundo o tamanho dos grãos (Pettijohn, 1975), em: conglomerado e brecha (mais de 25% dos grãos com tamanho >2 mm), arenito (mais de 50% dos grãos com tamanho entre 2 e 0,06 mm), siltito (0,06 e 0,004 mm) e argilito (<0,004 mm). Folhelho é a denominação para siltito e argilito com maior grau de fissilidade. Essas rochas são muitas vezes friáveis devido à baixa coesão dos constituintes, interferindo diretamente nas características mecânicas dessas rochas.

As rochas de origem química são os calcários e os dolomitos formados por mais de 50% de minerais carbonáticos (calcita ou dolomita). Podem ser classificados segundo o conteúdo mineralógico (calcário dolomítico, dolomito calcítico) e a granulometria (calcirudito, calcarenito, calcissiltito, calcilutito). São muito utilizadas como matérias-primas para as indústrias cimenteira, vidreira, siderúrgica, corretivo de solo entre outras. As formações ferríferas apresentam alternância de bandas ricas em quartzo e em óxido de ferro, sendo a fonte de minério de ferro explorado no Brasil.

As rochas derivadas de processos químicos/bioquímicos são: evaporitos (precipitação de sais como halita e gipsita), cherts (precipitação de sílica), fosforitos (fosfatos), diatomitos (formados da acumulação de carapaças silicosas de diatomáceas) e carvão (formado pela decomposição de restos de vegetais que foram soterrados).

## 2.4. Rochas Metamórficas

As rochas metamórficas podem ser formadas a partir de rochas ígneas, sedimentares ou mesmo metamórficas, preexistentes, submetidas a novas condições de pressão e temperatura. Quando as rochas através de processos geológicos são submetidas a condições diferentes (temperatura e pressão) das quais foram formadas, ocorrem modificações denominadas de metamorfismo.

O efeito do metamorfismo progressivo é a geração de foliações, recristalização dos minerais e em condições extremas, a fusão dos constituintes. A textura metamórfica e estruturas presentes são determinantes para a utilização das rochas como agregados.

Principais tipos de rochas metamórficas:

**Gnaiss** - caracteriza-se pela alternância de bandas de cores claras (quartzo e feldspato) e escuras (biotita, anfibólio ou granada). É o tipo litológico predominante no estado do Rio de Janeiro, formando grande parte do maciço da Serra do Mar. Em geral, são maciças e granulares e servem como agregados de boa qualidade (Figuras 3 e 4).



Figura 3 – Afloramento de rocha gnáissica com variação composicional. Pedreira Anhanguera, São Gonçalo, RJ.



Figura 4 – Detalhe de uma rocha gnáissica com bandamento composicional. Pedreira para extração de brita, Valença, Rio de Janeiro.

**Xisto e filito** - ausência de bandamento e presença de finas lâminas ao longo da qual a rocha pode ser quebrada mais facilmente. Em geral, sua utilização é limitada como agregado.

**Ardósia** - rocha de granulação extremamente fina com boa clivagem, normalmente utilizada na construção civil como revestimento.

**Mármore** - calcário metamórfico, amplamente utilizado como rocha ornamental.

**Quartzito** - derivada do metamorfismo do arenito, formada quase exclusivamente de quartzo. Fonte de agregados de alta qualidade.

## 2.5. Sedimentos

Os sedimentos ocorrem como depósitos residuais, coluvionares, aluvionares, marinhos ou glaciogênicos.

**depósitos residuais** - formados *in situ* pela alteração intempérica física e/ou química de rochas. Em países tropicais, a ação intempérica é intensa. Depósitos quartzosos derivados de gnaisses e granitos são de boa qualidade. Lateritas

derivam da ação do intemperismo químico de rochas ricas em minerais de ferro e são eventualmente utilizadas em locais sem outra fonte de agregados.

**depósitos coluvionares** - formados pelo movimento de massa nas encostas (depósitos de tálus). Refletem a mineralogia das rochas das quais derivam. São em geral pouco espessos.

**depósitos aluvionares** - as planícies aluvionares são importante fonte de agregados. Em geral, transportam e depositam sedimentos de granulometria areia e argila, mas em rios torrenciais em regiões de alta pluviosidade, podem depositar cascalhos, blocos e matacões.

**depósitos marinhos** - os sedimentos marinhos são em alguns países, uma opção à falta de material no continente. Em geral, apresentam baixo conteúdo de material fino, no entanto uma desvantagem é a presença de sal e conchas.

**depósitos glaciogênicos** - são depósitos derivados da ação de geleiras. Os sedimentos são heterogêneos, compostos de areia, argila e cascalho (Figura 5).

**depósitos eólico** - derivados da ação dos ventos em áreas desérticas. Em geral, são formados de areia.



Figura 5 - Depósito glaciogênico (areia, argila, cascalho e blocos), Trondjheim, Noruega.

### 3. CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS

A classificação dos agregados de uma maneira adequada a seu uso na construção civil é assunto controvertido na literatura. A ASTM (*American Society for Testing Material*) e a ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) propõem uma classificação baseada na análise petrográfica das rochas e na descrição tecnológica relacionada às propriedades físicas e mecânicas das rochas. Segundo Collins e Fox (1985), a classificação de agregados deve levar em consideração as seguintes informações: a origem do material (agregados naturais ou artificiais), a classe ou nome petrográfico, além de idade da rocha, cor, granulometria e fissilidade.

Frazão e Paraguassu (1998) e Frazão, 2006) definem os agregados como materiais granulares sem forma e volume definidos que podem ser classificados considerando a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Quanto à origem são denominados **naturais** os extraídos diretamente como fragmentos, como areia e cascalho e, os **artificiais** aqueles que passam por processos de fragmentação como britagem ou moagem. Os agregados **leves** são pedra-pomes, vermiculita, argila etc, os agregados **pesados** barita, limonita etc, e os agregados **normais** as areias, cascalhos e pedras britadas.

No entanto, parece que a classificação mais utilizada é a que considera o tamanho dos fragmentos, classificando os agregados em **finos** (até 0,2 mm), **médios** (entre 0,2 e 2 mm) e **grossos** (> 2 mm). Por vezes, a indústria utiliza valores superiores a 5 mm para os agregados grosseiros (PRENTICE, 1990).

#### 4. PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL

A primeira etapa na prospecção de agregados é a definição do tipo de material rochoso necessário, e que irá guiar a pesquisa mineral para determinados ambientes geológicos. A utilização dos mapas geológicos e visitas aos locais irão indicar: a espessura do material rochoso potencial para a extração, a relação com rochas encaixantes para estimativa da espessura e tipo de estéril, a presença de estruturas geológicas como dobras, falhas, fraturas, a composição do material rochoso e o grau de intemperismo. Essas informações irão definir o potencial geológico na região para o determinado tipo de material rochoso.

Em áreas sem conhecimento geológico básico, os métodos indiretos são bastante utilizados para a identificação de possíveis alvos prospectivos como o uso de imagens de satélite e fotografias aéreas, e levantamento geofísico de superfície. Nesse último caso, utilizado principalmente na prospecção de areia e cascalho aluvionar, os métodos utilizados são eletroresistividade, que mede genericamente a diferença de condutividade elétrica dos materiais e, a sísmica rasa que indica os limites entre materiais com velocidades sísmicas diferentes. A geofísica auxiliará também na etapa de avaliação do depósito combinado as informações de sondagens.

No entanto, a prospecção de novas áreas potenciais para a exploração de agregados deverá levar em consideração principalmente a distância do mercado, já que o transporte é o fator determinante para a extração de materiais de baixo valor. Outros fatores determinantes são a presença de estradas, a disponibilidade de suprimento de água e combustível, dentre outros.

Para a avaliação em subsuperfície do depósito, principalmente de conglomerados e areias naturais (mais rasos), utilizam-se trincheiras feitas com auxílio de retroescavadeira, quando disponível, que proporciona a visão em três dimensões do depósito e a coleta de amostras de grande volume. No caso de exploração mais profunda será necessário o uso de sondagens.

## 5. USOS E FUNÇÕES

Os agregados grossos são, em geral, utilizados como ingrediente na fabricação do concreto, ou como constituinte de estradas. Devem reagir favoravelmente com o cimento e o betume, resistir a cargas pesadas, alto impacto e abrasão severa e ser durável. Por essa razão, foram desenvolvidos testes empíricos e em laboratórios para prever o comportamento desse material. As propriedades testadas são resistência à compressão, absorção de água, resistência à abrasão, abrasividade, comportamento ao polimento, forma dos constituintes e resistência ao intemperismo (OLIVEIRA & BRITO, 1998).

Os agregados médios e finos são, em geral, utilizados para preenchimento ou para proporcionar rigidez em uma mistura. Nesse caso, a granulometria, densidade relativa, a forma das partículas (grau de arredondamento e de esfericidade) e a composição mineralógica (presença de minerais carbonáticos, minerais em placas e partículas friáveis como carvão) são parâmetros importantes.

Os agregados podem ter seus fragmentos unidos por ligantes como cimento e betume, para uso como concreto hidráulico e betuminoso, respectivamente. Quando os fragmentos são usados, sem ligantes, servem para lastro de ferrovias, filtros e enrocamentos.

Devido às características geológicas do território brasileiro, existe uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados. O tipo de rocha utilizada vai depender basicamente da disponibilidade local ou regional. A seguir são apresentados alguns exemplos:

- granito e gnaiss: são utilizadas na maioria dos estados brasileiros;
- basalto: regiões sul e sudeste (bacia do Paraná);
- calcários e dolomitos: Minas Gerais, Goiás, Bahia e norte fluminense;
- lateritas: Região Amazônica e Minas Gerais;
- areia/cascalho: maioria dos estados.

## 6. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade das rochas para aplicação na construção civil envolvem uma variada gama de ensaios e testes com objetivo de se obter parâmetros químicos, físicos, mecânicos e petrográficos (FRASCÁ & FRAZÃO, 2002). Esses procedimentos são normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Nesse capítulo serão descritos os parâmetros petrográficos. Os outros ensaios serão abordados nos capítulos que se seguem.



## 6.1. Descrição Petrográfica

A descrição petrográfica fornece informações importantes sobre a sua composição mineralógica, textura, grau de fraturamento das rochas e grau de alteração dos minerais que a compõem. Possibilita a classificação da rocha fornecendo subsídios quanto a sua aplicação. A observação da rocha é usualmente feita com auxílio de lupa e/ou microscópio petrográfico (microscópio óptico de luz polarizada e refletida).

A descrição da rocha inicia-se em campo, onde devem ser observados com auxílio da lupa os seguintes aspectos da rocha: composição mineralógica, cor, granulometria, homogeneidade, estruturas, grau de fraturamento e grau de alteração (SALES & MORAES, 2003). A amostragem da rocha em campo é muito importante para a confiabilidade e boa representatividade dos resultados obtidos durante a fase de caracterização.

A partir da amostra representativa coletada em campo, prepara-se a lâmina delgada para descrição no microscópio petrográfico (Figura 6). No caso de sedimentos não consolidados como areia e cascalho, a identificação e a caracterização dos minerais são feitas com auxílio da lupa.

Os principais parâmetros utilizados na descrição petrográfica são: identificação dos minerais, análise quantitativa dos minerais (análise modal da rocha), textura e estruturas, granulometria, relação entre grãos e alteração de minerais.

Para uma melhor visualização da forma e relação entre os grãos minerais utiliza-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) que também fornece uma análise química semi-quantitativa dos minerais.



Figura 6 – Microscópio petrográfico utilizado na descrição das lâminas delgadas.

Através da descrição petrográfica detalhada obtem-se informações importantes para a compreensão do comportamento da rocha utilizada como agregado. Por exemplo, no exame macroscópico, uma rocha pode parecer pouco alterada, enquanto que na análise da lâmina delgada, observam-se minerais parcialmente alterados, representando uma importante informação quanto à sua aplicação (Figuras 7 e 8).

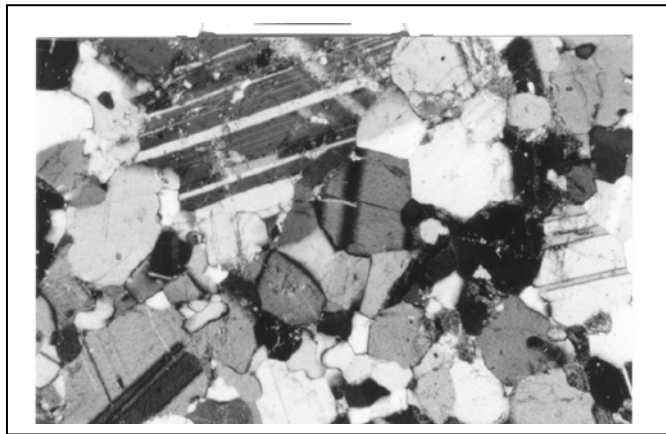


Figura 7 - Fotomicrografia de um gnaisse com grãos de feldspato parcialmente alterados. Luz polarizada, Macaé, Rio de Janeiro.

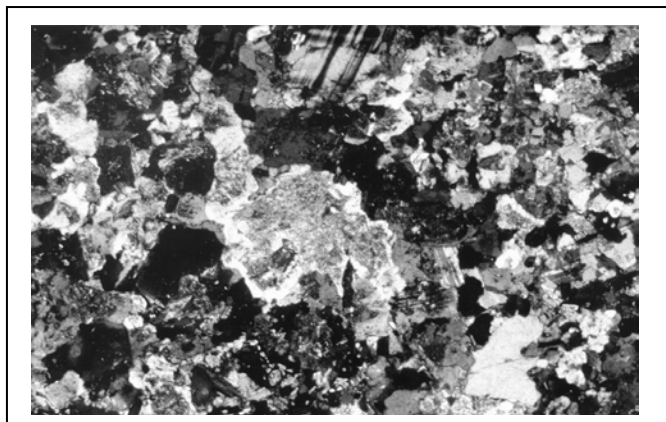


Figura 8 - Fotomicrografia de granito com grãos de feldspato alterado. Luz polarizada, Mara Rosa, Goiás.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLLINS, L. e FOX, R. A. (1985). Aggregates: sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes. The Geological Society publ., 220 p.
- FRASCÁ, M. H. B e FRAZÃO, E. B. (2002). Proposta de especificação tecnológica para agregados graúdos. *Areia & Brita*, nº 19, p. 28-33.
- FRAZÃO, E. B.; PARAGUASSU, A. B. (1998). Materiais Rochosos para Construção. In: Antônio Manoel dos Santos Oliveira; Sérgio Nertan Alves de Brito. (Org.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, Vol. único, p. 331-342.
- FRAZÃO, E. B. (2006). Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In *Agregados para a construção civil no Brasil. Contribuições para formação de políticas públicas*. Ed. Tannús, M. B. e Carmo, J. C. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral.
- MATTOS, I. C. (2002). Uso/adequação e aplicação de rochas ornamentais na construção civil – Parte I. In: *Anais do III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*. p. 2-1-6.
- MELLO, E. F. e CALAES, G. D. (2006). A indústria de brita na região metropolitana do Rio de Janeiro. UFRJ – Instituto de Geociências. 193 p.
- OLIVEIRA, A. M. S. e BRITO, S. N. A. (1998). *Geologia de Engenharia*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Oficina dos Textos, 582p.
- PETTIJOHN, F. J. (1975). *Sedimentary Rocks*. New York: Harper & Row, 3ª ed.
- PRENTICE, J. E. (1990). *Geology of Construction Materials*. Topics in the Earth Sciences, nº 4, Chapman and Hall ed. 202p.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J. AND JORDAN, T. H. (2006). *Understanding Earth*, Bookmans Ed., Tradução Menegat R., 656 p.
- SALES, F. A. C. B. e MORAIS, J. O. (2003). Proposta metodológica de pesquisa para rochas ornamentais. In: *Anais do IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*. p. 2-12.



CAPÍTULO

---

---

5

---

# NORMAS TÉCNICAS E CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS AGREGADOS

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

Salvador Luiz Matos de Almeida  
Engenheiro Metalurgista pela UFRJ, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI



## 1. NORMAS TÉCNICAS

Para atender aos requisitos da indústria de construção civil, os agregados devem ser previamente submetidos a uma caracterização tecnológica, de forma a avaliar as suas principais propriedades físicas, mecânicas, petrográficas/mineralógicas, químicas, visando as suas diferentes aplicações: concreto hidráulico, lastro de ferrovia, pavimentos betuminosos, enrocamento, argamassa, meio filtrante, drenagem, controle de erosão etc. (SMITH & COLLIS, 2001; LOEMCO, 2003).

Nessa caracterização tecnológica, para obter resultados confiáveis e reprodutíveis, torna-se necessário a utilização de procedimentos laboratoriais normalizados que, no caso do Brasil são as Normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), homologadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO. Existem outras instituições internacionais (ASTM, DIN, BS) que servem como referência para a realização dos ensaios tecnológicos com os agregados, no entanto, no presente trabalho, focaremos as Normas ABNT.

Segundo Frazão (2007), outra forma também de avaliar a qualidade de uma rocha é usar informações do seu desempenho apresentado em obras e compará-lo com os resultados obtidos em ensaios de laboratório.

A partir das Normas ABNT e de Normas do DNER (DNIT), são relacionados os principais ensaios (Tabela 1) utilizados na caracterização tecnológica de agregados para a construção civil. Pelas características físico-químicas desses ensaios, estes podem ser classificados (SMITH & COLLIS, 2001; CLAUDE, 2000) em: Ensaios físicos; Ensaios mecânicos e Ensaios químicos.

Tabela 1 – Normas de caracterização tecnológica de agregados para os principais usos na construção civil.

Propriedades	Usos		
	Concreto hidráulico	Concreto betuminoso	Lastro
Amostragem	NBR NM 26	nn	NBR 11541
Terminologia	NBR 7225/9935/9942	NBR 6502	nn
Petrografia de materiais naturais	NBR 7389	NBR 7389	nn
Granulometria	NBR 7217	NBR 7217	nn
Materiais Pulverulentos	NBR 7219	np	NBR 7219
Impurezas orgânicas	NBR NM 49/7221	np	NBR 7220
Argilas e torrões e materiais friáveis	NBR 7218	np	NBR 7218
Massa específica, porosidade e absorção d'água	NBR 6458	NBR 6458	NBR 6458

Tabela 1 – Normas de caracterização tecnológica de agregados para os principais usos na construção civil. (Continuação).

Propriedades	Usos		
	Concreto hidráulico	Concreto betuminoso	Lastro
Forma	NBR 7809	ME 86	NBR 6954
Massa unitária	NBR 7251/7810	np	nn
Adesividade	np	NBR 12583/12584	np
Reatividade	NBR 9773/9771/10340	np	np
Sais solúveis	NBR 9917	np	np
Alterabilidade	NBR 12696/12697	ME 89	NBR 7702
Abrasão	NBR 6465	NBR 6465	NBR 6465
Impacto	nn	nn	NBR 8938
Esmagamento	NBR 9938	ME 42	nn
Compressão	nn	nn	NBR 6953
Polimento			BS.812 Parte 114

Frazão (2007) modificado e atualizado

Notas: NBR = Norma ABNT homologada pelo INMETRO; ME e IE = Norma DNER; nn = não normalizada; np = não pertinente; NM = Norma Mercosul elaborada no âmbito do Comitê Setorial Mercosul.

## 2. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

As propriedades e o comportamento de muitos materiais (concreto, argamassa, cimento etc) preparados com agregados, dependem da natureza da rocha (mineralogia, propriedades mecânicas e físicas), das condições de lavra e processamento (características geométricas e distribuição granulométrica) e das proporções que entra cada um dos agregados. A caracterização tecnológica dos agregados para determinar as suas propriedades visando ao seu uso na construção civil, é de vital importância, visto que os ensaios de laboratório têm dupla finalidade – quantificar as propriedades físicas, mecânicas e químicas, de forma a orientar a dosagem correta do concreto e de outros materiais e antecipar seu comportamento futuro, quando em serviço (TOURENQ & DENIS, 2000; LOEMCO, 2003; FRAZÃO, 2002; FRAZÃO, 2007).

Gomes & Romualdo (2002) propuseram uma metodologia de avaliação de materiais rochosos visando ao seu uso como agregados na construção civil. São usados dois módulos principais, um destes aborda uma análise qualitativa sobre as informações geológicas e geotécnicas tradicionais e mais simples de serem obtidas e o outro módulo se apropria em resultados de ensaios tecnológicos de forma a avaliar quantitativamente os materiais. Por fim, estes são classificados em 4 níveis hierárquicos de qualidade, para orientar os usuários.



Esses mesmos autores relacionam algumas características consideradas indispensáveis quando do uso de agregados, em particular em misturas de concreto de cimento *Portland* e ligantes betuminosos, como apresentado a seguir:

- Tamanho das partículas;
- Forma das partículas;
- Textura superficial;
- Porosidade;
- Estrutura dos poros;
- Densidade;
- Variação volumétrica;
- Condutividade térmica;
- Grau de fraturamento;
- Resistência;
- Reação álcali-sílica;
- Reação álcali carbonato;
- Presença de minerais metálicos;
- Presença de sulfetos;
- Presença de zeólitas e
- Presença de periclásio

### **2.1. Propriedades que Influenciam as Características Tecnológicas dos Agregados**

- Petrografia e composição mineralógica:
  - matéria orgânica;
  - sais minerais;
  - partículas finas ou material pulverulento < 75 µm;
  - partículas macias e friáveis;
  - minerais reativos (reações álcali agregado, álcali-sílica, álcali-silicato, álcali-carbonato);
  - argilas em torrões e materiais friáveis;
  - grau de alterabilidade;
  - textura;
  - forma do grão;
  - granulometria;
  - natureza do cimento da rocha;
  - porosidade;
  - permeabilidade;
  - adesividade;
  - absorção e retenção de água.

### 2.1.1 - Petrografia e Composição Mineralógica (NBR 7389)

Segundo Soles (1984), a petrografia é a principal ferramenta usada para caracterização de agregados e concretos e consta de estudos da composição e textura das rochas e sua classificação. Esses estudos fornecem informações úteis para prever o comportamento dos agregados, o seu beneficiamento, quando necessário, e identificar as causas das falhas no concreto.

Um estudo petrográfico de uma rocha tem como objetivo: i) classificar a rocha; ii) auxiliar na avaliação do desempenho do agregado; iii) identificar os potenciais constituintes deletérios presentes (SMITH & COLLIS, 2001). Esse estudo fornece informações importantes sobre sua composição mineralógica, textura, tamanho dos grãos, se estes estão inter-relacionados ou encontram-se isolados em uma pasta homogênea ou simplesmente se a forma desses grãos é lamelar ou apresenta porosidade, grau de fraturamento das rochas que determina o comportamento desta no processo de britagem e grau de alteração dos minerais. Num exame macroscópico, uma rocha pode parecer pouco alterada, no entanto numa análise em lâmina delgada, observam-se minerais parcialmente alterados. Essas informações fornecem dados importantes para a classificação da rocha e subsídios quanto à sua aplicação (BERTOLINO *et al.*, 2012; LOEMCO, 2003; FRAZÃO, 2007).

#### **Matéria Orgânica NBR NM 49/7221**

A matéria orgânica poderá ocorrer nos agregados, principalmente na areia natural, sendo resultante da decomposição de vegetais, formando húmus, lodo orgânico, turfa etc. Quando presente em quantidades significativas (> 300 ppm), o seu uso em argamassa ou concreto poderá causar um desfiguramento, sem, no entanto, afetar a durabilidade. Essas impurezas orgânicas poderão ser separadas em um líquido denso de densidade abaixo de 2, no qual a matéria orgânica flutuará, facilitando a sua separação, para identificação. Pode ser considerado mais sério, a presença de compostos orgânicos que contribuem para retardar ou inibir a hidratação do cimento Portland (SMITH & COLLIS, 2001). O importante não é determinar o orgânico total, mas o tipo de orgânico que controla o retardamento da pega e do endurecimento do concreto. (SMITH & COLLIS, 2001).

Essa norma NBR NM 49 apresenta o método de determinação colorimétrica de impurezas orgânicas em agregado miúdo (areia) destinado ao preparo de concreto. Esta consiste, basicamente, em comparar a cor de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, na qual o agregado foi imerso, com a cor de uma solução padrão à base de hidróxido de sódio e ácido tânico. Esclarecemos que esta norma não determina substâncias orgânicas como óleos, graxas e parafinas.

### **Material Pulverulento ou Partículas Finas (NBR 7219)**

São materiais de granulometria inferior a 0,074 mm (< 200 malhas), inclusive os materiais solúveis presentes no agregado. A natureza desse material, dependendo da proporção que ocorra no agregado miúdo (areia), poderá influenciar significativamente as propriedades do concreto. As proporções de argilas (< 2 µm) e silte (2 a 75 µm) influenciam as propriedades da areia. Quando essas argilas estão dispersas ou na forma de torrões contendo minerais que incham na presença de água, poderão trazer problemas na aplicação do concreto. Um dos principais efeitos deletérios desse material pulverulento é aumentar a demanda de água para o concreto, de forma a atingir uma determinada trabalhabilidade. A norma ASTM impõe um limite de 7% de material pulverulento ou 5% se o concreto é sujeito a abrasão.

No caso desse material pulverulento encontrar-se na granulometria de silte (2 a 75 µm), considera-se menos prejudicial e não chega a interferir na cristalização dos produtos do cimento, não influencia na aderência e poderá até mesmo apresentar vantagens, corrigindo a distribuição granulométrica do agregado miúdo (areia) ou do cimento.

Quando o material pulverulento recobre as partículas de areia, impede que sobre estas ocorra a cristalização dos componentes do cimento, contribuindo para reduzir a sua compressão uniaxial em 20 a 30% e ainda mais na resistência à tração.

No caso do material pulverulento ser calcário, poderá apresentar vantagem, aumentando a tensão de ruptura na compressão do concreto em valores de até 10%, caso os finos representem 7% (peso) sobre a massa do cimento.

### **Sais Minerais (NBR 9917)**

A presença de sais nos agregados pode ser avaliada pela NBR 9917. Os principais minerais e compostos prejudiciais ao concreto são os sais de chumbo e zinco, os óxidos de ferro, sulfatos, sulfetos e cloretos. Os sais minerais, quando presente nos agregados, provocam mudanças na pega e no endurecimento da pasta, contribuindo também para deteriorar o concreto (FRAZÃO, 2002 e 2007).

Segundo, ainda, este autor, os cloretos podem estar presentes no agregado ou vir da água em contato com o concreto. Esses contribuem para alterar a pega e a velocidade de endurecimento do concreto, no entanto não reagem com os componentes de cimento e em face disto, são considerados como não danosos para o concreto comum. Por outro lado, quando se trata de concreto armado, os cloretos reagem com a armadura do concreto, provocando redução do aço. Enquanto a corrosão provocada pelos sulfetos é classificada como pontual, a provocada pelos cloretos é generalizada.

Os sulfetos de ferro (pirita, marcassita e pirrotita) são, com frequência, encontrados nos agregados naturais. Sabe-se que a marcassita normalmente ocorre em rochas sedimentares e que esta se oxida muito rápido, para formar ácido sulfúrico e hidróxidos de ferro. O ácido provoca corrosão no aço do concreto armado ou protendido e, portanto, a presença da marcassita é extremamente indesejável no agregado. Esses sulfetos – marcassita, pirita e pirrotita, podem provocar mudanças de volume expansivas no concreto, provocando fissura e expansões localizadas (SELMO, 1994).

Segundo ainda esta mesma autora, os sulfatos – gipsita e anidrita podem ser encontrados com a areia e o pedregulho e, se presentes no agregado, aumentam a possibilidade de ataque, por sulfatos, ao concreto (SELMO, 1994).

### **Minerais Reativos (NBR 9773/9771/10340)**

Têm sido investigadas, por muitos anos, as diversas formas de reação que ocorrem no concreto, entre os agregados e hidróxidos alcalinos proveniente da mistura do concreto. Os mecanismos físico-químicos envolvidos são complexos e as pesquisas prosseguem para compreender e revelar novas características.

As reações mais prejudiciais entre o cimento e os agregados, na preparação do concreto, são as reações denominadas de álcali-sílica, álcali-silicato e álcali-carbonato. Estas ocorrem quando estão presentes, no agregado, minerais do grupo da sílica, como opala, calcedônia, ou do grupo dos silicatos como vermiculita, ilita, esmectita e do grupo dos carbonatos como dolomita. Os principais efeitos da reatividade álcali-agregado são aquelas que provocam a expansão e quebra do concreto. Como consequência, tem-se o desalinhamento da estrutura, ameaçando a integridade estrutural (SMITH & COLLIS, 2001).

#### *Reação álcali-agregado -RAA*

Em 2004, ocorre o colapso do edifício Areia Branca, na Praia de Piedade, região metropolitana de Recife. Este fato chamou bastante a atenção do setor de construção civil, levando o CREA-PE a designar uma comissão para estudar as causas que contribuíram para o desabamento do edifício Areia Branca. Uma das primeiras constatações dessa Comissão é que este fenômeno (reação álcali-agregado) tem sido pouco estudado pelo meio técnico. Consiste de uma reação química lenta, na qual alguns constituintes do agregado, na presença de água, reagem com hidróxidos alcalinos provenientes do cimento ou de outras fontes, formando um gel expansivo (CICHINELLI, 2010).

Segundo especialistas consultados pela Comissão do CREA-PE, os casos registrados na literatura sobre colapsos repentinos de estrutura, como consequência do fenômeno de reações álcali-agregado, são relativamente raros. Esta reação ocorre em períodos longos de pelos menos 60 anos.

As principais causas da *RAA* são a ocorrência de uma quantidade mínima de álcalis do cimento ou de outras fontes, existência de minerais reativos no agregado e a presença da água. O principal sintoma da *RAA* no concreto é a fissuração, muito embora esta possa também estar relacionada a outras causas como retração por secagem ou por origem térmica, ataque de sulfatos e carregamento relacionado ao dimensionamento das peças (CICHINELLI, 2010).

#### *Reação álcali-sílica*

A ruptura do concreto resultante da sua expansão pode ser o resultado de reações entre determinados minerais no agregado e metais alcalinos (sódio e potássio) presentes no cimento. A reação mais conhecida é a de álcali-silica, onde os produtos (silicatos alcalinos) formados ocupam maior volume, gerando tensões que provocam o rompimento da estrutura do concreto. Essa reação poderá ocorrer quando o agregado contém sílica mal cristalizada, na forma de tridimita, cristobalita, opala, calcedônia, ou na forma vítrea (SMITH & COLLIS, 2001).

Essas reações poderão ser evitadas, controlando o teor de álcalis no cimento e sempre que possível, evitar o uso de agregados que contenham minerais reativos. Para tal, é da maior importância que os agregados tenham sido submetidos a uma rigorosa caracterização petrográfica e mineralógica, além dos ensaios de reatividade recomendados pelas normas ABNT. Há três métodos para avaliar o potencial de reatividade alcalina de um agregado: i) identificação das formas de sílica potencialmente reativa – estudo completo de petrografia e mineralogia; ii) medir diretamente a expansão como é feito no teste de barra da argamassa e no teste de prisma do concreto; iii) os diferentes testes, por exemplo, usando tratamento com hidróxido de sódio para identificar a reatividade do concreto (SMITH & COLLIS, 2001; FRAZÃO, 2007).

#### *Reação álcali-carbonato*

As reações álcali-carbonato são menos comuns e envolvem rochas carbonáticas do tipo dolomita. As reações resultantes da presença de rochas carbonáticas podem ser tanto expansivas quanto não expansivas. A presença de dolomita em proporções significativas é deletéria.

#### *Reação álcali-silicato*

Esta se refere às reações envolvendo filossilicatos tais como vermiculita, clorita e mica presentes em rochas do tipo filito, argilito etc. Sabe-se que as reações são bastante difíceis de serem caracterizadas, no entanto podem ser expansivas. Em algumas situações, a principal causa da expansão pode ser atribuída à formação e inchamento de um gel álcali-silicato, associado à presença de sílica, em granulometria muito fina disseminada na rocha (SMITH & COLLIS, 2001).

### Argilas em Torrões e Materiais Friáveis (NBR 7218)

De acordo com esta norma, definem-se argilas em torrões e materiais friáveis, como partículas que poderão ocorrer nos agregados e são passíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador. Essas, por apresentarem baixa resistência mecânica, contribuem para modificar as propriedades físicas do concreto. Como indesejável, pode ser registrado, ainda, o caso desses torrões conterem argilominerais do grupo da esmectita, que se hidratam muito facilmente, resultando numa alta capacidade de inchamento (BALTAR *et al.*, 2003; LUZ & OLIVEIRA, 2008).

#### 2.1.2 - Grau de Alterabilidade (NBR 7389)

No estudo de caracterização petrográfica de materiais naturais para utilização em concreto, deve-se, de acordo com a NBR 7389, avaliar a integridade dos grãos minerais contidos no agregado e classificar a amostra estudada de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Avaliação do grau de alteração.

Grau de alteração	Características
Rocha sã	Os minerais essenciais conservam suas características de cor e brilho. A rocha, a olho nu, não apresenta evidências de alteração.
Rocha pouco alterada	A rocha ainda apresenta sua integridade física praticamente preservada, porém observam-se aspectos incipientes de alteração nos seus constituintes mineralógicos.
Rocha alterada	Os minerais essenciais não conservam mais suas características de cor e brilho. São expressivos os aspectos relativos à friabilidade, porosidade, fissuração e diminuição da massa específica. Alguns minerais podem servir como elemento-índice para avaliação da alteração: feldspatos amarelados, impregnados por óxidos de ferro e parcialmente pulverulentos; minerais ferromagnesianos apresentam-se parcial ou totalmente oxidados.

Fonte: NBR 7389

#### 2.1.3 - Forma do Grão (NBR 7809/6954 e ME) e Textura Superficial

A forma e a textura dos agregados tem mais influência nas propriedades do concreto quando no estado fresco, do que no concreto endurecido. Quando se compara as partículas lisas e arredondadas, com as partículas de textura áspera, angulosas e alongadas, estas demandam mais pasta de cimento para produzir misturas trabalháveis, aumentando portanto os custos do concreto (SELMO, 1994).

As rochas ao serem britadas adquirem diferentes formas (Figura 1A e 1B) e estas refletem as suas características petrológicas e petrográficas. Por exemplo, quartzitos, gnaisses, arenitos estratificados e xistos produzem formas lamelares. Os basaltos, quando compactos, produzem agregados de forma cúbica.

Partículas formadas por atrito perdem os vértices. Este é o caso de areias de depósitos eólicos e areias de pedregulho de leitos de rio, que apresentam, geralmente, uma forma arredondada. Rochas intrusivas britadas apresentam vértices e arestas bem definidas e são classificadas quanto à sua forma, como angulosas. Rochas calcárias estratificadas, arenitos e folhelhos, geralmente produzem fragmentos alongados e achatados, em particular quando é usado britador de mandíbula no seu beneficiamento (SELMO, 1994).

A forma dos agregados tem uma importância muito significativa para o concreto de cimento Portland e quando apresenta elevada cubicidade, melhora a trabalhabilidade do concreto; no caso do concreto betuminoso, o menor índice de vazio do agregado, aumenta a compactação do lastro ferroviário e do enrocamento de barragem (FRAZÃO, 2007).

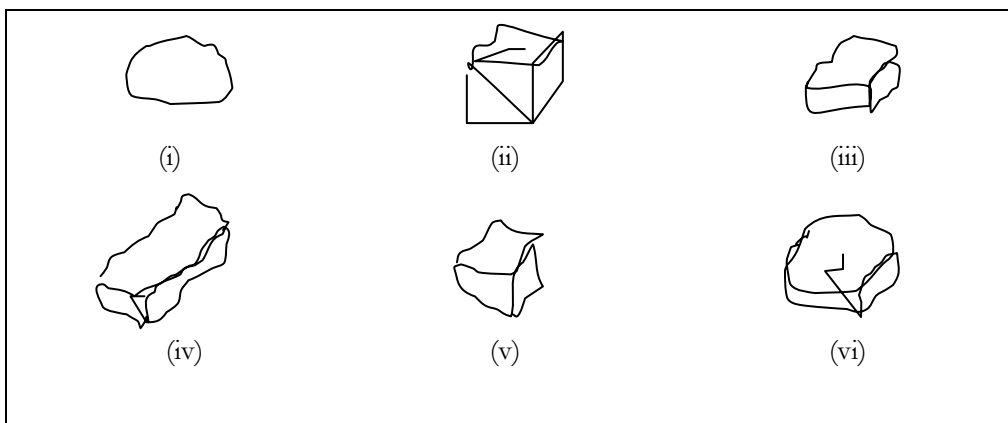


Figura 1A – Diferentes formas dos grãos de um agregado: i) arredondada; ii) cúbica; iii) prismática; iv) alongada; v) angular, vi) lamelar.



Figura 1B – Agregado de Calcário da Formação Bambuí, empresa Brita Verde, São José da Lapa-MG.

Os procedimentos para determinar a forma dos grãos de um agregado, baseiam-se na medida direta de suas dimensões. A largura do grão geralmente representa o tamanho do agregado, já que corresponde à menor dimensão da peneira que deixa passar a partícula.

Avalia-se a textura superficial de um agregado, pelo grau de quanto a superfície do agregado é lisa ou áspera. Essa avaliação é feita de forma visual e depende da dureza, granulação e porosidade da rocha matriz e de quanto ficou exposta a ação de atrito. Há evidências de que a resistência do concreto, principalmente a resistência à flexão, pode ser influenciada pela textura do agregado.

#### 2.1.4 - Granulometria (NBR 7217)

A granulometria dos agregados é uma propriedade muito importante, visto que no concreto de cimento Portland, pavimento betuminoso, lastro de ferrovia, filtro e enrocamento são usados na forma granular.

A distribuição granulométrica do agregado tem uma relação significativa com o índice de vazio do agregado e influenciará no grau de compacidade do concreto e do pavimento. Quanto menor o índice de vazios do agregado, menor o consumo de cimento no concreto hidráulico e menor o consumo de betume no concreto betuminoso para pavimento. No caso de lastro ferroviário e de enrocamento, quanto menor o índice de vazio, menor permeabilidade.

A análise granulométrica é realizada por peneiramento a seco usando equipamento mecânico vibratório (Foto 1) ou manual. Os resultados são expressos em % (peso) retido em cada fração ou retido acumulado. Segundo a Norma ABNT (NBR 7217), são usadas duas séries de peneiras, sendo uma denomina normal e a outra auxiliar, com aberturas intermediárias, para auxiliar na elaboração da curva granulométrica. A escala mais usada no Brasil (Tabela 2) e no mundo é a Série Tyler, com malhas de abertura quadrada, razão de escala  $r = \sqrt{2}(1,414)$ , abertura de referência de 74  $\mu\text{m}$  (CORREIA, 2010).

Tabela 2 – Série de peneiras usadas no Brasil para realização de análise granulométrica em agregados da construção civil.

Serie Normal -#(mm)	Série Intermediária -#(mm)
150	-
-	100
76	-
-	50
38	-
-	25
19	-
-	12,5
9,5	-
-	6,3



Tabela 2 – Série de peneiras usadas no Brasil para realização de análise granulométrica em agregados da construção civil. (Continuação).

Serie Normal -#(mm)	Série Intermediária -#(mm)
4,8	-
2,4	-
1,2	-
0,6	-
0,3	-
0.15	-

Na Tabela 3 encontra-se uma análise granulométrica realizada com uma areia lavada do Rio Guandu e a determinação do módulo de finura.

Tabela 3 – Análise granulométrica com uma areia lavada do Rio Guandu-RJ.

Malha	Retido (g)	% (peso) retido	% (peso) retido acumulado	Σ % (peso) retido acumulado
4	7,25	0,73	0,73	0,73
8	46,28	4,64	5,37	6,09
14	238,8	23,94	29,30	35,39
28	249,34	24,99	54,29	89,69
48	270,1	27,07	81,36	173,05
100	139,55	13,99	95,35	266,40
-100	46,37	4,65	-	<b>Módulo de finura</b> <b>266,40:100=2,66</b>
Total	997,69	100	100	



Foto 1 – Peneirador tipo Ro-TAP para análise granulométrica a seco.

A análise granulométrica é uma informação muito importante para a caracterização tecnológica do agregado. Nessa, duas informações básicas são obtidas: i) o tamanho máximo dos fragmentos é aquele que apresenta 5% (peso) de material retido; ii) determinação do módulo de finura (MF) - a soma da % peso retido acumulada em cada uma das peneiras da série normal, dividido por 100. Com esta informação, as areias (agregado miúdo) são classificadas para uso em concreto em:

Areia Módulo de Finura

Grossa (MF > 3,9)

Média (3,9 > MF > 2,4)

Fina (MF < 2,4)

### 2.1.5 - Ensaio Físicos

*Porosidade*, Massa Unitária, Massa Específica e Absorção de Água (NBR 6458/7251/7810).

**Porosidade** - Define-se porosidade de uma rocha, como a relação entre o volume de poros e o volume total da rocha, expresso em percentagem. A avaliação da porosidade de uma rocha é da maior importância, visto que esta influencia a circulação de fluidos no interior da rocha, condicionando as suas diversas propriedades hídricas: permeabilidade, absorção de água, umidade, dessorção, sucção capilar etc. Essas propriedades podem influenciar a degradação das características físicas da rocha (LOEMCO, 2003).

**Massa Unitária** - Também conhecida por densidade aparente (bulk density) de um agregado, reflete, em parte, seu conteúdo de vazio de um determinado grau de compactação, sendo uma medida indireta da forma e granulometria do agregado. A massa unitária dos agregados varia entre 1200 a 1800 kg/m<sup>3</sup> para um agregado normal e 500 a 1000 kg/m<sup>3</sup> para um agregado leve. Estas propriedades são importantes na formulação das misturas de volume para proporções em peso, nas misturadoras de concreto (SMITH & COLLIS, 2001).

**Massa Específica** - A terminologia dos agregados (NBR 9935) define dois tipos de massa específica:

- massa específica na condição seca, como a relação entre a massa do agregado seco e o seu volume, excluídos os vazios permeáveis;
- massa específica na condição saturada superfície seca, como a relação entre a massa do agregado na condição saturada superfície seca e seu volume, excluídos os vazios permeáveis.

**Absorção e Retenção de Água** - Esta se define como o volume de poros da rocha acessível a água. É determinada pela diferença de peso entre o agregado saturado e o seu peso seco. A absorção de água pode ser considerada também como uma medida indireta da permeabilidade de um agregado que, de certa forma, pode

estar relacionada com outra propriedade física, tal como esforço mecânico, retração etc. e sua potencial durabilidade. São relações imprecisas, mas em geral quanto menos água absorve o agregado, tende a ser mais resistente às forças mecânicas e ao intemperismo (SMITH & COLLIS, 2001). Uma absorção de água < 1% é considerada aceitável.

Um agregado poderá se expandir por três razões: i) a água absorvida pelo agregado congela, aumentando assim o volume total do agregado; ii) a água é adsorvida por fase higroscópica, aumentando assim o seu volume; iii) reações entre cimento e agregado produzem compostos higroscópicos (SOLES, 1984).

**Congelamento de água absorvida** - Este problema de aumento de volume no agregado é comum em rochas de fraca ligação, tamanhos de grãos variáveis e baixa porosidade, tais como folhelho, siltitos e arenitos impuros de baixo grau de endurecimento (compactação). Isto pode ser previsto pela cor, friabilidade e mineralogia, no entanto a resistência ao congelamento ou descongelamento é melhor avaliado por testes de absorção (ASTM C-127, C-128).

#### *a) Adesividade aos Ligantes Betuminosos (NBR 12583/12584)*

Esta é uma propriedade da maior importância para os agregados usados no concreto betuminoso para pavimentação de estradas e ruas. Esse é também conhecido como asfalto – produto obtido pela compactação de agregados minerais com o subproduto da torre de destilação de petróleo, o qual é definido como cimento asfáltico de petróleo. Estudos realizados por (MURGICH *et al.*, 1995) e citado por (RIBEIRO *et al.*, 2005) identificaram duas estruturas principais no cimento asfáltico de petróleo – os asfaltenos e os maltenos. Estudos realizados por este autor sobre a interação entre os constituintes dos cimentos asfálticos de petróleo e os agregados minerais, na formulação do asfalto, indicaram que os asfaltenos são os responsáveis principais pela adsorção cimento asfáltico de petróleo-agregados minerais e que a presença dos maltenos prejudica a adsorção.

É necessário que o ligante molhe o agregado, recobrando-o totalmente e que haja resistência ao descolamento do ligante pela ação da água e o tráfego, passível de deixar o agregado descoberto. Na adesividade do agregado aos ligantes hidrocarbonetos, há indicações da influência de fatores tanto físicos (textura e porosidade do agregado, viscosidade e tensão superficial do ligante, espessura da película do ligante etc) quanto químico (constituintes do ligante e o tipo de agregado mineral) (LOEMCO, 2003).

A adesividade é um fenômeno eletrostático e por isso torna-se uma propriedade específica que depende do tipo de ligante e do tipo de rocha. Ligantes betuminosos (levemente carregados de cargas negativas) aderem melhor a rochas carregadas positivamente, tais como rochas básicas ígneas e

metamórficas, dolomitos, calcários, bauxitos etc. Ligantes aos quais são adicionados agentes catiônicos (tais como aminas) melhoram as propriedades de adesão sobre rochas ácidas carregadas negativamente (SMITH & COLLIS, 2001).

Segundo Frazão (2007) existem dois métodos específicos de avaliação da adesividade de misturas betuminosas sobre agregados: método Riedel-Weber e o método RRL.

#### *b) Polimento (BS 812 Parte 114)*

Este ensaio reproduz de forma acelerada, o polimento que é submetido o agregado sob a ação de tráfego real nas estradas, resultando em um coeficiente polido mantendo uma correlação com o coeficiente de resistência ao deslizamento que se mede sobre os pavimentos, o que reflete o grau de deslizamento da superfície.

O equipamento de polimento acelerado simula a ação de pneus sobre amostras de agregado sobre resina de poliéster montada em moldes padrão de um aro de aço que gira (Foto 2).



Foto 2 – Máquina de polimento acelerado.

#### *Tenacidade*

A propriedade que a rocha tem de resistir a impacto ou choque mecânico por essa sobre um corpo sólido, é denominada de tenacidade. Quando o agregado destina-se ao uso em lastro ferroviário e pista de pouso de aviões, a tenacidade passa a ser uma propriedade da maior importância.

A resistência ao impacto (NBR 8938) é realizada por meio do ensaio *Trenton*, no qual fragmentos de rochas são golpeados dez vezes por um cilindro metálico que se desloca em queda livre, através de um tubo guia, também metálico (Foto 3) Os resultados são expressos em % em peso, abaixo de uma granulometria preestabelecida. (FRAZÃO, 2007).



Foto 3 – Equipamento para teste de impacto de agregado.

### *Propriedades Térmicas*

O concreto pode sofrer contração e expansão devido às variações de temperatura. Quando aquecido, o concreto se expande uniformemente, se a temperatura varia de 0-60°C. Um dos fatores que mais afetam o coeficiente térmico de expansão linear do concreto, é o tipo de agregado. Como o concreto é constituído essencialmente de agregado, a sua expansão depende da composição mineralógica do agregado. O coeficiente de expansão para minerais silicosos como o quartzo é de 12 microtensões/°C, superior a calcita (1 – 5 microtensões/°C) presente nos calcários. A expansão térmica do concreto aumenta quando a rocha do agregado tem maior conteúdo de sílica (SMITH & COLLIS, 2001).

### **Desgaste Abrasão (NBR 6465)**

Segundo esta Norma, Abrasão *Los Angeles* é o desgaste sofrido pelo agregado, quando colocado com uma carga abrasiva, submetida a um determinado número de rotações desta máquina (Foto 4) à velocidade de 30 a 33 rpm.

Neste teste, o agregado é submetido a uma combinação de atrição e impacto, sendo este último mais significativo. Os índices da abrasão *Los Angeles* são influenciados pelas mesmas características geológicas e *clásticas* que afetam os testes de impacto e de britagem, expressos na forma de índices de britagem e impacto (SMITH & COLLIS, 2001). Segundo este mesmo autor, há uma correlação entre os valores de abrasão *Los Angeles* e britagem.

No caso do agregado, na forma de fragmento, ser usado para concreto, lastro de ferrovia e em pavimento de estrada ou de rua, estará sujeito a desgaste tanto no processo construtivo quanto em serviço. Sendo assim, a técnica usada para avaliar o potencial de desgaste dos agregados, é o ensaio de abrasão *Los Angeles*.



Foto 4 – Medidor de Abrasão *Los Angels*.

### **Esmagamento (NBR 9938 e ME 42)**

Neste ensaio de esmagamento, também denominado de ensaio de impacto, uma amostra padrão, na granulometria entre 10 e 14 mm, é submetida a cargas descontínuas na forma de 15 sopros de um martelo ou pistão (Foto 3) com peso de 13,5 a 14,1 kg, caindo de uma altura de  $381,5 \pm 6,5$  mm (BS 812). A amostra sofre uma degradação produzindo finos. O material desagregado é peneirado em 2,36 mm. O material passante em % peso, em relação ao material inicial, é o valor de impacto do agregado e usado como um indicador da resistência à granulação.

### **Compressão Uniaxial (NBR 6953)**

Esse ensaio é normalizado e poderá ser realizado em uma rocha testemunho de 1". A correlação estabelecida entre o desempenho da rocha na forma intacta e a forma do agregado, não é consistente.

Quando uma rocha é submetida a um esforço superior ao que esta pode suportar, a rocha se rompe. Esse esforço é representado por um valor denominado de tensão de ruptura.

Para realização desse ensaio, coloca-se um corpo de prova entre os pratos de uma prensa mecânica, que comprime esse corpo de prova até que ocorra a sua ruptura (Foto 5).

Esses ensaios se prestam para caracterizar a rocha quando esta se destina ao uso com agregados.



Foto 5 – Compressão uni-axial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALTAR, C. A. M.; Luz, A. B.; Oliveira, C. H.; Aranha, I. B. (2003). Caracterização e Modificação Superficial de Bentonitas Brasileiras. In: Insumos Minerais para Perfuração de Poços de Petróleo, Carlos Adolpho M. Baltar e Adão B. Luz (Editores), p. 21-46, CETEM/UFPE, 2003.
- BERTOLINO, L. C.; Palermo, Nely; Bertolino, A. V. F. A. (2012). Geologia. In: Manual de Agregados da Construção Civil Adão B. Luz e Salvador Almeida (Editores), Nesta publicação.
- CICHINELLI, G. C. (2010). Álcali-agregado: Reação Perigosa ([www.revistatechne.com.br](http://www.revistatechne.com.br))
- CORREIA, J. G. (2010). Classificação e Peneiramento. In: Tratamento de Minérios 5ª Edição, Adão B. Luz, João A. Sampaio e Silvia Cristina A. França (Editores), Capítulo 6, p. 257 - 296, CETEM/MCT, 2010.
- FRAZÃO, E. B. (2002). Caracterização tecnológica das rochas. In: Tecnologia de Rochas na Construção Civil, Capítulo 7, p. 33-84, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.
- FRAZÃO, E. B. (2007). Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In: Agregados para a construção civil no Brasil, Capítulo 1, p. 25-74. Marcos Bartasson Tannús e João César Cardoso do Carmo (organizadores), Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – MME, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.
- GOMES, R. L.; Rodrigues, J. E. (2002). Sistema de avaliação de materiais rochosos para uso como agregados. p. 24-32, Revista Areia e Brita, abril/maio/junho, nº 18, publicação trimestral da ANEPAC.
- LOEMCO - Laboratorio Oficial para Ensayos de Materiales de Construcción (2003). Aridos: Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones; Capítulo 15 – Propiedades Básicas de Los Aridos, p. 343-357; Capítulo 17-Aridos para Drenaje, Filtración y Control de La Erosión, p. 393-404; Carlos López Jimeno (Editor), Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas da Universidad Politécnica de Madrid, 2003.
- LUZ, A. B.; Oliveira, C. H. (2008). Argila – Bentonita. In: Rochas e Minerai Industriais-Usos e Especificações, Adão B. Luz e Fernando Lins (Editores), Capítulo 11, p. 239-263, CETEM/MCT, 2008.
- RIBEIRO, R. C. C.; Correia, J. C. G.; Seidl, P. R. (2005). Interação entre Cimentos Asfálticos e seus Constituintes com agregados Minerai na formação do Alfalto. Série Tecnologia Mineral, nº 84-CETEM/MCT, 2005.
- SELMO, S. M. S. (1994). Agregados. In: Concreto – Estrutura, Propriedades e Materiais, Capítulo 7, p. 239-272, P. kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (Editores), São Paulo, 1994.

- SMITH, M. R.; Collis, L. (2001). Description and Classification of Aggregates, Chapter 6, p. 145-168; Sampling and Testing, Chapter 7, p. 167-197; Aggregates for Concrete; Chapter 8, p. 199-223; Aggregates in bituminous bound construction material, Chapter 11, p. 255-284. In: Aggregates - Sand, gravel, and crushed rock aggregates for construction purposes, Edited by M. R. Smith and L. Collis, Third Edition, Published by The Geological Society London, 2001.
- SOLES, A. J. (1984). Mineral Aggregates and Concrete Instability. In: Process Mineralogy III, Edited by William Petruck., Society of Mining Engineering - AIME, New York, 1984, Chapter 9, p. 119-135.
- TAURENQ, C.; Denis, A.(2000). Properties of Aggregates – Tests and Specifications. In: Aggregates, Louis Primel and Claude Tourenq (Editors), p. 109-142, Rotterdam/Brookfield 2000.



CAPÍTULO

---

---

6

---

## USOS E ESPECIFICAÇÕES

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

Salvador Luiz Matos de Almeida  
Engenheiro Metalurgista pela UFRJ, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI



## 1. INTRODUÇÃO

Os agregados são matérias primas minerais de grande importância econômica para o desenvolvimento socioeconômico de cada País e de relevância para a qualidade de vida na sociedade. Esses são usados basicamente na construção civil e obras de infraestrutura. De acordo com a Norma ABNT NBR 9935/2005 que estabelece a terminologia dos agregados, estes são caracterizados como materiais sem forma ou volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassas e concreto.

Na construção de 1 km de autopista, usam-se cerca de 18.000 t de agregado. Em obras de estradas, os custos desses materiais representam um valor entre 10 e 20%. Cerca de metade do consumo das matérias primas minerais consumidas pela sociedade, correspondem aos agregados (LOEMCO, 2003).

Os agregados tem um vasto campo de aplicações na indústria de construção civil e os principais são:

- agregados para concreto e argamassa de cimento Portland: uso com finalidade estrutural e uso sem finalidade estrutural;
- agregados para concreto asfáltico;
- lastro de ferrovia;
- aterros;
- tratamentos superficiais em pavimentos;
- drenagem e filtros;
- proteção e contenção de taludes;
- controle de erosão;
- componente de argamassa para alvenaria e revestimento.

## 2. AGREGADOS PARA CONCRETO E ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND (NBR 7211 E 7214)

A norma 7211 estabelece as características tecnológicas requeridas para a produção de agregados graúdo (brita) e miúdo (areia), de origem natural, já fragmentados ou resultantes do processo de cominuição (britagem) e destinada à produção de concreto.

A norma 7214 fixa as condições requeridas da areia destinada à execução do ensaio de resistência à compressão de cimento Portland, de acordo com a norma NBR 7215.

### **O concreto de Cimento Portland ou Hidráulico**

É uma mistura, em proporções pré-estabelecidas, de um aglomerante (cimento) com um ou mais materiais agregados (brita e-areia) e água.

No caso de agregados que não se conhece, ainda, os antecedentes do seu desempenho ou irão ser usados pela primeira vez, ou em regiões onde não seja possível, economicamente, produzir um agregado dentro da Norma-7211, deverão ser realizados, previamente, em laboratório especializado, estudos técnicos de caracterização tecnológica do agregado, que garanta a sua produção com qualidade satisfatória para o uso a que se destina – concreto hidráulico, concreto asfáltico, lastro ferroviário, argamassa etc.

### **Argamassa (SMITH & COLLIS, 2001)**

Na construção civil, argamassa é o termo usado para denominar a mistura de areia natural ou outros agregados de granulometria fina e algum agente ligante (cimento ou cal).

A argamassa preparada apenas com areia e cal como ligante, por ser de menor custo, ainda é usada como emboço de paredes em construções de casas populares.

A argamassa preparada com areia, cimento do tipo Portland como ligante e aditivos, para melhorar a sua trabalhabilidade, é hoje usado universalmente. A essa mistura também pode ser adicionado um pouco de silte e argila, que melhora ainda mais a trabalhabilidade da argamassa e provê superfícies mais untuosas (escorregadias), propriedade muito requerida pelos pedreiros.

Nos estudos de caracterização tecnológica de uma rocha visando ao seu uso como agregado (brita ou areia) para a construção civil, recomenda-se a aplicação das normas requeridas para esses estudos, constituídas por ensaios físicos, químicos e mecânicos (Capítulo. 5, nesta publicação), segundo as Normas ABNT, complementadas por normas internacionais, como seguem:

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas--NBR: 5734, 6465, 7216, 7217, 7218, 7219, 7220, 7221, 7389, 7809;

AFNOR - Association Française de Normalisation (França); NF 18-572, 18-576 (1978);

ASTM - American Society for Testing Materials (EUA): ANSI/ASTM C 123-69, ASTM C 127-77, 128-73, 227-81, 586-69;

BSI - British Standard Institution (Grã-Bretanha): BS: 812-Part 3: 1975-6, 1975-7, 1975-8, BS 1047:1952;

DIN - Deutsches Institut für Normung (Alemanha): DIN 4226 Parte 3, DIN 52102, 52103, 52105, 52109,

## 2.1. Uso com Finalidade Estrutural

O concreto do tipo estrutural ou armado é o que contém barras de aço projetadas para que esses materiais resistam aos esforços previstos pelo seu uso. Esses são colocados em formas projetadas.

Os agregados usados para concreto devem atender às propriedades requeridas pela caracterização tecnológica, tais como: conteúdo em minerais duros, compactos, limpos, isento de substâncias que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, durabilidade, ou quando for desejado, os aspectos visuais externos do concreto.

Os agregados não devem conter materiais reativos com os álcalis do cimento, em proporções que possam causar expansão do concreto, exceto nos casos em que o cimento contiver menos de 6% de equivalente alcalino, expresso em  $\text{Na}_2$  ou for adicionado aditivos que evitem a sua expansão, prejudicial à reação álcali-agregado.

### **Agregado (NBR 7225)**

Para efeito desta Norma, define-se agregado como o material natural de propriedades adequadas, ou obtido por fragmentação da rocha (pedra), com granulometria menor do que 100 mm e superior a 0,075 mm.

### **Agregado Miúdo**

A areia natural ou resultante da britagem de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, deverá, para efeito desta norma (NBR-7211), estar abaixo de 4,75 mm ressalvados os limites estabelecidos na Tabela 1, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR ISO 3310-1.

Para obtenção de uma amostra representativa de um lote de agregado miúdo, a amostragem deverá seguir a NBR 7216.

### **Areia**

Material natural (NBR 7225), de propriedades adequadas, de granulometria inferior a 2,0 mm e superior a 0,075 mm. Esta pode ser classificada em:

*Areia grossa:* granulometria de 2 a 1,2 mm

*Areia média:* granulometria de 1,2 a 0,42 mm

*Areia fina:* granulometria de 0,42 a 0,075 mm

Tabela 1 – Limites granulométricos do agregado miúdo (areia).

Peneiras com abertura em mm (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem em massa retida acumulada na peneira para as diferentes zonas			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Zona Ótima	Zona Utilizável
9,50	0	0	0	0
6,30	0	0	0	7
4,75	0	0	5	10
2,36	0	10	20	25
1,18	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

Nota 1: O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90

Nota 2: O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20

Nota 3: O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50

A granulometria é determinada segundo a NBR 7217 e deverá atender os limites de apenas uma das zonas da Tabela 1. Essa Norma estabelece que poderão ser usadas areias com distribuição granulométrica diferente, desde que sejam feitos os ajustes, mediante estudos prévios de dosagem.

O *Módulo de Finura* do agregado miúdo (areia), cuja granulometria cumpre com qualquer uma das zonas indicadas na Tabela 1, não deve variar de mais de 0,2 para material de mesma origem.

*Pelo Módulo de Finura*, as areias são classificadas em:

Tipos de Areia	Módulo de finura - MF
Grossa	MF > 3,9
Média	(3,9 > MF > 2,4)
Fina	MF < 2,4

### Substâncias Nocivas

Os agregados não deverão conter substâncias nocivas acima dos limites estabelecidos pelas normas (ver a seguir), com relação à massa do agregado miúdo:

- torrões de argila e materiais friáveis (ABNT NBR 7218), máximo de 3%;
- materiais carbonosos (ASTM C 123), para concreto aparente, máximo de 0,5 % e concreto não aparente, máximo de 1,0% ;

- material fino < 75 µm obtido por peneiramento a úmido (material pulverulento, ABNT NBR NM 46), para concreto submetido a desgaste superficial, máximo de 3,% e concretos protegidos do desgaste superficial, máximo de 5%;
- impurezas orgânicas (ABNT NBR 7221), máximo de 10%.

### **Agregado Graúdo**

Para obtenção de uma amostra representativa de um lote de agregado graúdo, a amostragem deverá seguir a NBR 7216.

Define-se *Agregado graúdo* como aquele cujos grãos passam numa peneira com abertura de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de 4,8 mm, ressalvados os limites estabelecidos na Tabela 3.

A granulometria dos agregados graúdos, determinada pela NBR 7217, deve atender os requisitos indicados na Tabela 2.

### **Substâncias Nocivas**

Os agregados graúdos ou brita devem também atender aos limites impostos pelas normas ABNT e ASTM para:

Torrões de argila e partículas friáveis, determinados segundo a NBR 7218:

- |                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| - em concreto onde a aparência é importante        | máximo 1% |
| - em concreto submetido a desgaste superficial     | máximo 2% |
| - demais concretos                                 | máximo 3% |
| - Material pulverulento, determinado pela NBR 7219 | máximo 1% |

Materiais carbonosos, determinados pela ASTM C 123:

- |                                                     |             |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| - no caso de concreto onde a aparência é importante | máximo 0,5% |
| - nos demais concretos                              | máximo 1%   |

### **Forma de Grão (NBR 7809)**

Por esta norma, o índice não deve ser superior a 3.

### **Abrasão Los Angeles (NBR 6465)**

Por esta norma, deve ser inferior a 50%.

A norma *NBR 7225*, para materiais de pedra e agregados naturais, apresenta uma classificação mais resumida para a Brita (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação da brita de acordo com as dimensões nominais.

Número	Aberturas de peneiras de malhas quadradas (mm)	
	Mínima	Máxima
1	4,8	12,5
2	12,5	25
3	25	50
4	50	76
5	76	100

Fonte NBR 7225

A distribuição granulométrica, determinada segundo a ABNT NBR 248, deve atender aos limites indicados para o agregado graúdo constantes da Tabela 3.

Tabela 3 – Limites granulométricos de agregado graúdo.

Peneira com abertura de malha em mm (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona Granulométrica d/D <sup>a</sup>				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75	-	-	-	-	0 - 5
63	-	-	-	-	5 - 30
50	-	-	-	0 - 5	75 - 100
37,5	-	-	-	5 - 30	90 - 100
31,5	-	-	0 - 5	75 - 100	95 - 100
25	-	0 - 5	5 - 25 <sup>b</sup>	87 - 100	
19	-	2 - 15 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup> - 95	95 - 100	
12,5	0 - 5	40 <sup>b</sup> - 65 <sup>b</sup>	92 - 100	-	
9,5	2 - 15 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup> - 100	95 - 100	-	
6,3	40 <sup>b</sup> - 65	92 - 100	-	-	
4,75	80 <sup>b</sup> - 100	95 - 100	-	-	
2,36	95-100	-	-	-	

<sup>a</sup> Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo  
<sup>b</sup> Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com b. Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites

Fonte: NBR 7211:2009

Segundo Senna e Resende, (2009), os principais usos dos agregados estão sumarizados no Quadro 1.



Quadro 1 – Principais utilizações dos agregados.

<b>Produtos</b>	<b>Usos</b>
Areia artificial e areia natural (4,8 a 0,074 mm)	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, emboço, podendo entrar na composição de concreto e asfalto.
Pó de pedra (< 4,8 mm)	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamento em geral.
Brita "0" ou pedrisco (4,8 a 9,5 mm)	Massa asfáltica.
Brita 1 (4,8 a 12,5 mm)	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2 (12,5 a 25,0 mm)	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 3 (25 a 50 mm)	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias.
Brita 4 (50 a 76 mm)	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas.
Rachão <sup>(1)</sup> , pedra de mão ou pedra marroada	Fabricação de gabiões <sup>3</sup> , muros de contenção e bases.
Brita graduada	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas.
Bica corrida <sup>(2)</sup> <25 mm	Massa asfáltica, aterro.

Fonte: Kulaif (2001), Sampaio *et al.*, 2001, modificado.

<sup>(1)</sup>Rachão - é o material obtido diretamente do britador primário e que é retido na peneira de 75 mm.

<sup>(2)</sup>Bica corrida: conjunto de pedra britada pedrisco e pó de pedra, sem graduação definida, obtido diretamente do britador, sem separação por peneiramento.

<sup>(3)</sup>Gabião: muro de contenção feito de pedras arrumadas dentro de uma tela e bastante usado em estradas para evitar erosão.

## **OUTRAS PROPRIEDADES**

Outras propriedades - físicas, químicas/mineralógicas e mecânicas não prescritas nas Normas ABNT, a NBR 7211 recomenda recorrer às Normas DIN, BS, AFNOR, até que a ABNT publique Normas sobre esses assuntos.

### **2.2. Uso sem Finalidade Estrutural**

Neste caso, a mistura denominada do tipo massa, quando essa é lançada no meio envolvente, poderá ser trabalhada ou não.

### **3. AGREGADOS PARA CONCRETO ASFÁLTICO (BERNUCCI *et al.*, 2008)**

Os revestimentos asfálticos também conhecidos por asfalto são produtos obtidos pela compactação de misturas de ligantes asfálticos, agregados minerais e, em alguns casos, de produtos complementares. Quando esses revestimentos são aplicados adequadamente, devem originar estruturas duráveis em sua função de serviço. Para tal, é imprescindível conhecer e selecionar as propriedades que os agregados devem apresentar.

Na engenharia, o desempenho do concreto asfáltico, em obras de pavimentação, é medido em anos ou décadas. Os ensaios de laboratório e a experiência prática devem indicar como o agregado irá se comportar durante sua vida de projeto em um pavimento.

O agregado selecionado para concreto asfáltico deverá apresentar propriedades capazes de suportar tensões impostas na superfície do pavimento e também em seu interior. O desempenho das partículas do agregado depende da forma como foram produzidas, mantidas unidas e das condições que irão atuar. A escolha de um agregado ocorre, a partir de uma caracterização tecnológica em laboratório, onde uma série de ensaios é utilizada para prever o seu comportamento posterior, quando em serviço. Este depende também das propriedades geológicas da rocha: tipo de rocha, sua composição química e mineralógica, sua granulação, grau de alteração, sua tendência à degradação, abrasão ou a fratura sob tráfego e o potencial de adesão do ligante asfáltico em sua superfície.

Há uma grande variedade de agregados passíveis, a priori, de utilização em revestimentos asfálticos. No entanto, cada uso, em particular, requer agregados com características tecnológicas específicas e isso poderá inviabilizar muitas fontes potenciais. Os agregados utilizados em pavimentação podem ser classificados em três grandes grupos:

- segundo sua natureza;
- tamanho e
- distribuição granulométrica.

#### **Segundo a Natureza**

A norma de ensaio do DNER-IE 006/94 dá uma indicação sobre os minerais que poderão conferir às rochas uma tendência maior ou menor ao polimento, quando usadas como agregados para fins rodoviários. Essa norma do DNER descreve uma metodologia petrográfica - microscópica e mineralógica, de materiais rochosos usados em rodovia. No caso da análise microscópica em lâmina delgada, as seguintes características serão obtidas: granulação, textura e estrutura, composição mineralógica, forma de ocorrência e minerais secundários. Outras informações também serão levantadas - tais como o estágio de alteração

dos minerais primários, tipos de microfissuras, densidade, vazios ou poros, natureza dos materiais, sílica amorfa, vidro vulcânico, alumina livre, zeólitas, sulfetos e argilominerais expansivos.

### Quanto ao tamanho

Para uso em misturas asfálticas, os agregados são classificados, quanto ao tamanho, em graúdo, miúdo e material de enchimento ou *filler* (DNIT 031/2004 - ES):

*graúdo* - é o material com granulometria maior do que 2,0 mm e menor que 12,5 mm. São as britas, cascalhos, seixos etc.;

*miúdo* - é o material maior que 0,075 mm e menor que 2,0 mm.

São as areias, o pó de pedra etc.;

*material de enchimento (filler)* - é o material onde pelo menos 65% das partículas são menores que 0,075 mm, exemplo, cal hidratada, cimento.

O tamanho máximo do agregado e sua distribuição granulométrica são controlados por especificações para uma determinada aplicação. Como exemplo, pode ser mencionado que a espessura mínima de execução da camada de asfalto, determina o tamanho máximo a ser usado nessa mistura asfáltica.

Tabela 4 – Métodos de ensaio para determinação de características mecânicas de agregados e valores de aceitação (IPR, 1998).

Métodos de Ensaio	Valores Limite Tentativa
DNER-ME 35/94 - Agregado - determinação da abrasão <i>Los Angeles</i>	LA ≤ 65%
DNER-ME 399/99 - Agregados - determinação da perda ao choque no aparelho Treton	T ≤ 60%
DNER-ME 96/98 - Agregado graúdo - avaliação da resistência mecânica pelo método dos 10% de finos	10% finos ≥ 60 kN
DNER-ME 401/99 - Agregados - determinação do índice de degradação de rochas após compactação Marshall, com ligante - ID <sub>ML</sub> e sem ligante - ID <sub>M</sub>	ID <sub>ML</sub> com ligante ≤ 5 ID <sub>M</sub> sem ligante ≤ 8
DNER-ME 398/99 - Agregados - determinação do índice de degradação após compactação Proctor - IDP	IDP ≤ 6
DNER-ME 397/99 - Agregados - determinação do índice de degradação Washington - IDW	IDW ≥ 30
DNER-ME 197/97 ou NBR 9938 - Agregados - determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos	E ≥ 60

Fonte: Pavimentação asfáltica, Bernucci *et al.* 2008).

### **Limpeza**

Os agregados para pavimento asfáltico devem ser limpos e isentos de vegetação, conchas, grumos de argila. Esta pode ser verificada macroscopicamente, no entanto aconselha-se uma análise granulométrica a úmido.

A norma DNER-ME 054/97 descreve o ensaio de equivalente de areia, no qual se determina a proporção relativa de materiais do tipo argila ou pó em agregados miúdos.

### **Textura Superficial dos Agregados**

Esta influi na trabalhabilidade, na adesividade e na resistência ao atrito e ao cisalhamento das misturas asfálticas para pavimentação. Quando o agregado apresenta uma maior rugosidade, há perda na trabalhabilidade da mistura asfáltica e aumento na resistência ao cisalhamento dessa mistura. A rigor, não há uma metodologia consagrada para se medir a textura superficial dos agregados.

### **Forma das Partículas dos Agregados**

Esta influi na trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas e influencia na energia de compactação requerida para se alcançar determinada densidade. No caso de partículas irregulares ou com forma angular, tal como pedra britada, cascalhos e algumas areias de brita propiciam melhor Inter travamento entre os grãos compactados, que será maior, no caso de partículas cúbicas e mais afiladas suas arestas. O índice de forma das partículas (f) é determinado pela norma DNER-ME e varia de 0,0 a 1,0. É aceito o limite mínimo de 0,5 e quando cúbico, o fator de forma (f) = 1,0.

### **Adesividade ao Ligante Asfáltico (DNER -ME 078/94)**

Agregados que tem afinidade pela água, ou seja, que são hidrófilos podem se tornar inaceitáveis para misturas asfálticas, pois a água tende a descolar o ligante asfáltico da superfície do agregado. Segundo a literatura, agregados silicosos como o quartzito e alguns granitos, são citados como exemplos que merecem atenção quanto à sua adesividade ao ligante asfáltico. O que é requerido para os agregados para misturas asfálticas é que estes sejam hidrófobos, ou seja, não molháveis pela água ou oleofílicos.

### **Sanidade**

Os agregados precisam apresentar resistência à desagregação química quando são expostos às condições ambientais do pavimento. Esta resistência é medida pelo método DNER-ME 089/94, que consiste em atacar o agregado com uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, seguidos de secagem em estufa. A perda de massa não pode ser maior do que 12%.

### **Propriedades de Consenso**

São aquelas que propiciam um bom desempenho dos revestimentos asfálticos:

- angularidade do agregado graúdo;
- angularidade do agregado miúdo;
- partículas alongadas e achatadas; e
- teor de argila.

## **4. AGREGADOS PARA CONCRETOS POLIMÉRICOS**

O concreto polimérico é um material relativamente novo e de alto desempenho. Esse é formado por uma mistura de agregados usando um polímero como único aglomerante. A sua elevada resistência mecânica, química e durabilidade contribuem para minimizar a necessidade de manutenção e incidência de patologia. Uma característica do concreto polimérico é a sua rápida cura, o que torna esse material adequado para pré-moldados, revestimentos e reparos estruturais. No entanto, a principal característica do concreto polimérico é a substituição do aglomerante cimento por aglomerante polimérico (GORNINSKI, J. P.; KAZMIERCZACK, 2008; METHA & MONTEIRO, 1994).

Nos Estados Unidos da América, as aplicações do concreto polimérico estão voltadas para os revestimentos de pavimentação de pontes e de elementos estruturais de indústrias petroquímicas.

No Brasil, o concreto polimérico tem sido pouco usado, apesar da necessidade do uso de materiais mais duráveis, de maior resistência mecânica e química. O seu custo mais elevado e o pouco conhecimento de suas propriedades talvez tenham contribuído para o seu pouco uso.

Visto que o polímero é o item mais caro do concreto polimérico, é da maior importância usar uma massa seca de agregado a mais compactada possível. Neste caso, recomenda-se usar uma brita de granulometria máxima de 19 mm combinada com diferentes frações de areia, de forma a minimizar os espaços vazios na massa do agregado, reduzindo, assim, a quantidade do polímero requerida para a preparação do concreto (MEHTA & MONTEIRO, 1994).

Segundo ainda esses mesmos autores, dependendo dos materiais empregados, os concretos poliméricos podem desenvolver resistências à compressão da ordem de 140 Mpa ( acima de 60 Mpa já pode ser considerado de alta resistência) sendo recomendado para concretagem de emergência em minas, túneis e autoestradas.

## 5. LASTRO DE FERROVIA (NBR 5564)

Esta norma estabelece as condições requeridas para lastro padrão (LP) para via férrea. Poderá também ser usada para outro tipo de lastro de pedra, quando for aplicável ou na falta de especificações próprias.

O lastro padrão de ferrovia é um agregado constituído por fragmentos resultantes da britagem de rocha dura e sã, com características petrográficas requeridas para lastro de ferrovia.

Quando da aplicação dessa norma NBR 5564, recomenda-se consultar as Normas NBR 5734 6465, 6953, 6954, 6490, 6502, 7217, 7218, 7219, 7225, 7389, 7390, 7418, 7641, 7702, 7914, 8487, 8697, 8938, 19000.

As principais rochas usadas para lastro de ferrovia são granito, diorito, quartzito, basalto, gnaiss, calcário silicoso, arenito duro, dentre outros.

Os fragmentos de rochas devem ser homogêneos, duros, limpos, duráveis etc.

A escolha pelo tipo de rocha depende da sua disponibilidade e proximidade da frente de construção da via férrea.

As *Propriedades Físicas* requeridas para Lastro de Ferrovia são:

Massa específica aparente mínima	2,4 g/cm <sup>3</sup>
Absorção d'água	1,0%
Porosidade aparente máxima	1,0%
Resistência ao desgaste-abrasão <i>Los Angeles</i> máxima	40,0%
Resistência ao choque Trenton máximo	20,0%
Formato da partícula	cúbica

### Granulometria

O agregado para Lastro Ferroviário deverá apresentar a seguinte distribuição granulométrica (Tabela 5).

Tabela 5 – Distribuição granulométrica de Lastro Padrão.

Abertura da malha da peneira (mm) NBR 5734		% em peso acumulada	
		Padrão A	Padrão B
1	1	2	3
	76,2	-	0 - 0
2	63,5	0 - 0	0 - 10
3	50,8	0 - 10	-
4	38,0	30 - 65	40 - 75
5	25,4	85 - 100	-
6	19,0	-	90 - 100
7	12,0	95 - 100	95 - 100

Fonte: NBR 5564

## 6. ATERRO (WEGNER E DAVIS, 2010)

Do ponto de vista de construção, aterro pode ser definido como todos os solos e materiais rochosos (agregados) usados no preenchimento de áreas escavadas, corte de estradas e superfícies naturais.

Do nosso conhecimento, não existem ainda, no País, os procedimentos de normalização para caracterizar os agregados para uso como aterro. Este termo nem se quer é definido na Norma de terminologia dos agregados (NBR 9935).

Segundo a ASTM, todos os materiais usados como aterro devem ser avaliados segundo testes específicos recomendados para sua caracterização tecnológica:

- determinação de densidade pelo método do cone de areia (ASTM D1556);
- teste de compactação: equipamento vibratório para solos granulares e não vibratório tipo pé de carneiro, para solos argilosos;
- tipo de material e granulometria - o aterro não deve conter material com granulometria acima de 75 mm, nos primeiros 60 cm da parte superior da sub-base;
- aterro para profundidades superiores a 60 cm, abaixo da sub-base, pode conter material acima de 75 mm;
- carvão ou madeira parcialmente queimada não dever ser usado em aterro;
- solo expansivo - não deve ser usado material com índice de plasticidade > 15;
- o agregado usado como aterro não deve conter matéria orgânica, dever ter uma granulometria abaixo de 75 mm, ser predominantemente granular, e ter um índice de plasticidade menor do que 15.

### **Aterro para Rodovia (NBR 11805/7682)**

A norma NBR 11805 estabelece as condições requeridas para os materiais utilizados na execução de camadas de sub-base ou base de pavimentos com solo brita.

Na aplicação desta norma (NBR 11805) é necessário consultar: NBR 6465, 7181, 7809, 9895, 11170, 1253 e ASTM C 88.

A norma NBR 7682 fixa as condições e características que devem ter a pedra britada graduada e o solo para serem empregados em base macadame. Esta é formada por uma ou várias camadas superpostas de pedra britada

graduada, comprimidas separadamente até que seja alcançado a completa entrosagem de seus fragmentos e pela posterior colmatagem por compressão dos vazios da cada camada, com material de enchimento, constituído de solo.

Na aplicação da NBR 7682 é necessário consultar as normas:

NBR 6490 - Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de ocorrências de rochas - Procedimentos;

NBR 6502 - Rochas e solos- terminologia;

NBR 7216 - Amostragem de agregado - método de ensaio;

NBR 7225 - Materiais de pedra de agregados naturais - terminologia.

Bases e sub-bases são constituídas por materiais estabilizados granulometricamente.

Os 15 cm de material sob a seção do agregado base deve ser definida como a seção sub-base. A base e sub-base devem ter uma compactação de no mínimo 95%.

A pedra britada deve ser de rocha não alterada e não deve conter em excesso:

- fragmentos alongados, conchoidais, lamelares, quadráticos, arredondados e defeituosos;
- fragmentos moles;
- substâncias nocivas e impurezas.

## **7. TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EM PAVIMENTOS (NORMA DNER-ES 308/97; DNER ES 309/97)**

Estas normas do DNIT (revisadas em 2009) definem a sistemática que deverá ser empregada na execução de revestimento betuminoso, do tipo tratamento superficial simples e duplo, sobre uma superfície imprimada, ou pintada, de acordo com os alinhamentos greide e seções transversais do projeto.

Na aplicação dessas normas, deverão ser consultadas as normas referenciadas do DNIT, DNER e ABNT.

**Tratamento superficial simples - TSS** é a camada de revestimento do pavimento constituída de uma aplicação de ligante betuminoso coberta por uma camada de agregado mineral, submetida a compressão.

Os materiais requeridos para o tratamento superficial simples são o ligante betuminoso e o agregado mineral, os quais devem atender às normas do DNER, DNIT e DER/PR.



**Adesividade:** Não havendo boa adesividade entre agregado e o ligante betuminoso, deverá ser empregado um melhorador de adesividade, de acordo com a quantidade estabelecida no projeto.

#### Agregados

Estes podem ser brita, escória, cascalho ou seixo rolado. Devem ser constituídos de partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substâncias nocivas. Os agregados deverão apresentar as seguintes características tecnológicas:

- desgaste *Los Angeles* igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035/98);
- índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086/94);
- durabilidade, perda inferior a 12% (DNER ME 089/94);
- granulometria do agregado (DNER-ES308/97), de acordo com a tabela 6.

**Tratamento superficial duplo - TSD** é a camada de revestimento do pavimento constituída por duas aplicações sucessivas de ligantes betuminosos, cobertas cada uma, por camada de agregado mineral, submetida a compressão.

#### Agregados

Estes são também constituídos por brita, escória, cascalho ou seixo rolado. O agregado deve ser constituído por partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de argila e substâncias nocivas. Deverá apresentar as seguintes características tecnológicas:

- desgaste *Los Angeles* igual a 40%;
- índice de forma superior a 0,5 (DNER ME 086/94);
- durabilidade, perda inferior a 12% (DNER ME 89/94);
- o agregado (DNER-ES309/97) deve apresentar a distribuição granulométrica da Tabela 7.

Tabela 6 – Granulometria dos agregados para Tratamento Superficial Simples.

Peneiras		% Peso (passante)		Tolerância da faixa do projeto
Polegada	mm	Faixa A	Faixa B	
1"	25,4	-	-	±7
3/4"	19,1	-	-	±7
1/2"	12,7	100	-	±7
3/8"	9,5	85-100	100	±7
Nº 4	4,8	10-30	85-100	±5
Nº 10	2,0	0-10	10-40	±5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	±2

Fonte: Norma DNER-ES 308/97

Tabela 7 – Granulometria dos Agregados para Tratamento Superficial Duplo.

Peneira		% Peso (passante)			Tolerância de faixa de projeto
Polegada	mm	A 1ª camada	B 1ª ou 2ª camada	C 2ª camada	
1"	25,4	100	-	-	±7
3/4 "	19,1	90-100	-	-	±7
1/2 "	12,7	20-55	100	-	±7
3/8 "	9,5	0-15	85-100	100	±7
Nº 4	4,8	0-5	10-30	85-100	±5
Nº 10	2,0	-	0-10	10-40	±5
Nº 200	0,074	0-2	0-2	0-2	±2

Fonte: Norma DNER – ES 309/97

Nota: a faixa B pode ser empregada como 1ª ou 2ª camada.

## 8. DRENAGEM E FILTROS

O projeto de filtros e drenos é da maior importância para a segurança e economia de muitas obras de engenharia, em particular daquelas expostas aos efeitos da água sobre os materiais de apoio e das estruturas.

A drenagem é o processo pelo qual a infiltração ou o movimento das águas subterrâneas é removido dos solos ou maciços rochosos, por meios naturais ou artificiais. Os problemas advindos da drenagem são solucionados aplicando-se os princípios básicos da filtração.

Os filtros têm como objetivo proteger os materiais passíveis de erosão pela ação das águas e por outro lado, os drenos tem que garantir a capacidade de descarga adequada.

Os agregados empregados para filtros e drenos devem ter uma granulometria adequada e que o seu manuseio e colocação na obra devem evitar contaminação e segregação.

A primeira exigência que os filtros e drenos têm que atender, diz respeito à sua capacidade de evitar erosão e colmatação. A seguir vem a sua capacidade de descarga para dar vazão, adequadamente, dos fluxos de água a drenar, sem induzir forças de filtração ou pressões intersticiais hidrostáticas. O método usual para projetar os drenos e filtros é o que se refere à capacidade de descarga, tendo por base a lei de Darcy e os métodos de malhas de filtração.

O volume total de agregados usados como meio filtrante é relativamente pequeno, no entanto esses exercem um papel muito importante em vários projetos (Smith e Collis, 2001).

Os três principais usos do agregado como meio filtrante são:

- filtração de água;
- tratamento de efluentes;
- drenagem para camadas de solo e de outras estruturas da engenharia civil.

Os agregados usados como meio filtrante são constituídos de: areia, cascalho ou rocha britada. Sabe-se que os materiais usados como filtro para água e trabalhos de tratamento de efluentes são usados, de uma maneira geral, em pequenas quantidades. Por essa razão, devido a elevada qualidade do agregado, nem sempre este está disponível no mercado. Normalmente esse é produzido por encomenda, devido às especificidades do produto.

No caso dos agregados para usar como camadas de drenagem em maciços de barragem são projetados para fazer o melhor uso dos materiais naturais disponíveis, pelo menor custo.

As principais propriedades de um agregado para uso como filtro, de forma a garantir permeabilidade, facilidade de construção, estabilidade e durabilidade são:

- tamanho das partículas;
- classificação granulométrica;
- resistência a abrasão;
- durabilidade.

### **Tratamento de Água Através de Filtro de Areia**

Existem, principalmente, dois tipos de filtro de areia:

- filtros caracterizados por uma baixa taxa de filtração e no caso usam areia de granulometria fina, necessitando de limpeza não frequente;
- filtros rápidos usando areia mais grossa, operando a taxas mais elevadas de filtração e necessitando de limpeza frequente.

### **Areia para Camada de Filtro**

Esta deve ser constituída por minerais duros, resistente a abrasão e livre de contaminantes. Não deverá perder mais de 20% em peso, após imersão numa solução de HCl a 20%, durante 24 h, numa temperatura a 20°C. Poderão ser usadas areias com formato arredondado ou angular, mas não deve ser lamelar. Os filtros de areia poderão ser obtidos de depósitos de areia, por meio de peneiramento, no entanto poderão também ser obtidos a partir da cominuição de rochas constituídas principalmente de quartzo (quartzitos) seguido de classificação em peneira, para adequar à granulometria requerida para o produto (SMITH & COLLIS, 2001).

### **Cascalho para Filtro**

O uso do cascalho ou camadas de material grosso em um sistema de filtro tem funções diversas. Este serve como suporte da areia, permitindo a água filtrada se mover livremente na direção das camadas inferiores de drenagem, contribuindo, assim, para que se tenha um fluxo uniforme.

### **Filtros para Estruturas de Engenharia Civil**

Os filtros denominados de *filtros de alívio* para estruturas de engenharia civil são constituídos, usualmente, de uma ou mais camadas de areia de drenagem livre e/ou material de cascalho ou pedregulho colocado sobre ou no interior do solo menos permeável (pérvio), para remover a água de infiltração e com isso evitar a erosão do solo ou danificar as estruturas de cobertura a partir de pressão ascendente (uplift). O solo que deve ser protegido pelo filtro é normalmente denominado de base ou material de base.

Os filtros podem ser constituídos de uma só camada ou de várias camadas, cada uma com uma distribuição granulométrica diferente e neste caso são conhecidas como zona de filtragem. No caso de estruturas de engenharia de maciço de barragem, é comum projetar camadas de filtro, considerando a disponibilidade de material natural próximo da obra, visando a redução de custos.

### **Especificações de Agregados para Filtros em Estruturas de Engenharia**

Com relação aos critérios adotados para as especificações de agregados para filtros, particularmente para estruturas de engenharia civil, há poucas publicações. No entanto, as seguintes recomendações podem ser seguidas: os agregados para filtro devem conter materiais duros, duráveis, limpos e não devem conter materiais deletérios em quantidade suficiente para afetar, de maneira adversa, a operação do filtro ou a sua longevidade. Como materiais deletérios são citados: argila, partículas lamelares ou alongadas muito porosas, ou materiais facilmente solúveis. Neste contexto são recomendadas as seguintes especificações:

- densidade relativa maior do que 2,5;
- absorção de água menor do que 3%;
- valor de impacto do agregado abaixo de 30 ou valor de britagem do agregado menor do que 30;
- índice de lamelaridade e comprimento < 30;
- abrasão *Los Angeles* < 40;
- valor de sanidade em sulfato de magnésio < 12 % de perda; e
- granulometria –testar de acordo com as especificações de projeto.

## **9. PROTEÇÃO E CONTENÇÃO DE TALUDES (ENROCAMENTO) (FRAZÃO, 2007)**

Consiste no uso de blocos ou fragmentos de rocha em granulometrias pré-estabelecidas, sem o uso de ligantes, visando:

- proteger, contra a erosão, taludes de maciço de barragens de terra, base e pilares de pontes, taludes de estrada de terra compactada, taludes de encosta, quebra-mar em estuário etc;
- funcionar, provisoriamente como barragem, na etapa de construção de barragens;
- servir como corpo de transição, de forma a evitar a remoção de partículas do aterro de terra compactada.

Para atender a essas funções, o agregado deve apresentar as seguintes características:

- elevada durabilidade, de forma a não se degradar frente aos ciclos de saturação e secagem resultantes da variação do nível da água nas barragens, com as mudanças climáticas;
- elevada resistência mecânica, de forma a suportar as solicitações de compressão, impacto, cisalhamento e desgaste no processo construtivo e em serviço;
- os fragmentos de rocha do agregado devem ser equigranulares, conferindo estabilidade estrutural e índices de vazios adequados às funções desejadas.

## **10. CONTROLE DE EROSIÃO (LOEMCO, 2003)**

A erosão é considerada como um processo geológico cujo ciclo é constituído pela própria erosão, transporte e sedimentação, derivados das condições climáticas, das características petrográficas e mineralógicas do solo, dentre outros.

Deve também ser considerado o fator antropogênico, com a interferência do homem no meio ambiente, quebrando o equilíbrio natural e contribuindo para acelerar o processo erosivo. As principais intervenções do homem que terminam por influenciar o processo de erosão são:

- urbanização do solo, diminuindo sua capacidade de filtração e aumentando o volume de água na superfície;
- desmatamento das florestas e perda da cobertura vegetal;
- super-exploração agrícola com perda da matéria orgânica de cobertura.

As medidas corretivas para controlar a erosão são muito variadas, no entanto as mais eficazes são:

- reflorestamento;
- lagoas de retenção de sedimentos;
- colocação de diques;
- plantações.

De uma maneira geral, os elementos para evitar ou corrigir a erosão devem levar em consideração cada caso particular, atendendo as exigências ambientais e estéticas relacionadas com a obra a proteger.

Controlar a erosão nas pilastras de pontes é da maior importância, de forma a garantir a segurança da estrutura. Esse controle pode ser realizado por:

- cimentar abaixo da cota de máxima erosão;
- fazer uma proteção com manto de cascalho.

## **11. COMPONENTE DE ARGAMASSA PARA ALVENARIA E REVESTIMENTO**

O saibro é resultante da segregação de rochas e tem a aparência de terra barrosa, basicamente argila. É um material proveniente de solos que não sejam muito arenosos e nem muito argilosos.

O saibro é usado como componente de argamassa para alvenaria e revestimento.

## **12. CONTROLE DE QUALIDADE**

O controle de qualidade dos agregados deve ser feito, através da realização de ensaios tecnológicos em laboratórios especializados em agregados, utilizando, no caso brasileiro, as Normas ABNT de caracterização tecnológica e especificações. Poderão, por exemplo, serem usados os limites mínimos e máximos das especificações requeridas, para os agregados (FRAZÃO, 2007).

Não basta apenas recorrer às Normas Brasileiras ou outras como ASTM, DIN, AFNOR, mas é aconselhável a realização de laudos técnicos por especialistas no assunto.

No Brasil não existem, do nosso conhecimento, laboratórios acreditados para realizar a caracterização tecnológica dos agregados da construção civil, o que seria desejável, pelo menos, para grandes obras de construção civil tais como barragens para geração de energia, pontes, edifícios etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNUCCI, L. B.; Motta, L. M. G.; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B.(2008). Agregados. In: Pavimentação Asfáltica, p. 115-156 BR-Petrobrás e Associação Brasileira das Empresas distribuidoras de Asfalto, Rio de Janeiro, 2008.
- GORNINSKI, J. P.; KAZMIERCZACK, 2008); Avaliação da resistência química de concretos poliméricos em ambientes agressivos. Ambiente Construído, Porto Alegre, vol. 8, nº1, p. 105-113, jan/mar, 2008.
- KULAIF, YARA. Análise dos mercados de matérias primas minerais: estudo de caso da indústria de pedras britadas do estado de São Paulo, São Paulo, 2001.
- LA SENNA, H. A.; RESENDE, M. M. (2009). Agregados para a Construção Civil, Sumário Mineral/DNPM, p. 602-635.
- LOEMCO, 2003. LOEMCO - Laboratorio Oficial para Ensayos de Materiales de Construcción (2003). Aridos: Maual de Prospeccion, Explotacion y Aplicaciones; Capítulo 15 – Propriedades Básicas de Los Áridos, p. 343-357; Capítulo 17-Áridos para Drenaje, Filtración y Control de La Erosión, p. 393-404; López Jimeno (Editor), Escuela Técnica Superior de Igenieros de Minas da Universidad Politécnica de Madrid, 2003.
- M. R. SMITH and COLLIS, (2001). Aggregates for use in filter media. In: Aggregates - Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purpose –, p. 291-298, Published by the Geological Society, 3<sup>th</sup> Edition, London, 2001.
- METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M (1994). Avanços em Tecnologia do Concreto. In: Concreto-Estruturas, Propriedades e Materiais, P. Kumar Mehta e P. J. M, Monteiro (editores/autores), Capítulo 11, p. 385-474, 1994.
- SAMPAIO, J. A.; CARVALHO, E. A.; PIQUET, B. Brita Pedreira Vigné. In: Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil, p. 385-392, João Sampaio, Eduardo Carvalho e Bernardo Piquet (Editores), CETEM, 2001.
- WEGNER, D.; DAVIS, TIM (2010). Earthwork Standards. In: [www.coconino.az.gov](http://www.coconino.az.gov) (22/08/2010).





CAPÍTULO

---

---

7

---

# OPERAÇÕES DE LAVRA EM PEDREIRAS

Jair Carlos Koppe

Engenheiro de Minas e Geólogo pela UFRGS  
Doutor em Ciências pela UFRGS  
Professor Titular do DEMIN-UFRGS

João Felipe Coimbra Leite Costa

Engenheiro de Minas pela UFRGS  
PhD em Geoestatística-University of Queensland  
Professor Associado do DEMIN-UFRGS



## 1. INTRODUÇÃO

Desde a Idade da Pedra, o homem utiliza rochas para o seu desenvolvimento e à medida que foi se tornando sedentário e passou à fase de urbanização, as rochas passaram a ter enorme importância, sendo utilizadas nos mais variados tipos de construções. No início, as técnicas de uso das rochas eram extremamente rudimentares e com os avanços tecnológicos ocorreram grandes melhorias nos processos de lavra nas pedreiras. Ainda hoje, utilizam-se quantidades elevadas de rochas britadas na construção de edifícios, casas, estradas e outras obras civis.

Neste capítulo os autores apresentam os principais procedimentos nas operações de lavra em pedreiras, enfocando a preparação e descobertura das rochas, a perfuração do maciço rochoso para carregamento dos explosivos, os principais conceitos e sugestões de projeto para o desmonte da rocha com explosivos, o carregamento e o transporte do minério desmontado à unidade de britagem.

## 2. PREPARAÇÃO E DECAPEAMENTO

A preparação do terreno para início das operações de lavra, em uma pedreira, constitui uma fase bastante delicada para o bom andamento dos futuros trabalhos de desmonte da rocha. Nessa fase, é importante se preservar parte do solo removido para posterior recuperação da área lavrada. Dessa forma, durante o planejamento das operações de lavra deve ser reservada uma área adequada à estocagem de solo.

As espessuras das coberturas de solo residual, inclusive o desenvolvimento dos horizontes do solo, variam muito de região para região, dependendo das condições climáticas e de relevo. Em alguns locais, espessas coberturas de solo requerem um manejo mais apropriado nas operações de decapeamento. Em outros, a pequena espessura e às vezes inexistência do solo, facilitam as operações iniciais.

Os equipamentos que são utilizados no processo de decapeamento em pedreiras incluem: tratores de esteira, carregadeiras frontais, escavadeiras e caminhões.

A remoção do solo residual ou outro material de cobertura da rocha gera, em geral, uma superfície irregular que dificulta as primeiras operações de perfuração e desmonte. Recomenda-se que seja feita uma limpeza da superfície coma remoção dos fragmentos de rocha, evitando ultralançamentos decorrente de materiais residuais.

### 3. PERFURAÇÃO

As operações de perfuração do maciço rochoso na lavra de pedreiras são importantes ao sucesso do desmonte da rocha. A correta execução da perfuração, assegurando que os furos efetivamente sejam desenvolvidos segundo o plano de fogo, mantendo-se malha como planejada, a correta inclinação e retilinidade. Essas são condições essenciais para assegurar os objetivos do desmonte.

Diversas técnicas de perfuração são empregadas nas pedreiras, variando muito no porte dos equipamentos, mas, de um modo geral, no Brasil ainda são adotados, na maioria das operações, equipamentos de pequeno a médio porte. Na indústria de produção de brita é utilizado principalmente o método de perfuração de rochas à percussão. As mais importantes variações dessa técnica compreendem os sistemas:

- percussão *down-the-hole* (DTH) ou perfuração de fundo de furo;
- percussão *tophammer* ou perfuração com martelo de superfície;
- perfuração pelo sistema COPROD (método desenvolvido pela Atlas Copco).

Além da perfuração por percussão, podem ser utilizados métodos rotopercussivos incluindo perfuração por trituração e rotação, por corte e rotação e por rotação e abrasão (perfuração adiamantada). Essas últimas técnicas são muito menos utilizadas e a perfuração adiamantada tem uso basicamente na exploração dos maciços rochosos.

Na perfuração por percussão a energia de impacto é transmitida da perfuratriz para a rocha por meio dos botões ou insertos de metal duro. A perfuração *down-the-hole* é caracterizada pelo martelo percussor posicionado imediatamente atrás da coroa de perfuração (Figura 1). A aplicação da energia de impacto de 18 a 25 kW é transferida diretamente do martelo a coroa (bit) de perfuração ou seja, o pistão da perfuratriz trabalha diretamente sobre o bit (metal duro utilizado para corte ou quebra da rocha). À medida que o furo vai avançando, o martelo vai descendo com a coroa. Quando o martelo impacta a coroa de perfuração, a energia cinética é transformada em uma onda de percussão. O martelo *down-the-hole* é acionado pneumáticamente.

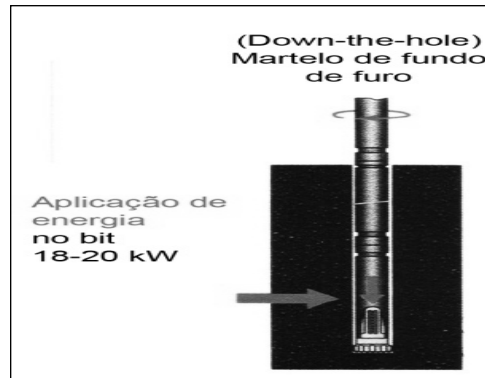


Figura 1 – Perfuração *down-the-hole*.

A técnica do *tophammer* ou martelo de superfície é caracterizada pela percussão do martelo fora do furo no topo do conjunto de hastes de perfuração, cuja energia de impacto, 18 a 30 kW, é transferida para a coroa de perfuração pelo conjunto de hastes (Figura 2). Perdas de 6 a 8% de energia ocorrem durante a transferência de energia causada por atrito nas conexões das hastes. Perdas adicionais podem ocorrer por atrito entre as hastes e as paredes do furo. Com o aumento da profundidade do furo, na comparação com o método *down-the-hole*, há uma perda da performance do equipamento.

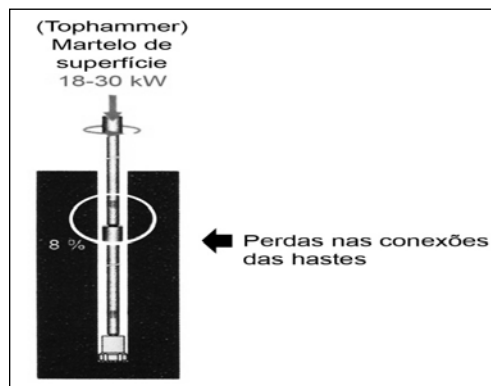


Figura 2 – Perfuração do tipo *tophammer*.

O sistema COPROD consiste de uma combinação de hastes de impacto com tubos de perfuração. As hastes de impacto transferem energia unicamente à coroa de perfuração, enquanto que os tubos de perfuração conduzem a força de impulsão e o torque rotacional (Figura 3). A peça terminal da coroa de perfuração permite que a energia de impacto gerada pela ação de percussão seja transferida por meio das hastes de impacto na forma de ondas de percussão diretamente à coroa de perfuração no fundo do furo. A energia de impacto aplicada é da ordem de 18 a 40 kW e os furos têm diâmetro maior do que 90 milímetros.

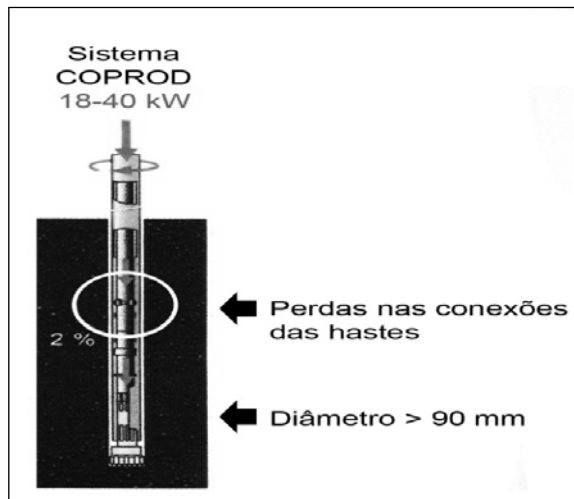


Figura 3 – Sistema de perfuração COPROD.

Na Tabela 1 consta uma comparação entre os diferentes métodos de perfuração utilizados nas operações de lavra em pedreiras modernas.

Tabela 1 – Comparação entre os métodos de perfuração para operações em pedreiras com altura de bancada de 20 m (FERNBERG, 2005).

Método de Perfuração	Martelo de Superfície	<i>Down-the-hole</i>	COPROD
Diâmetro do furo, mm	76-127	85-165	105-165
Taxa de penetração	Boa	Regular	Muito boa
Retilidade do furo	Regular	Muito boa	Muito boa
Profundidade do furo	Regular	Muito boa	Muito boa
Produção t/m/turno	Boa	Regular	Muito boa
C.C./m	Bom	Regular	Bom
C.C./M - Consumo combustível/m			

Muitas vezes, durante a perfuração ocorrem desvios da furação, em virtude de diversos fatores, entre eles, o uso inadequado dos equipamentos e as condicionantes geológicas do terreno, refletidas especialmente por materiais de diferentes durezas ou outras circunstâncias como existência de fraturas, zonas de cisalhamento e diferentes estratos. Esses desvios podem gerar problemas, posteriormente, durante a detonação dos explosivos no desmonte, podendo provocar excesso de vibrações no terreno e ultralanchamentos que podem ser perigosos para: operadores, equipamentos e vizinhança da pedreira.

Os principais erros e desvios que podem ocorrer durante a perfuração compreendem (KERBER *et al.*, 2007): desvios do furo para frente ou para trás da face da bancada, desvios laterais, desvio na inclinação ou azimute do furo, comprimento errado do furo e perdas de furo (Figura 4).

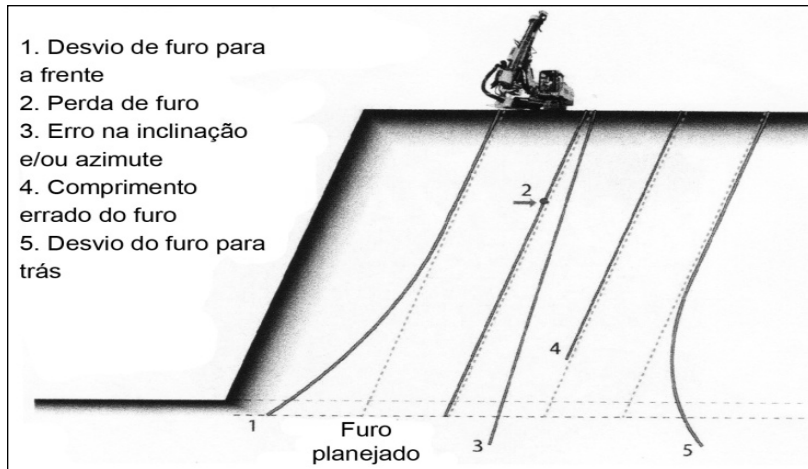


Figura 4 – Principais erros que ocorrem durante o desenvolvimento das operações de perfuração.

Os desvios da furação que ocorrem para frente da face da bancada podem diminuir sensivelmente o afastamento projetado, o que pode acarretar ultralanchamento. Ocorrendo o desvio para trás da face da bancada, a tendência é aumentar o afastamento, criando áreas ausentes ao efeito da energia dos explosivos daqueles furos, podendo ocasionar formação de repé (saliências rochosas no pé da bancada), fragmentação inadequada e excesso de vibrações no terreno. Desvios laterais modificam a relação de espaçamento planejado, redundando em problemas na fragmentação do material.

Erros na inclinação ou azimute do furo podem levar à perfuração inadequada do comprimento de um furo e modificar as relações de afastamento entre furos projetadas no plano de fogo. Quando ocorre um aumento da subfuração, a tendência é gerar uma maior vibração no terreno devido ao confinamento dos explosivos. Ao contrário, caso o furo não atinja a profundidade planejada, poderá surgir repé na praça de trabalho.

#### 4. DESMONTE COM EXPLOSIVOS

O desmonte de rocha em pedreiras é realizado tradicionalmente por meio de explosivos. Embora várias questões de ordem ambiental, tais como ruído, ultralanchamentos e vibrações transmitidas à vizinhança, a utilização intensa de explosivos, no desmonte em pedreiras, está associado à eficiência da técnica e aos custos associados, muito menores do que no desmonte mecânico.

O planejamento do desmonte, com utilização de explosivos, é influenciado por diversos fatores, os quais necessitam de controle para que os objetivos pretendidos do desmonte sejam efetivamente alcançados. A escolha do método e dos equipamentos de perfuração, a distribuição, o diâmetro e profundidade dos

furos, o tipo de explosivo a ser utilizado e a qualificação da equipe de desmonte são, por exemplo, fatores relevantes para o sucesso do desmonte, mas, as condições geológicas têm papel fundamental e sempre devem ser consideradas no projeto.

Para uma melhor compreensão dos aspectos que envolvem o desmonte de rochas, com utilização de explosivos, é necessário o entendimento dos processos inerentes fragmentação da rocha. A fragmentação inicia com a detonação do explosivo e a partir desse momento ocorre uma interação da ação do explosivo com a rocha (Figura 5). O tipo de explosivo, a geometria da furação imposta ao maciço rochoso, o padrão de iniciação da detonação e as características do maciço rochoso são responsáveis pela fragmentação e formação da pilha desmontada. A detonação do explosivo promove uma liberação de enorme quantidade de energia na forma de calor e pressão de gases de forma rápida e violenta. Diversas teorias desenvolvidas nos últimos anos procuram explicar o mecanismo associados aos processos de fragmentação, sendo que as principais são: reflexão, expansão de gases, ruptura flexural, ondas de tração e expansão de gases, ondas de tração, expansão de gases e ondas de tração/defeitos, nucleação, torque e crateramento (OLOFSSON, 1989).

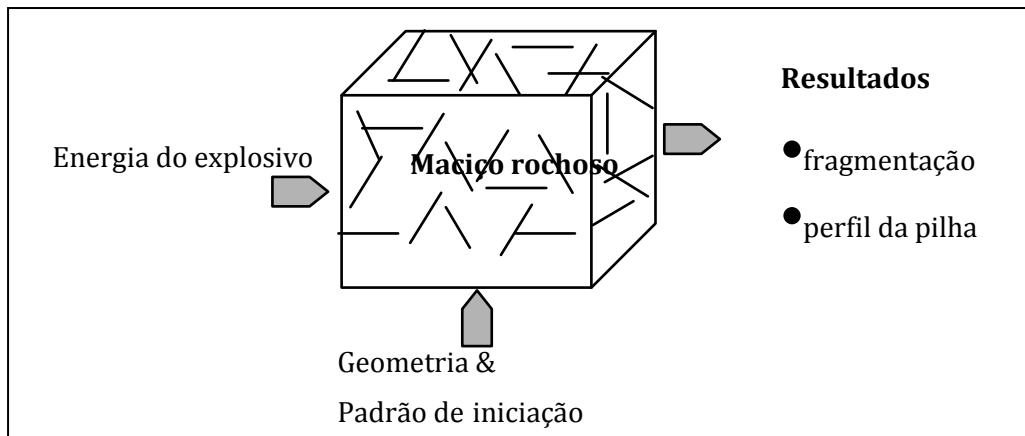


Figura 5 – Interação do explosivo com o maciço rochoso.

Em resumo, com base na detonação do explosivo, o processo compreende, inicialmente, uma forte compressão do maciço rochoso, por uma onda de choque que se propaga pela rocha com velocidades no intervalo de 2.000-7.000 m/s, dependendo do tipo de rocha e do explosivo utilizado. Essa onda de compressão provoca microfissuras no entorno do furo carregado com explosivos, dando início ao processo de fraturamento da rocha. Na sequência, a onda de choque pode sofrer reflexões nas superfícies livres (face da bancada ou planos de descontinuidade existentes na rocha). A onda de compressão é, então, transformada em ondas de tração e cisalhamento, aumentando o processo de fraturamento (Figura 6). Observa-se o alargamento do furo pela onda



compressional, com o aparecimento de fraturas radiais. As ondas de tração geradas pela reflexão das ondas de choque, nas superfícies livres, induzem a continuidade do fraturamento da rocha e o deslocamento (*spalling*) na face da bancada (SCOTT *et al.*, 1996). A seguir, grandes volumes de gás são liberados, que penetram e expandem as fissuras existentes. O gás pode promover, também, o lançamento da rocha no sentido da face da bancada e o mecanismo de ruptura flexural (Figura 7).

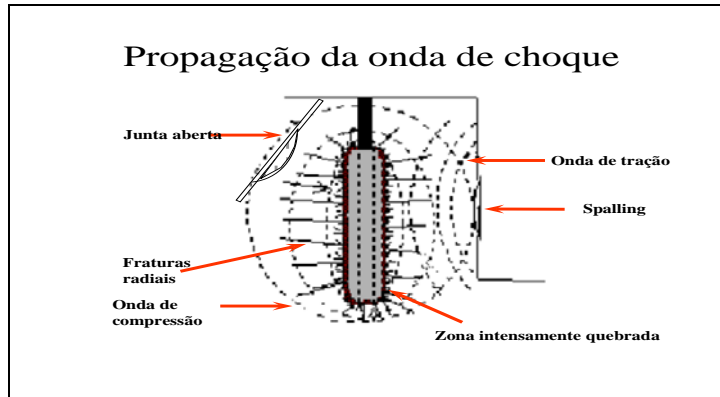


Figura 6 – Propagação da onda de choque no maciço rochoso. (Modificado de SCOTT *et al.*, 1996).

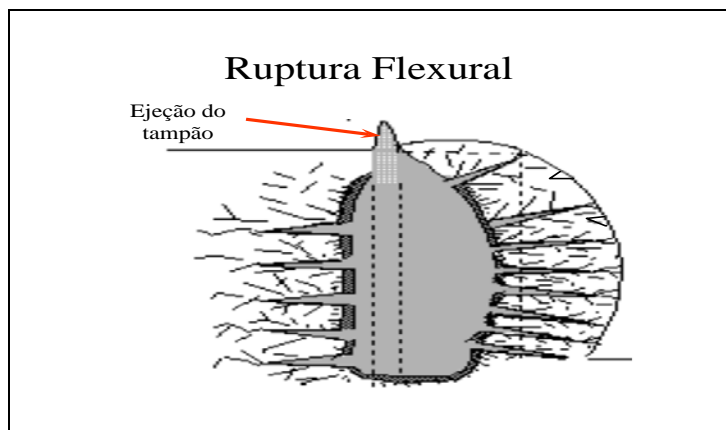


Figura 7 – Ruptura flexural da bancada promovida pela expansão dos gases promovendo o lançamento do material para frente da bancada. (Modificado de SCOTT *et al.*, 1996).

O desmonte de rochas em pedreiras segue o método de bancadas simples ou múltiplas, dependendo do porte e condicionamento topográfico e geológico do maciço rochoso. De um modo geral, no Brasil as lavras em pedreiras são desenvolvidas em encostas e, poucas, são configuradas na forma de cavas (*open pit*). O método de bancadas é o método mais comum para desmontes com

utilização de explosivos. A organização dos furos paralelos a faces livres, permite uma fácil fragmentação do maciço rochoso tornando, dessa forma, o método de bancadas em um dos mais fáceis, eficientes e econômicos de desmonte.

Para uma melhor compreensão do desmonte em bancadas (Figura 8) é necessário estabelecer uma nomenclatura identificando todos os elementos do projeto de desmonte ou do plano de fogo. Esses elementos estão ilustrados nas Figuras 9 e 10.



Figura 8 – Desmonte em bancadas em pedreira de basalto.

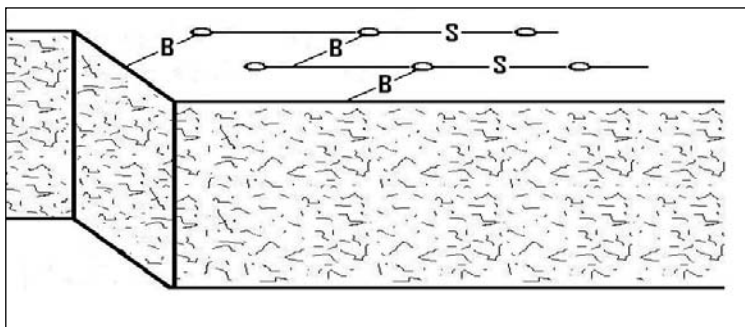


Figura 9 – Diagrama representativo de uma bancada com malha em estilo pé-de-galinha onde estão inseridos: B = afastamento (*burden*) e S = espaçamento (*spacing*).

Observam-se, na Figura 9, os elementos geométricos que constituem a malha de perfuração do plano de fogo. O afastamento (B) ou *burden* corresponde a distância normal da linha de furos até a face da bancada ou a distância normal entre duas linhas de furos e o espaçamento (S) é a distância entre furos de uma mesma linha. A malha pode ser organizada em uma configuração quadrada, retangular ou em pé-de-galinha. A razão entre o espaçamento e o afastamento (S/B) tem grande impacto no resultado da fragmentação e 1,4 pode ser considerado um valor médio satisfatório.

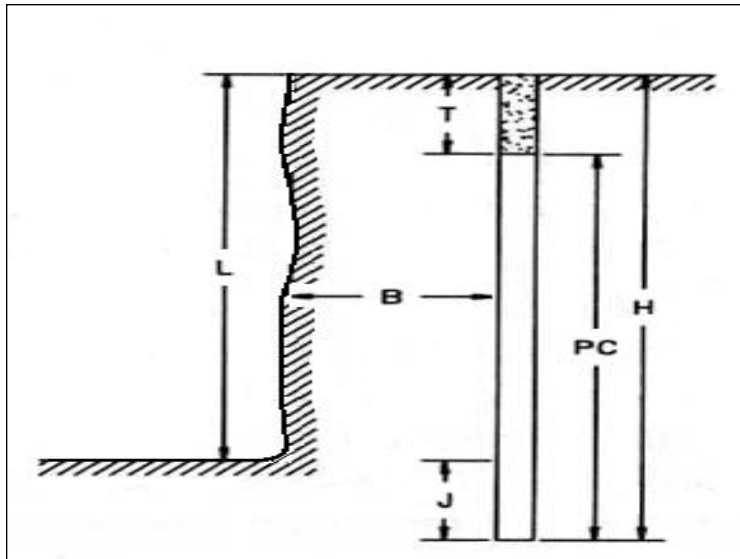


Figura 10 – Seção lateral de uma bancada com delimitação dos elementos geométricos: L = altura da bancada; B = afastamento; T = tampão; H = comprimento do furo; PC = comprimento da carga de explosivos; J = subfuração.

Na Figura 10 ilustram-se os demais elementos necessários à elaboração do plano de fogo. O tampão (T) é constituído por material inerte e tem a função de reter a energia do explosivo no furo, não permitindo que a energia se dissipe pelo topo da bancada, sem realizar a fragmentação esperada. Além disso, serve para controlar e reduzir o ultralançamento. O material utilizado no tampão deve ser granular, por exemplo, brita e o tamanho de partículas dependerá do diâmetro da furação. Pó de furação, embora muito utilizado, deve ser evitado como material do tampão. A subfuração (J) corresponde a um incremento na profundidade do furo, é utilizada muitas vezes no intuito de impedir a formação de repé na bancada.

Outro componente do desmonte, com destaque especial, é o explosivo a ser utilizado. Os explosivos comerciais mais empregados no desmonte em pedreiras podem ser agrupados em duas categorias: (i) ANFO e (ii) emulsões e blendados.

O ANFO é constituído essencialmente por nitrato de amônia (AN) e óleo combustível (FO) e tem densidade em sua maioria entre 0,8 e 0,9 g/cm<sup>3</sup>. Nas emulsões, gotas microscópicas de sais oxidantes, como nitratos de amônia, sódio e cálcio, estão dispersas em uma fase contínua de óleo, formando uma mistura do tipo água no óleo. Outros elementos podem ser adicionados, na matriz da emulsão, para controlar a densidade que em geral varia de 0,7 a 1,35 g/cm<sup>3</sup>. Os blendados correspondem a misturas de ANFO e emulsões.

A seleção de explosivos pode ser feita com base nas condições geológicas da jazida, principalmente, a existência d'água, fraturas e características de resistência da rocha. Quando há a água, deve-se optar por emulsões e blendados. O ANFO é o explosivo mais utilizado em condições secas, devido a sua baixa performance no ambiente aquoso. O baixo custo do ANFO é responsável pela sua grande comercialização. No caso de rochas muito fraturadas, em condições secas, a preferência é, também, pelo ANFO. Quanto mais resistente for a rocha, de um modo geral, deve-se optar por um explosivo com maior densidade.

Outro conceito importante no plano de fogo é a definição da razão de carga ( $R_c$ ), ou seja, a massa de explosivos necessária para fragmentar uma dada quantidade de rocha. A razão de carga é expressa usualmente em  $\text{kg/m}^3$  ou  $\text{kg/t}$ . Na Tabela 2 estão registrados alguns parâmetros que relacionam, de modo preliminar, o tipo de rocha à resistência à compressão e à razão de carga. As condições de fraturamento da rocha devem ser levadas em consideração, em geral, quanto maior o fraturamento menor a razão de carga a ser utilizada. Variações na razão de carga podem ser obtidas modificando-se as relações de afastamento e espaçamento na malha de perfuração. A fragmentação da rocha tende a aumentar com o aumento da razão de carga.

O volume de rocha fragmentado por furo ( $V_f$ ) é calculado multiplicando-se o afastamento pelo espaçamento e pela altura da bancada:  $B \times S \times L = V_f$ . O volume total de rocha ( $V_t$ ) desmontado é calculado multiplicando-se o número de furos ( $N_f$ ) do plano de fogo pelo volume de rocha fragmentado por furo:  $V_f \times N_f = V_t$ .

Tabela 2 – Razão de carga para algumas rochas considerando a sua resistência mecânica.

<b>Tipo de rocha</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>	<b>Razão de carga (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Granito, basalto	> 150	0,70
Dolomito, xistos	100-150	0,45
Arenitos, calcários	50-100	0,30
Carvão	<50	0,15-0,25

Diferentes métodos para dimensionamento do plano de fogo são encontradas na literatura moderna sobre explosivos, destacando-se alguns como (OLOFSSON, 1989), KONYA, 1995 & SEM, 1995). No entanto, métodos empíricos são ainda muito utilizados e, de um modo geral, são de fato a melhor opção para iniciar o planejamento. Os métodos empíricos são de fácil utilização e de simples entendimento. A seguir, são descritos alguns métodos que podem ser utilizados preliminarmente para o projeto de desmonte de rocha com utilização de explosivos e que fazem parte da experiência dos autores e combinação de fórmulas empíricas clássicas.

Para o início do plano de fogo, pode ser adotada uma razão de carga de 500 a 600 g/m<sup>3</sup>. Essa razão de carga assegura uma boa fragmentação de rocha, quando se utiliza a técnica de desmonte em bancadas. Deve-se observar, no entanto, qual é o objetivo do plano de fogo. Caso se necessite uma menor fragmentação da rocha, a razão de carga deve ser reduzida.

O plano de fogo pode ser iniciado pela definição da altura da bancada, a qual depende do diâmetro de furação:

$$L \text{ (altura da bancada)} = 100 \text{ a } 120 D \text{ (diâmetro do furo).}$$

Essa altura é idealizada para os casos onde a perfuração pode ser feita de forma aceitável. Deve ser observado, também, que a altura deverá guardar uma proporção com o afastamento (B), a altura precisa ser pelo menos 4 vezes o afastamento, para se obter uma boa fragmentação. Bancadas muito baixas ocasionam vários problemas, por exemplo, fragmentação inadequada e ultralancamento.

A definição do afastamento (B) e do espaçamento (S) é feita em função do diâmetro do furo e deve guardar uma relação média entre esses fatores de 1,4 ( $S = 1,4 B$ ):

$$B \text{ (afastamento)} = 25 \text{ a } 30 D \text{ (diâmetro do furo).}$$

$$S \text{ (espaçamento)} = 35 \text{ a } 45 D \text{ (diâmetro do furo).}$$

O tampão (T) pode ser dimensionado com valores entre 0,7 a 1,3 vezes o afastamento (B), recomenda-se iniciar com:

$$T \text{ (tampão)} = B \text{ (afastamento).}$$

Caso haja preocupação com ultralancamentos, em pedreiras próximas de áreas urbanas, recomenda-se aumentar o comprimento do tampão. O tamanho do material do tampão deve ser de 1/8 do diâmetro do furo.

A subfuração (J) pode ser necessária para evitar a formação de repé. Quando existem planos de descontinuidade que podem ser utilizados como base da bancada, em geral, não será necessário a subfuração. Utiliza-se a subfuração considerando-se o afastamento:

$$J \text{ (subfuração)} = B/3.$$

O comprimento do furo (H) será:

$$H = L + J \text{ em metros.}$$

O comprimento da carga de explosivos (PC):

$$PC = L + J - T \text{ em metros.}$$

Para se calcular a densidade de carga de explosivos ( $W$ ), em kg/m a ser colocada em cada furo, podem ser utilizadas as tabelas de especificações dos explosivos fornecidas pelos fabricantes, ou utilizar-se a seguinte fórmula:

$$W = SGe \times D^2 / 1273 \text{ (kg/m), onde}$$

$SGe$  = densidade do explosivo;

$D$  = diâmetro do explosivo em mm.

A massa total de explosivos por furo ( $Wf$ ) é calculada da seguinte forma:

$$Wf = PC \text{ (m)} \times W \text{ (kg/m) em kg.}$$

A massa total de explosivos do desmonte ( $Wt$ ) é calculada multiplicando-se o número de furos ( $Nf$ ) pelo  $Wf$  ( $Wt = Wf \times Nf$ ). O volume de rocha a ser desmontado é calculado conforme a formulação já descrita. Conhecendo-se a quantidade de explosivos e o volume de rocha, pode-se calcular a razão de carga ( $Rc$ ):

$$Rc = Wf/Vf \text{ em kg/m}^3 \text{ ou } Rc = Wt/Vt \text{ em kg/m}^3.$$

A razão de carga calculada deve ser comparada com a razão de carga recomendada. Caso não esteja entre o intervalo considerado para promover uma boa fragmentação, devem-se ajustar os elementos do plano de fogo, para atingir essa meta.

A geometria da malha de perfuração pode ser organizada de diferentes formas: quadrada, retangular ou pé-de-galinha. De um modo geral, a configuração em pé-de-galinha permite uma melhor distribuição dos efeitos dos explosivos. O sequenciamento da detonação, também, é fator extremamente importante para o sucesso do desmonte de rocha. O tempo de detonação de cada furo tem implicações na fragmentação do material, no lançamento e forma da pilha de desmontado, na geração de vibrações no terreno e ruídos. Retardos muito pequenos provocam o movimento das últimas fileiras de furos, antes que ocorra o movimento de rocha correspondente ao primeiro afastamento. Isso faz com que ocorra uma menor fragmentação do material e possivelmente dificulte o fraturamento da rocha, atrás da última linha de furos, criando obstáculos à próxima detonação. O intervalo de tempo a ser adotado nos retardos, depende do afastamento efetivo e do espaçamento e deve ser calculado furo a furo e linha por linha.

A Figura 11 ilustra um exemplo de configuração de malha e sequencia de detonação. A opção por uma ou outra configuração dependerá das condições de operação da pedreira e da disponibilidade de equipamentos de carregamento. Carregadeiras frontais, por exemplo, demandam pilhas baixas e podem ser mais espalhadas.

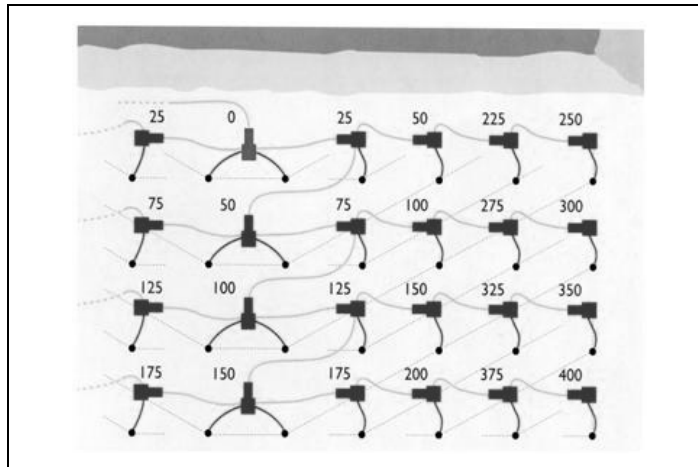


Figura 11 – Configuração de malha regular de furação e sugestão de sequenciamento de detonação.

Para ilustrar a elaboração de um plano de fogo, segue um exemplo para pedra em granito com bancadas verticais de 12 m e diâmetro de furo de 100 milímetros. Nesse caso, as condições dominantes são secas, ou seja, sem água nos furos. Com base nisso, o explosivo selecionado pode ser o ANFO com cartuchos de emulsão como iniciadores (*primers*). Assume-se que a densidade geral, para o ANFO e emulsão, seja de  $0,85 \text{ g/cm}^3$ . A malha de perfuração será feita em pé-de-galinha. Os principais elementos do plano de fogo podem ser dimensionados da seguinte forma:

$$B \text{ (afastamento)} = 25 \times D \text{ (diâmetro do furo)} = 2,5 \text{ m.}$$

$$S \text{ (espaçamento)} = 35 \times D = 3,5 \text{ m.}$$

$$T \text{ (tampão)} = B = 2,5 \text{ m.}$$

$$J \text{ (subfuração)} = B/3 = 0,83 \text{ m, adota-se } 0,8 \text{ m.}$$

$$H \text{ (comprimento do furo)} = L + J = 12,8 \text{ m.}$$

$$PC \text{ (comprimento da carga de explosivo)} = H - T = 10,3 \text{ m.}$$

$$W \text{ (densidade de carga do explosivo)} = SGe \text{ (densidade do explosivo)} \times D^2/1273 \text{ (kg/m)} = 6,67 \text{ kg/m.}$$

$$Wf \text{ (massa total de explosivos por furo)} = PC \times W = 68,7 \text{ kg.}$$

$$Vf \text{ (volume de rocha fragmentado por furo)} = B \times S \times L = 105 \text{ m}^3.$$

$$Rc \text{ (razão de carga)} = Wf/Vf = 0,654 \text{ kg/m}^3.$$

Os elementos do plano de fogo assim definidos servirão para um bom início do desmonte. A otimização do desmonte poderá ser feita à medida que os parâmetros de fragmentação desejados não são alcançados.

## 5. CARREGAMENTO E TRANSPORTE

O carregamento e transporte em pedreiras, tradicionalmente, é feito com o sistema carregadeira frontal/caminhão (Figura 12). Outras opções de equipamentos para o carregamento incluem pás-carregadeiras (*shovels*) ou escavadeiras. A Figura 13 ilustra esquematicamente esse sistema. O transporte por caminhão vai desde a frente de lavra, até a unidade de britagem e depois para o mercado consumidor.

Os crescentes aumentos no preço do petróleo, considerando-se ainda que a tendência de crescimento de preços será mantida para os próximos anos, têm feito com que os operadores de pedreiras procurem melhores práticas e tecnologias para permanecerem competitivos no mercado. O sistema de carregamento e transporte utilizado hoje, na maioria das pedreiras brasileiras, baseado no caminhão, compõe um grande fator de custo nas operações de produção de brita. O sistema de transporte por caminhões é tradicionalmente preferido pelos engenheiros de minas, devido a grande flexibilidade e mobilidade do equipamento.



Figura 12 – Sistema carregadeira frontal/caminhão usualmente empregado em pedreiras com trator dando suporte em operações auxiliares.

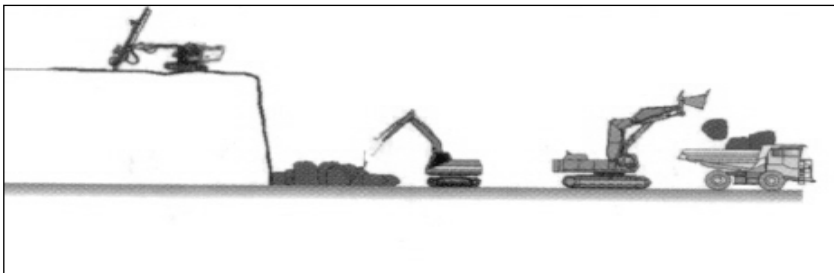


Figura 13 – Sistema de carregamento e transporte usualmente utilizado em pedreiras. Esquematização mostrando sistema escavadeira/caminhão.



Uma das possibilidades para reduzir o uso de caminhões seria a adoção de um sistema contínuo de transporte, as correias transportadoras. Esse sistema pode ser favorecido caso seja instalado uma unidade móvel de britagem (Figura 14) a ser empregada nas frentes de lavra. Em 1956, o primeiro sistema de britador móvel foi instalado em uma pedreira de calcário na Alemanha (SATTARVAND & NIEMANN-DELIUS, 2007). O britador permitiu ao operador da pedreira tirar vantagem de um sistema de correia transportadora, eliminando os custos de transporte por caminhões e de construção e manutenção de estradas. Desde aquela época, o número e a capacidade de unidades móveis de britagem e sistemas de correia transportadora cresceram, tornando-se uma das alternativas mais favoráveis, não apenas para pedreiras, mas, também, para grandes minas a céu aberto. Esse tipo de sistema diminui muito o custo com energia, no entanto, representa custos elevados de investimentos, justificando o seu uso apenas para operações que envolvam grandes volumes de minério e intenso transporte. Outra desvantagem é que nos casos de quebra de equipamento, isso implica na parada total do sistema.



Figura 14 – Planta de britagem móvel.

Outras possibilidades de uso de equipamentos, diretamente nas frentes de lavra, incluem a utilização de peneiras móveis (Figura 15) e unidades integradas com britagem e peneiras móveis (Figura 16). Esses sistemas de pequeno porte permitem britagem e/ou seleção de material na frente de lavra. A alimentação dessas unidades móveis pode ser feita com escavadeiras e/ou carregadeiras, cuja sequência de transporte, pode ser combinada com caminhões.



Figura 15 – Peneiras móveis utilizadas diretamente na frente de lavra.

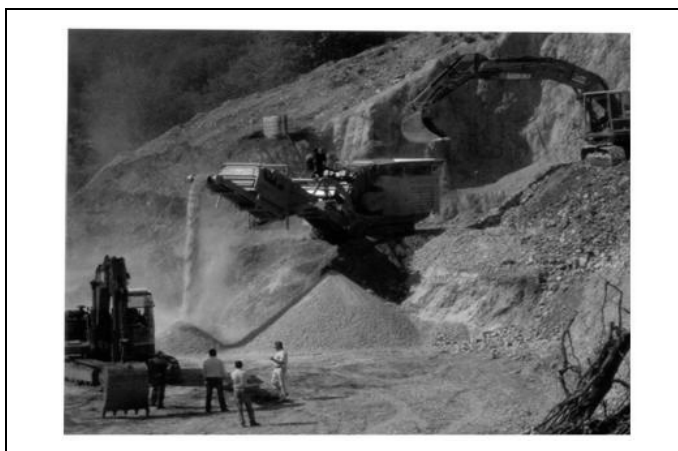


Figura 16 – Unidade móvel compacta incluindo britagem e peneiras. Escavadeiras fazem o carregamento.

## 6. IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais decorrentes das operações mineração nas pedreiras estão ligados essencialmente às operações unitárias de perfuração e desmonte de rochas, transporte e carregamento do material desmontado e cominuição na unidade de britagem. Impactos visuais são decorrentes das operações mineração de um modo geral e são de difícil avaliação.

Os impactos associados com o desmonte de rochas especificamente estão relacionados à propagação de vibrações no terreno, pressão acústica ou ruídos, ultralanchamentos, poeiras, gases e lixiviação de elementos químicos constituintes dos explosivos para a água subterrânea. Esses impactos são mais significativos quando as pedreiras estão próximas a áreas urbanas. Assim, as pedreiras são alvo

de reclamações por parte da população, decorrentes, em geral, do incômodo proporcionado por ruídos, poeira e vibrações. Portanto, é essencial que haja um controle desses impactos minimizando sua intensidade além dos limites da empresa.

A Figura 17 ilustra os impactos relacionados diretamente à operação de desmonte de rochas com utilização de explosivos. Observa-se que as ondas sísmicas compressionais (P) e de cisalhamento (S) se propagam pelo terreno e pode chegar até estruturas civis (casa, edifício, etc.). À medida que essas ondas se afastam do ponto de detonação elas são atenuadas pelo terreno. Estruturas próximas da detonação poderão sofrer danos, dependendo da intensidade dessas vibrações. Limites para avaliação de risco de danos foram estabelecidos pelo NBR 9653 (ABNT, 2005) – “Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos pelas minerações em áreas urbanas” com base na velocidade de vibração de partícula de pico, na frequência de vibração de partícula, no deslocamento de partícula de pico, no critério de distância escalonada e em limites de pressão acústica.

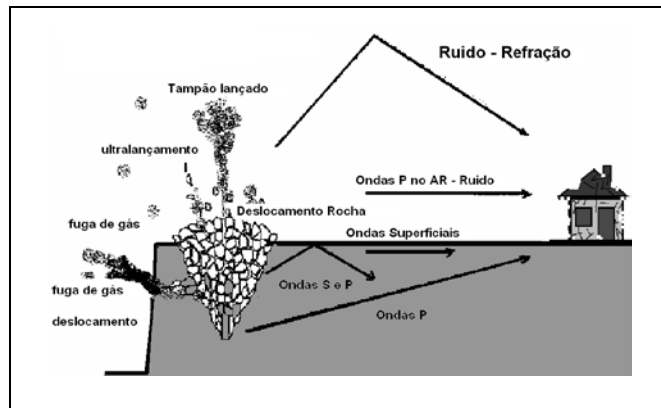


Figura 17 – Impactos provocados pela detonação dos explosivos na frente da pedreira. As ondas P e S podem atingir estruturas próximas às áreas de detonação provocando vibrações e as ondas P propagadas no ar podem provocar ruídos atingindo estruturas próximas. Observam-se, também, eventos de ultralancamento e fugas de gás.

Os limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixa de frequência, estabelecidos pela NBR 9653, acima dos quais podem ocorrer danos induzidos pela propagação de vibrações no terreno estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixa de frequência (NBR 9653).

<b>Faixa de Frequência</b>	<b>Limite de velocidade de vibração de partícula de pico</b>
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

Nota: para valores de frequência abaixo da 4 Hz deve ser utilizado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico).

A pressão acústica medida além da área de operação da pedreira não deve ultrapassar o valor de 100 Pa, o que corresponde a um nível de pressão acústica de 134 dBL pico.

Ultralaçamento é definido pela NBR 9653 como sendo o arremesso de fragmentos de rocha decorrente do desmonte com uso de explosivos, além da área de operação. Dessa forma, esse ultralaçamento não deve ocorrer além da área de operação da pedreira, respeitadas as normas internas de segurança de operação de desmonte. Vale lembrar, que o empreendedor deve considerar, também, a necessidade de evitar danos provocados por ultralaçamento em sua própria estrutura.

De um modo geral, poeiras, gases e lixiviação de elementos químicos para água subterrânea em operações de pedreiras promovidos pelo desmonte de rochas com utilização de explosivos não são muito significativos. A poeira se concentra em maior quantidade na operação de britagem e movimentação de caminhões, podendo ser controlada por aspersão de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERNBERG, H. (2005). Principles of rock blasting. In: Surface Drilling, Atlas Copco, Suécia, p. 6-8.
- KERBER, R., TUDESHKI, H. e REBEHN, T. (2007). Investigation into piercing rectilinear blastholes into hard rock. In: Aggregates International, Julho/Agosto, Alemanha, p. 22-31.
- KONIA, C. J. (1995). Blast Design. Intercontinental Development, Montville, Ohio, USA, 230p.
- NBR 9653 (2005). Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos pelas minerações em áreas urbanas- Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 10p.
- SATTARVAND, J. e NIEMANN-DELIUS, C. (2007). The crude oil price fluctuations and its effect on haulage system of large hard-rock open pit mines. In: Aggregates International, Julho/Agosto, Alemanha, p. 44-50.

- SCOTT, A., COCKER, A., DJORDJEVIC, N., HIGGINS, M., LA ROSA, D., SARMA, K. S. e WEDMAIER, R. (1996). Open pit blast design – Analysis and Optimisation. JKMRC Monograph Series in Mining and Mineral Processing, Queensland, Austrália, 338p.
- SEN, G. C. (1995). Blasting Technology for Mining and Civil Engineers. University of New South Wales Press Ltd, Sydney, Austrália, 146p.
- OLOFSSON, S. O. (1989). Applied Explosives Technology for Construction and Mining. Applex, Suécia, 200p.



**CAPÍTULO**

---

---

**8**

---

# **PROJETO DE INSTALAÇÕES DE BRITAGEM**

Arthur Pinto Chaves  
Engenheiro Metalurgista-EPUSP  
Professor Titular de Tratamento de Minérios  
Departamento de Engenharia de Minas e de  
Petróleo, Escola Politécnica da USP





## 1. OPERAÇÕES UNITÁRIAS

As engenharias de minas, metalúrgica, química, de alimentos, entre outras especialidades, trabalham com operações unitárias. Isto é, os procedimentos e equipamentos utilizados são sempre os mesmos e a arte do engenheiro de processos consiste em combiná-los de modo a ter o melhor resultado possível.

No Tratamento, temos operações de britagem, peneiramento e classificação, além do intenso manuseio em transportadores de correia. Na lavra, as operações unitárias são:

- remoção da cobertura (decapeamento);
- perfuração;
- carregamento e desmonte;
- transporte do R.O.M. - R.O.M. significa "run of mine", produto da mina.

Na literatura americana também se encontra R.O.Q, "run of quarry", produto da pedreira.

A remoção da cobertura consiste em retirar o solo que cobre o maciço e expô-lo para permitir a sua exploração. O solo arável deve ser separado e cuidadosamente removido e estocado para ser aproveitado no trabalho futuro de recuperação da área degradada. O estéril que cobre o maciço precisa ser transportado para locais de disposição, denominados de "bota-foras" e aí disposto em pilhas geotecnicaamente estáveis. Estes bota-foras, quando prontos, são cobertos com o solo arável - calado e adubado - e revegetados.

A perfuração consiste em fazer um furo no piso da bancada (*berma - glossário*), que será carregado com explosivo. A perfuração é feita com perfuratrizes rotativas. O furo precisa ultrapassar um pouco (30% da altura da bancada) o nível do piso da berma. Caso isto não seja feito, o pé da bancada não ficará horizontal e formará o que é chamado "*repé*" (*glossário*).

Uma vez aberto o furo, ele é carregado com explosivo. Esta operação é muito delicada e precisa ser feita por profissionais especializados (*Blasters - glossário*) e habilitados pelo Ministério do Exército. O explosivo é uma substância que quando entra em combustão gera, em curto período de tempo, volumes enormes de gases aquecidos que, na sua expansão destroem tudo o que encontram pela frente. Para detonar o explosivo é necessário um outro componente, que é o iniciador ou *escorvador* (*glossário*). Este é outro explosivo, de menor poder de desmonte, mas de combustão mais rápida, que serve para detonar o explosivo.

Se fizermos um furo no meio de um maciço e o detonarmos, não haverá desmonte nenhum, apenas fraturamento da rocha. Para haver o desmonte é necessário que haja uma superfície livre próxima. Desta forma, os furos são feitos a uma distância conveniente da parede da bancada. Geralmente são feitas duas ou

três linhas de furos paralelas à parede da bancada. Ao ser detonada a primeira linha de furos, as ondas de choque da explosão atingem a parede livre e a rocha é desmontada. Abre-se então uma nova parede livre que será utilizada no desmonte da segunda linha de furos, alguns mili-segundos após, abrindo, mais uma vez, nova parede livre, que será utilizada pela terceira linha de furos, na terceira detonação.

A rocha desmontada é então carregada em caminhões para ser transportada até a britagem. A prática usual, em pedreiras, é fazê-la com pás carregadeiras. Estas usualmente têm os pneus das rodas da frente de borracha maciça e trabalham protegidas por correntes de aço, pois os fragmentos de rocha têm bordas cortantes. Existe uma variedade muito grande de caminhões utilizados, desde caminhões fora-de-estrada até caminhões basculantes normais.

Eventualmente aparecem blocos muito grandes para serem alimentados ao britador. Eles precisam ser quebrados na frente de lavra.

A prática antiga era perfurar esses blocos com perfuratrizes manuais, carregá-los e fazer o chamado "desmonte secundário", também chamado de "fogacho". Esta prática vem sendo abandonada, pois causa muitos inconvenientes, como o ruído excessivo e a possibilidade de ultra-lançamentos, isto é, fragmentos de rocha lançados a grandes distâncias, até mesmo fora dos limites da propriedade, causando revolta e medo na vizinhança. Isto porque a massa do bloco, por maior que seja, é muito pequena em relação à da bancada e o efeito do explosivo mostra-se muito mais enérgico.

Uma prática alternativa é a "drop ball" (Figura 1), que entretanto exige carregadeiras hidráulicas em lugar das pás carregadeiras (a caçamba da carregadeira abre-se por baixo, para descarregar sobre o caminhão, diferentemente da pá carregadeira, que precisa ser virada). Uma bola de aço de 5t fica à disposição da carregadeira. Os blocos superdimensionados são empurrados por ela para o lado. Nos momentos em que ela está ociosa, isto é, que não há caminhões para carregar, ela carrega a bola e a descarrega sobre o bloco. Dois ou três impactos geralmente são suficientes para quebrá-lo.



Figura 1 – Drop ball.

Esta prática é muito mais sadia dos pontos de vista do meio ambiente e da segurança do trabalho, que o desmonte secundário. Entretanto exige carregadeiras hidráulicas e a bola, que não são equipamentos padrão para pedreiras, ambos caros.

Marteletes pneumáticos, também denominados de rompedores hidráulicos, instalados num braço de retro-escavadeira vêm sendo intensamente utilizados. Têm boa mobilidade, investimento menor e são muito flexíveis em termos operacionais.

## **2. PROJETO DE PEDREIRAS**

### **2.1. Problemas Ambientais**

Brita é um produto de baixo valor agregado. A maior parcela do seu custo posta no consumidor é o transporte. Por isto, este precisa ser minimizado. Desta forma, grande número de pedreiras fica próximo aos núcleos habitacionais que irão consumir o seu produto. Outras vezes, a pedreira instala-se num local isolado, mas a cidade cresce, chega até ela e a cerca.

Os conflitos com a vizinhança tornam-se inevitáveis. Razões para isto não faltam: trânsito de caminhões pesados, poeiras, vibrações e ruído de detonações. Se o projeto levar em conta estas fontes de incômodo para a vizinhança, os conflitos poderão ser muito minorados.

De todas as queixas da vizinhança, as maiores dizem respeito às poeiras.

A implantação de barreiras verdes nos limites da propriedade, com árvores de crescimento rápido, como eucalyptus ou pinus, é uma solução muito eficiente. Não só porque afasta da visão da vizinhança a instalação industrial, como também porque pode ser muito efetiva na contenção das poeiras. É preciso lembrar, entretanto, que apenas um renque de árvores ou de arbustos costuma ser insuficiente, pois as árvores altas oferecem proteção tão somente contra os ventos altos e precisam ser complementadas com barreiras arbustivas, que forneçam uma barreira contra os ventos de superfície. Desta maneira, uma barreira verde, para ser eficiente, tem que ter sempre dois renques, um de árvores altas e outro de arbustos.

Outra solução de projeto consiste no alinhamento dos eixos das pilhas com a direção dos ventos predominantes, de modo a diminuir a secção exposta. Com a pilha alinhada com a direção dos ventos, a secção da pilha exposta a eles diminui muito e em consequência, também a quantidade de material arrastado.

No mesmo sentido, a construção dos pátios e instalações de manuseio e britagem a jusante dos edifícios e oficinas (referentemente à direção dos ventos) é uma providência indispensável, porém frequentemente negligenciada. A poeira acarreta, além do incômodo, problemas de saúde, bem como aumenta o desgaste dos equipamentos. Esta providência simples e sadia - infelizmente muitas vezes

negligenciada - é a de tão somente não locar nada no caminho que as poeiras percorrerão, ou seja, locar todas as instalações ao lado ou a montante das pilhas em relação ao vento.

Outra solução obrigatória é a de aspergir água nos transbordos de caminhões e de transportadores de correia. Esta solução, se bem que eficaz, traz consigo problemas como o desgaste dos bicos aspersores, aumentando a umidade da rocha e dificultando as operações subsequentes.

Para diminuir esse desgaste, é necessário diminuir a viscosidade da água, mediante o uso de sabões ou outros tensoativos.

Estes reagentes atuam também diminuindo o tamanho das gotas - a área específica de cada uma delas aumenta muito, fazendo crescer, na mesma proporção, a capacidade de abatimento. A diminuição do tamanho da gota também é benéfica sob o aspecto fluido dinâmico: estamos falando de poeiras, ou seja, de partículas sólidas muito pequenas, tão pequenas que estão sendo arrastadas pelo vento, que é o que queremos impedir. A corrente de ar e as poeiras se deslocam segundo linhas de corrente. Quando encontram um obstáculo, estas linhas de corrente se desviam dele e o contornam. Uma gota d'água de grande volume pode atuar como um obstáculo, desviando as linhas de corrente e impedindo que as partículas batam nela para poderem ser umedecidas e abatidas, como mostra a Figura 2. Se o diâmetro da gota for diminuído, ela deixa de se constituir num obstáculo para o deslocamento das partículas sólidas, que passam a colidir com ela, e são então umedecidas e abatidas. A aspersão adequada é portanto, uma névoa de água.

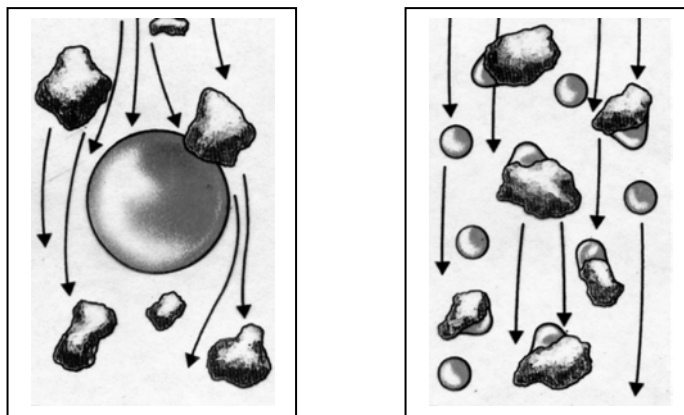


Figura 2 - Efeito do tamanho da gota no abatimento da poeira.

Existem ainda outras maneiras de atacar o problema das poeiras, muitas das quais precisam ser utilizadas em conjunto:

- uso de chutes que confinam o fluxo de partículas: a Figura 3 mostra um chute sanfonado e outro telescópico para serem montados na ponta de transportadores. Este dispositivo impede a ação do vento sobre o fluxo que cai sobre uma pilha e vai sendo retraído à medida que a pilha sobe.

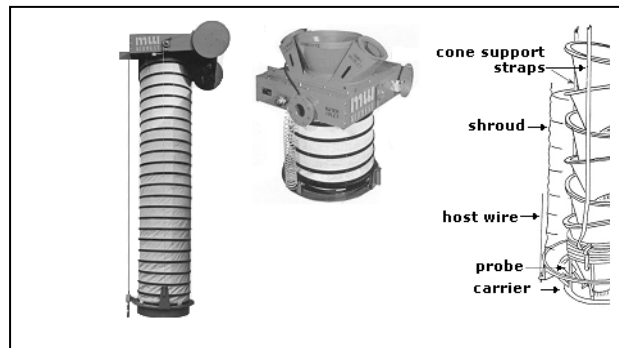


Figura 3 – Chutes confinantes.

Outro problema ambiental recorrente é a disposição dos óleos, graxas e restos de lubrificantes utilizados. Um litro de óleo jogado nos condutos pluviais contamina 1.000 m<sup>3</sup> de água! A disposição deve ser cuidadosa, portanto.

A água efluente das baias para lavagem de caminhões e tratores, bem como a água efluente das baias de lubrificação arrastam lâminas de óleo. Elas precisam passar por um dispositivo de contenção, como o mostrado na Figura 4. Antes de serem lançadas na rede local, as águas são encaminhadas para a caixa A. Esta se comunica com a caixa B e só depois de passarem por esta as águas são encaminhadas ao meio ambiente. O projeto faz com que a passagem da caixa A para a caixa B seja feita em nível inferior ao da descarga da caixa A. Assim, os óleos e graxas flutuam na caixa A e não podem passar para a caixa B. Periodicamente eles precisam ser retirados.

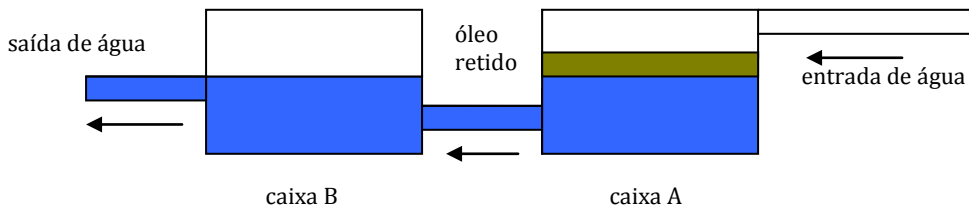


Figura 4 – Caixa de retenção de óleos e graxas.

As águas pluviais costumam arrastar os sólidos particulados mais finos. Por isto, precisam ser contidas dentro dos limites da pedra. Um sistema de valetas de drenagem da área industrial precisa ser projetado, construído e mantido em condições operacionais permanentes. A água drenada deve ser conduzida a um

local de acumulação, onde as partículas sólidas tenham condições de sedimentar até que a água clarificada possa transbordar e ser conduzida aos cursos d'água locais.

Melhor ainda é conter toda a água dentro dos limites da propriedade e recirculá-la internamente. Para isto, evidentemente, é necessário ter área suficiente para a bacia de sedimentação poder acumular toda a água de chuva e fornecê-la, recuperada, com a qualidade necessária.

## **2.2. Instalações Auxiliares**

O paiol de explosivos é uma construção de projeto especial. Existem normas rígidas, do Ministério do Exército, a serem seguidas, dentre as quais destacamos:

- o teto deve ser simplesmente apoiado sobre as paredes, não tendo amarração nenhuma a elas. Em caso de explosão, ele será lançado para cima, protegendo as paredes e as instalações laterais;
- o prédio do paiol deve ser isolado e manter distâncias mínimas com as demais instalações;
- o prédio não pode ter instalações elétricas (nem lâmpadas, nem interruptores) que produzam faísca;
- tanto quanto possível, recomenda-se construí-lo num buraco, de modo que as paredes do buraco sirvam de proteção adicional, em caso de explosão;
- não podem ser guardadas, no paiol, ferramentas ou utensílios, mas apenas os explosivos e acessórios;
- a porta do paiol fica sempre trancada e apenas o encarregado tem a chave.
- periodicamente, o chão do paiol precisa ser lavado. Manchas no chão são decorrentes do vazamento de nitroglicerina das caixas;
- a abertura das caixas de explosivo só pode ser feita fora do paiol, a uma distância mínima de 15 m. Deve-se evitar o uso de ferramentas de metal, nesta operação;
- obviamente, é proibido fumar ou acender fósforos e isqueiros.

O mesmo cuidado precisa ser tomado com referência à proteção contra descargas atmosféricas e aterramento das instalações. A rede de proteção contra descargas atmosféricas (raios) precisa circundar toda a área onde se trabalhe com explosivos, especialmente o paiol. Os pára-raios precisam ser mantidos em condições de uso e especialmente os cabos de aterramento precisam ser

aterrados em solo úmido. Adicionar sal de cozinha ao solo, no ponto de aterramento, costuma ser eficaz em termos de aumentar a umidade do solo naquele ponto.

Além das instalações produtivas, a pedreira terá instalações auxiliares. É preciso levá-las em conta, no projeto e nas estimativas de investimento. Estas instalações não são nada desprezíveis. Valle (1975) relaciona as áreas necessárias para alguns tipos de edifício:

**escritórios:** as áreas básicas são:

sala individual para cargos de chefia: 8 a 10 m<sup>2</sup>,

sala para funcionários graduados (dois por sala): 10 m<sup>2</sup>,

serviços de digitação - mínimo por digitador (a): 3 m<sup>2</sup>,

funcionários administrativos em salão coletivo, por funcionário: 5 m<sup>2</sup>,

sala de reunião para 6 pessoas: 14 m<sup>2</sup>,

salas de espera, por pessoa sentada: 1,5 m<sup>2</sup>,

sala de desenho, por desenhista: 7 a 8 m<sup>2</sup>,

**refeitório:** para indústrias com área construída superior a 500 m<sup>2</sup>, em São Paulo, deve haver 1 m<sup>2</sup> de refeitório para cada 60 m<sup>2</sup> de área construída. O pé direito mínimo é de 3 m, e as paredes devem ser laváveis até 1,80 m, no mínimo.

**estacionamento:** 20 a 25 m<sup>2</sup> por vaga, já computadas as vias de circulação interna e as faixas de manobras.

**vias de circulação:**

largura recomendada para eixos principais: 10,0 m,

largura mínima para outras vias principais: 6,0 m,

largura mínima para vias secundárias: 3,0 m,

largura mínima para cruzamento de dois caminhões: 5,5 m,

largura mínima para passagem de um caminhão: 2,5 m,

largura mínima para circulação de pedestres - 1 pessoa: 0,65 m,

2 pessoas: 1,20 m,

3 pessoas: 1,70 m,

---

\* Acredito que este valor é para desenhos feitos em prancheta. Com o advento do “computer aided design” este valor deve cair para 4 ou 5 m<sup>2</sup>.

largura mínima de corredores conduzindo à saída do local de trabalho: 1,2 m.

**ambulatório:** indústrias com 100 a 300 empregados: 35 m<sup>2</sup>, com 301 a 500 empregados: 60 m<sup>2</sup>, com mais de 500 empregados: 250 m<sup>2</sup>. Salas de consulta médica devem ter 9 a 12 m<sup>2</sup>, salas de cirurgia de 20 a 25 m<sup>2</sup>, sala de raios-X, 10 a 12 m<sup>2</sup>, consultório odontológico, 10 a 12 m<sup>2</sup>.

**centro de treinamento:** as salas de aula devem ter uma área mínima de 1,5 m<sup>2</sup> por participante e pé direito mínimo de 3 m.

**creche:** onde trabalhem, pelo menos 30 mulheres com mais de 16 anos, deve ter creche com área mínima de 3 m<sup>2</sup> por criança (uma para cada 30 funcionárias).

O afastamento mínimo entre berços e dos berços à parede deve ser de 50 cm.

### **Plano de fogo**

O plano de fogo é a ferramenta básica do engenheiro de minas. Ele quantifica a furação a ser feita, a quantidade de explosivos a ser carregada, o modo de fazê-lo e o sequenciamento das explosões. Trata-se dum trabalho especializado, muitas vezes disponibilizado pelo próprio fornecedor dos explosivos.

Um aspecto para o qual só recentemente passou a ser dada atenção, é que a pedra, apesar do seu aspecto sólido e monolítico, é percorrida por milhares de fraturas. Estas fraturas se constituem em direções principais de fraqueza e podem ser utilizadas para otimizar o desmonte.

Desta forma, o mapeamento das fraturas no maciço e o planejamento do desmonte, tomando em conta as particularidades de cada local (a direção do fraturamento pode mudar dentro do maciço) é uma prática consagrada em muitas companhias. Outrossim, a otimização do consumo de explosivos levando em conta a operação de britagem primária ("*mine to mill*" - *glossário*) permite aumentar a produção do britador primário, diminuir o porte do equipamento e economizar custos operacionais em energia e materiais de consumo, como mandíbulas, mantos e côncavos.

A altura das bancadas e a largura das bermas também precisam ser calculadas, cuidadosamente, de modo a otimizar o trânsito dos equipamentos e a permitir o manuseio seguro da rocha desmontada. A inclinação resultante deve atender as exigências de estabilidade geotécnica para garantir a segurança das pessoas e equipamentos. Pedreiras antigas eram feitas em barrancos muito altos, o que é um absurdo, em termos de engenharia de minas. Esta prática precisa ser corrigida e eliminada!



Em princípio, a instalação deve ser planejada de modo a aproveitar ao máximo a declividade do terreno: os caminhões deveriam sempre descer carregados e subir vazios.

### 3. AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS E CUSTOS OPERACIONAIS

A palavra "projeto" traz à mente a ideia de um conjunto de planos, especificações e desenhos a partir dos quais uma obra pode ser executada. Isto é verdade apenas para a etapa conhecida como "projeto executivo", que é o projeto que será executado. Antes desta etapa, usualmente precisam ser percorridas outras etapas, que são a pré-viabilidade técnica e econômica, o projeto conceitual e o projeto básico. Os nomes variam de empresa para empresa ou de local para local, mas a ideia é sempre a mesma: existem projetos que não serão executados, mas que são importantes para que se possa tomar a decisão de encarar o empreendimento ou não, e, em caso positivo, conhecer com alguma precisão, o montante de despesas com investimento e custos operacionais. Outra informação importantíssima fornecida por estas etapas é o cronograma de obras e de investimentos.

Muitos fornecedores de equipamentos oferecem a engenharia embutida na venda dos seus produtos. Estes serviços, obviamente, não são grátis: o seu custo, certamente, está embutido no custo da venda. Aceitando esta engenharia feita pelo fabricante, em vez de contratar um consultor ou uma empresa de engenharia independente, o cliente obviamente não está fazendo, portanto, nenhuma economia. Mais do que isto, perde a opção de escolher entre os muitos equipamentos oferecidos no mercado, eventualmente encontrando algum item de outro fabricante que seja melhor adaptado às suas necessidades específicas.

No que se refere à estimativa dos investimentos, é importante ressaltar que a sua precisão aumenta, conforme os trabalhos de engenharia forem sendo cada vez mais completos. Mesmo assim, um projeto executivo, em que o projeto de todas as instalações tenha sido detalhado até o nível necessário para a sua efetiva execução, fornece uma estimativa que ainda não é exata: o erro da estimativa é de +10-5%.

A estimativa feita no projeto executivo foi feita a partir de relações completas de materiais e serviços. Outras estimativas mais grosseiras podem ser feitas para etapas anteriores - etapas de decisão, onde se deseja apenas ter um quantitativo de gastos para decidir se entra no negócio ou se desiste dele.

A regra dos seis décimos, segundo a qual:

$$\left( \frac{\text{investimento na usina 1}}{\text{investimento na usina 2}} \right) = \left( \frac{\text{capacidade da usina 1}}{\text{capacidade da usina 2}} \right)^{0,6}$$

pode ser usada para estimativas muito preliminares, quando não existir nenhuma informação melhor, exceto o investimento noutro negócio semelhante, mas de capacidade de produção diferente.

Outra maneira de se avaliar os equipamentos é através de regras análogas à regra dos seis décimos, quando se conhece o valor de equipamentos de mesma natureza (as empresas de mineração dispõem dessas informações em seus arquivos e as empresas de engenharia dispõem de bancos de dados permanentemente atualizados). O Prof. Mullar da Universidade da Columbia Britânica - (UBC) verificou que, de uma maneira geral, os valores de equipamentos variam segundo a lei:

$$\text{investimento} = a \cdot (\text{parâmetro típico})^b$$

onde esse parâmetro típico é área de peneiras, a área da boca de britadores de mandíbulas etc. A Tabela 1 mostra os parâmetros desta equação para os equipamentos mais comuns, segundo a pesquisa de Parkinson e Mullar (MULLAR, 1978).

Tabela 1 – Parâmetros da equação do Prof. Mullar.

Equipamento	Capacidade ou Tamanho	Parâmetro	a	b	Observação
Britadores cônicos	2 a 7 ft	diâmetro cone	4,154	1,80	sem motor
Britadores giratórios primários secundários	30 x 65" a 60 x 109"	gape ou d.manto	3,58	1,41	idem
	16 x 50" a 30 x 70"	idem	147,1		idem
Britadores de martelo	9 x 17" a 14 x 25"	abertura alim.	235	0,57	idem
	15 x 25" a 47 x 90"	idem	56,3	0,88	idem
Britador mandíbulas	15 x 24" a 60 x 48"	idem	6,0	1,28	idem
Britador de rolos					s/motor e
pesados	2ft x 40 a 72"	compr.do. rolo	11250	0,20	transmissão
	2,5 ft x 40 a 72"	idem	8120	0,38	idem
	3 ft x 50 a 72"	idem	1700	0,84	idem
leves	2 ft x 30 a 60"	idem	2710	0,37	idem
	2,5 ft x 5 <sup>a</sup> a 100"	idem	1340	0,63	idem
Moinhos de martelos	6 x 4 a 45 x 60"	abertura alim.	217	0,67	s/m, tr. e acionamento

O Manual de Britagem Metso (p. 8-19) fornece os valores de *a* e *b* para os principais equipamentos de sua fabricação, base US\$, de data não indicada. Por exemplo, para transportadores de correia de 36", entre 5 e 150 m de comprimento, *a* = 300 e *b* = 1,13. O valor de um transportador de 36", de 100 m de comprimento, seria então:

$$\text{valor} = 300.(100)^{1,13} = \text{US\$ } 54.591,03.$$

Este valor, obviamente, precisaria ser corrigido pela variação inflacionária do real e pela variação da paridade do dólar, donde a necessidade de se conhecer a data.

Nossa sugestão é utilizar o valor de  $b$ , como expoente, da mesma forma que na regra dos seis décimos, *a partir do valor já conhecido de um equipamento semelhante*, isto é:

$$\begin{aligned} \text{valor do equipamento 1} &= a (x_1)^b \\ \rightarrow \frac{\text{valor eq.1}}{\text{valor eq.2}} &= \frac{x_1}{x_2}^b, \\ \text{valor do equipamento 2} &= a (x_2)^b \end{aligned}$$

onde  $b$  é o valor fornecido pelo fabricante ou pelo artigo do Prof. Mullar.

A dose de subjetividade envolvida nestas avaliações é portanto muito grande e sempre haverá campo para controvérsia ou discussão. Note-se, entretanto, que tudo isto corresponde a apenas um primeiro processo decisório - é necessário decidir se vai ou não gastar dinheiro com a jazida.

O mesmo Manual de Britagem Metso fornece uma tabela e gráficos, à p. 8-10, com a incidência média, para as condições brasileiras, dos insumos sobre o custo operacional de instalações de britagem. Estes valores são os seguintes:

	Item	Incidência (%)	
		No item sobre o total	
Perfuração e desmonte transporte britagem			25
			40
			35
	depreciação		20
	pessoal		10
	insumos		70
Insumos	explosivos	19	13
	perfuração	14	10
	peças de desgastes - britagem	13	9
	peças de reposição - britagem	4	3
	combustíveis	9	6
	energia elétrica	10	7
	manutenção de equipamentos	23	26
	de transporte e carga		
	peças e manutenção de TCs	3	2
	diversos	5	4
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>70</b>

Uma obra construída em São Paulo, Belo Horizonte ou no Rio de Janeiro e outra obra idêntica construída na Amazônia terão custos totalmente diferentes. De um lado, a necessidade de transportar todos os materiais para longe dos centros produtores, as dificuldades climáticas, a perda de produtividade do trabalhador, especialmente em função da existência ou não de tradição mineira no local; de outro, a abundância de madeira e a possibilidade de adquirir equipamentos via Zona Franca de Manaus, fazem com que esses preços sejam diferentes. As revistas especializadas, por exemplo, a revista "Construção" publicam quantificadores dos fatores ditos "geográficos" ou "de localização" que retratam esta influência.

Uma prática usual para a estimativa inicial de investimentos e custos operacionais é a conhecida como método do fatoramento. Faz-se o dimensionamento dos equipamentos principais de processo, selecionam-se-os dentre os equipamentos disponíveis no mercado, obtém-se uma cotação confiável dos mesmos. Os demais investimentos em construção, montagem etc. serão proporcionais ao valor do investimento com a aquisição destes equipamentos. A experiência consolidada ao longo de anos pelas empresas de engenharia, de montagem e pelos fabricantes fornece coeficientes bastante confiáveis.

O Prof. Mullar apresenta a Tabela 2 como representativa do método aplicado para usinas de tratamento. Os valores da última coluna resultam da aplicação a uma usina de britagem secundária, com equipamentos no valor de US\$ 2,5 milhões de dólares americanos.

Tabela 2 – Método da fatoração (Prof. Mullar).

	Item	% Sobre x	Valor sugerido	Resultado (%)
1	valor dos equipamentos	x		35,6
2	instalação dos equipamentos	17 a 25 %	24	8,5
3	tubulação, material e mão-de-obra *	7 a 25 %	16	5,7
4	eletricidade, material e mão-de-obra **	13 a 25 %	19	6,8
5	instrumentação	3 a 12 %	8	2,9
6	edifício principal ***	33 a 50 %	45	16,0
7	edifícios auxiliares ***	7 a 15 %	12	4,3
8	utilidades	7 a 15 %	10	3,6
9	cercas, estradas, etc.	3 a 18 %	5	1,8
10	canteiro de obras	10 a 12 %	10	3,6
11	gerenciamento e engenharia	30 a 33 %	32	11,2
12	investimento total	1+2+...+11		100,0

\* exclui utilidades

\*\* exclui iluminação

\*\*\* inclui serviços mecânicos e iluminação

O Manual de Britagem da Metso fornece à p. 8.20, fatores para o cálculo do investimento e custo operacional em pedreiras, com diferentes capacidades produtivas. A publicação menciona que, a base de cálculo foi dólar americano mas, infelizmente, não menciona de que data, para se poder calcular o efeito inflacionário sobre estes valores. Por isto, reproduzimos apenas os valores percentuais Tabela 3 do investimento e dos custos operacionais.

Tabela 3 – Fatores de composição de investimentos e custos operacionais (% sobre o total).

Setores	Capacidade (t/h)		
	200	500	1000
INVESTIMENTO			
transporte*	30%	41	36
perfuração e ar comprimido	9	6	6
equipamentos	33	32	35
instalação elétrica	10	7	6
bases-prédios-montagem	18	14	16
Total	100	100	100
CUSTOS OPERACIONAIS			
horas trabalhadas / mês	250		
eficiência	80%		
capacidade mensal (t/mês)	40.000	100.000	200.000
consumo + manutenção	13	32	28
m.o. com indiretos	24	18	16
energia elétrica	5	5	7,5
combustível + lubrificante	8	7	7
administração	5	6	8
depreciação**	27	32	33,5
Total	100	100	100

\* caminhões e carregadeiras

\*\* 5 anos

#### 4. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO EMPREENDIMENTO

Em suma, a partir da documentação de projeto, seja qual for a sua precisão, é possível estabelecer estimativas de investimento: em equipamentos, montagem eletro-mecânica, construção civil etc. O cronograma estabelecido permite antever a sequência destas obras e operações e a sequência dos dispêndios orçados. É também possível prever os custos de produção, a partir das potências instaladas, mão-de-obra, consumo de combustíveis, lubrificantes, materiais de desgaste, peças de reposição etc.

A partir da entrada em operação, começarão a haver receitas ou entradas de caixa. O documento que mostra esses valores e época de incidência de cada um deles é chamado de "fluxo de caixa". Este é o retrato financeiro do empreendimento. A sua análise é que vai permitir avaliá-lo e concluir pelo interesse ou não da sua implantação. A prática usual é fazê-lo em alguma moeda forte.

Existem inúmeras técnicas de análise de empreendimentos. O método do valor presente calcula o fluxo em cada ano (ou outro período melhor conveniente), e, adotando uma taxa de descontos (que é a taxa de juros que a empresa conseguiria obter se aplicasse o mesmo dinheiro no mercado financeiro), traz os valores futuros para o valor presente. Se o valor presente for positivo, o projeto rende mais que o dispendido no empreendimento e então é atrativo àquela taxa de descontos.

O método da taxa interna de retorno faz o mesmo, adota uma taxa de descontos, mas calcula a taxa de juros que torna o valor presente igual a zero. Quanto maior a taxa de retorno, maior o interesse do empreendimento. Para novos empreendimentos ou negócios diferentes do usual, os grupos empresariais definem taxas mínimas de retorno para considerar um investimento atrativo.

O método do "pay back time" calcula o tempo de retorno do investimento, isto é, o tempo em que o lucro decorrente do processo produtivo reembolsa (paga) o investimento inicial. Este é talvez o método que mais significado tem para nós, não versados nos mistérios desta arte que é a Economia.

Finalmente, um método pouco usado, mas que também existe, é o da série equivalente: o fluxo de caixa é transformado em uma série de dispêndios ou entradas que seja equivalente, do ponto de vista financeiro, a ele (fluxo de caixa). Se positiva a série, o projeto dá lucro; se negativa, é anti-econômico.

O que se despreza, muitas vezes, por ser impossível de quantificar em termos econômicos, ou por ser difícil de avaliar o seu efeito, são os aspectos ditos "imponderáveis", tais como: esforço para permanecer na liderança de um mercado, tentativa de impedir que um concorrente entre no negócio, vaidade pessoal, pressões políticas, ecológicas ou culturais etc. Estes imponderáveis podem entretanto decidir, para o empreendedor, a entrada ou a saída no negócio.

Como cada uma das etapas de estimativa tem um erro, é possível fazer diferentes fluxos de caixa. Por exemplo, se a estimativa está afetada de um erro de -20 +30 %, teríamos três estimativas de investimento a colocar no fluxo de caixa:

- uma estimativa pessimista = investimento calculado + 30 %,
- estimativa otimista = investimento calculado - 20 %,
- estimativa central = investimento calculado.

O mesmo se aplica aos custos operacionais. Assim, é possível gerar diferentes fluxos de caixa, cada um referente a uma dose de otimismo ou pessimismo introduzida nele. A composição dos indicadores econômicos fornecidos por estas avaliações é o que se chama de análise de sensibilidade do empreendimento.

Um fator que é importante de considerar é o efeito financeiro dos atrasos ou adiantamentos da entrada em operação (atrasos no cronograma). É importante fazer simulações de fluxo de caixa, considerando os atrasos possíveis para a entrada em operação do empreendimento e medindo o seu efeito sobre os indicadores financeiros.

Qualquer planilha eletrônica permite elaborar fluxos de caixa e calcular os indicadores econômico-financeiros. Existem softwares mais sofisticados que permitem introduzir a variabilidade da estimativa e atribuir-lhe uma probabilidade de ocorrência.

## **5. CONCEITO DE "POINT OF NO RETURN"**

Uma outra idéia associada à palavra "projeto", se refere ao conjunto de documentos organizados e completos que descrevem um empreendimento. Esta documentação é apresentada a alguma diretoria do grupo empresarial, para obter a sua aprovação e inclusão no port-fólio de investimentos para o próximo período.

Externamente à empresa, esta documentação é submetida aos agentes governamentais, com vistas à obtenção de licenciamento para instalação ou funcionamento. Frequentemente, ela é submetida aos agentes financiadores, para a obtenção de recursos ou de favores fiscais.

O objetivo deste "projeto" é tão simplesmente a obtenção das vantagens pretendidas. Ele se esgota no momento em que elas são concedidas ou negadas. Infelizmente, grande parte da literatura brasileira sobre projetos está dirigida para este tipo de atividade.

A consideração do relacionamento do empresário com o governo ou com a comunidade é importante e afeta também a atividade técnica e gerencial de condução de um projeto.

Ao anunciar um projeto, o empresário cria uma expectativa nas autoridades governamentais, no ministério correspondente, nos governos estaduais, na população do local anunciado para a implantação do empreendimento, nos sindicatos, nas organizações não-governamentais etc.

Tudo isto, naturalmente, influencia a obtenção de favores fiscais (isenção de impostos municipais e estaduais), a obtenção de vantagens (doação pela Prefeitura Municipal de terreno, asfaltamento do acesso, construção pela concessionária de energia elétrica das linhas de alta tensão) etc, além do financiamento propriamente dito, para o empreendimento.

À medida em que mais favores vão sendo obtidos, o empresário fica cada vez mais comprometido com o prosseguimento do seu empreendimento.

Quando um avião levanta vôo, ele tem combustível para voar uma certa distância. Existe um ponto onde ele já consumiu mais combustível do que ele necessitaria para retornar ao aeroporto de origem. Em caso de problemas, ele não pode mais retornar, tem que prosseguir, obrigatoriamente, para o seu ponto de destino. Este é o "point of no return", ponto sem volta. O mesmo acontece nas viagens por mar, nas viagens por terra em locais desertos, nas relações interpessoais etc.

No desenvolvimento de um projeto, em algum momento, o empresário estará tão comprometido com as autoridades governamentais, com a comunidade ou já terá gasto tanto dinheiro, que não pode mais interromper o programa. É mais conveniente para ele ir até o fim.

Dependendo do tipo de atividade ou negócio, o ponto sem volta fica em alguma etapa das descritas anteriormente. Entretanto, ele sempre existe! É importante que a equipe de engenharia e a Diretoria tenham consciência deste fato e sejam capazes de identificar - para cada projeto em carteira - onde ele se localiza.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MANUAL DE BRITAGEM, Metso Minerals, Sorocaba, 2005, 6ª edição.

HERRMAN, C. Manual de perfuração de rocha, São Paulo, Polígono, 1972, 2ª edição.

VALLE, C. E. Implantação de indústrias. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.

MULAR, A. L. The estimation of preliminary capital costs. In: MULAR, A.; BHAPPU, R. B. (ed.) Mineral processing plant design, New York, SMW/AIME, 1978, chapter 3, p. 52-70.



CAPÍTULO

---

---

9

---

# OPERAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

João Alves Sampaio  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela  
COPPE-UFRJ, Tecnologista Sênior do CETEM/MCTI



## 1. INTRODUÇÃO

A atividade econômica necessita de agregados da construção civil para a implantação de infraestrutura de transporte, saneamento, moradias, instalações físicas de indústrias e de comércio, com a construção dos mais diferentes tipos de edificações. É necessário ressaltar uma característica marcante do mercado de agregados que é o custo de transporte, frequentemente, igual ou maior aos custos de produção. Uma alternativa para esse desafio consiste em viabilizar a exploração de rochas para agregados, tornando-a o mais próximo possível dos locais de consumo. (ARQUITÉ *et al.*, 2000).

Uma unidade industrial para beneficiamento de rocha tem por função modificar o tamanho das partículas, sua forma e distribuição granulométrica, visando ao seu uso como agregado na construção civil. Desse modo, o processo é constituído por:

- cominuição – britagem e rebitagem;
- lavagem para remoção do pó;
- peneiramento e classificação;
- transporte para estoque e manuseio de materiais e outros.

Assim é possível produzir agregados sem variações de sua qualidade e com as especificações requeridas pelo mercado (SMITH AND COLLIS, 2001; LUZ & LINS, 2010). Ainda, segundo estes autores, a escolha de um novo depósito de rocha para produção de agregados, deve considerar os seguintes requisitos:

- embora os recursos naturais estejam sujeitos ao fator locacional, tentar minimizar a distância entre a futura unidade de beneficiamento e o mercado consumidor;
- os agregados ao serem produzidos devem atender às especificações exigidas pelo mercado;
- na produção de agregado para concreto, as características mineralógicas e petrográficas diferem daquelas requeridas para o agregado de pavimentação, em particular para tráfego pesado;
- quando o mercado solicita agregado para concreto e pavimentação, a seleção do depósito torna-se mais difícil e uma estratégia de mercado seria fazer um planejamento para uma lavra seletiva do depósito, por exemplo, explotando rocha para concreto e rocha para pavimentação, exigindo com detalhe um estudo geológico, petrográfico e mineralógico do depósito;
- na viabilidade técnica e econômica de um novo depósito é estabelecida a sua vida mínima, para um determinado tipo de mercado;

- se nesse ínterim, ocorrer uma mudança do mercado, o projeto deve ser reavaliado, tornando possível a migração do mesmo para outro mercado que esteja sendo demandado.

Não constitui surpresa que as operações de pedreira, em alguns casos, ocasionam conflitos entre a população e o minerador. Isto ocorre, com frequência, quando a pedreira é localizada próximo às comunidades, nos quais a geração de particulados e ruídos são queixas frequentes. Por isto, as práticas de produção de agregados, que não diferem de outras industriais, devem se alinhar com os princípios da sustentabilidade – econômico, social e ambiental.

As usinas modernas de produção de agregados devem incorporar equipamentos que proporcionem o cumprimento de normas de segurança e higiene no trabalho, para as quais se considera o monitoramento de particulados e o seu abatimento pelo uso de surfactantes, aspersões programadas de água e controle de ruído (LANGER, 2002). Este procedimento operacional das pedreiras torna-se indispensável, principalmente, quando estas se encontram localizadas próximas de habitações.

Com o ordenamento territorial recente das regiões metropolitanas do País e as restrições ambientais, a distância das pedreiras ao centro consumidor apresenta um crescimento constante. Sugere-se uma distância entre 30 e 80 km para viabilizar o projeto.

As usinas de britagem para produção de agregados podem ser fixas, móveis ou temporárias. O estudo de viabilidade de unidades fixas considera uma vida útil da pedreira de pelo menos 30 anos ou mais, no caso de rochas compactas. As usinas móveis são consideradas mais complexas e adequadas a projetos específicos, como: pistas de aeroporto, ferrovias, barragens dentre outros (SMITH & COLLIS, 2001).

As características e especificações dos agregados oriundas das unidades produtoras são direcionadas ao mercado existente, desse modo, não é comum produzir um agregado para demandas pontuais.

O peso é a unidade utilizada no comércio dos agregados, pois há limites de cargas nas rodovias para as quais se exige o controle de peso dos caminhões, de forma a não danificar as rodovias pelo excesso de carga dos transportadores. Não obstante, o agregado é comercializado por metro cúbico, em todo o Brasil.

Os agregados são produzidos e comercializados em diferentes faixas granulométricas nominais e, de uma maneira geral, os produtores não têm estrutura de estoque e manuseio dos produtos para fazer uma blendagem e disponibilizar ao mercado um produto com distribuição granulométrica requerida pelo consumidor.

## 2. COMINUIÇÃO

Os circuitos de produção de agregados, em especial britas, sempre com base em rocha compacta, são constituídos essencialmente de equipamentos de britagem, peneiramento, classificação, transportador de correia e outros.

Um bom projeto de uma usina para produção de agregados deve considerar a cominuição e as operações de peneiramento e classificação, como um processo integrado. A rocha britada é separada em frações granulométricas para gerar produtos acabados, cuja distribuição granulométrica é da maior importância. A produção de agregados em várias granulometrias deve estar focada na demanda do mercado, de forma a maximizar o retorno econômico, muito embora, certos índices de flexibilidade no processo de britagem e classificação tornam-se essenciais. Estes fatores são da maior importância quando da seleção dos tipos de britador e no número de estágios de redução de tamanho (SMITH & COLLIS, 2001).

A operação de fragmentação, no campo do beneficiamento de rochas ou minérios, consiste de um conjunto de técnicas com o propósito de reduzir, por ação mecânica externa e algumas vezes interna, um sólido de determinado tamanho, em fragmentos menores. O primeiro estágio da fragmentação ocorre nas atividades de lavra, isto é, no desmonte da rocha, com o auxílio de explosivo, em que são obtidos blocos de tamanhos variados, entretanto, adequados à alimentação dos equipamentos de britagem (FIGUEIRA *et al.*, 2010).

O segundo estágio da fragmentação numa pedreira ocorre na unidade de britagem. Nesta são utilizados equipamentos robustos com capacidades elevadas, capazes de suportar os esforços elevados exigidos na fragmentação das rochas compactas.

Sabe-se que, a cominuição é um processo de consumo intensivo de energia. Por isto, observa-se um grande interesse por estudos de fragmentação, porquanto, qualquer avanço tecnológico para minimizar o consumo de energia na operação significa uma economia de energia no processo de cominuição.

O consumo de energia para se atingir a ruptura de uma rocha, aumenta com a velocidade de aplicação das forças de compressão e tensão. A rocha se rompe, quando o limite de ruptura é ultrapassado, ou seja, quando todas as ligações atômicas de um certo plano se rompem. Como as rochas são materiais heterogêneos anisotrópicos e contém fraturas e falhas em escala micro e macroscópica, esse fenômeno não ocorre facilmente. A cominuição é regida pela teoria das leis da fragmentação (FIGUEIRA *et al.*, 2010).

### Leis da Fragmentação

A lei de Rittinger estabelece que a **área da nova superfície produzida por fragmentação é diretamente proporcional ao trabalho consumido.**

A segunda lei da cominuição formulada por Kick, estabelece que **o trabalho requerido é proporcional à redução em volume das partículas relacionadas ao processo.**

Como as leis de Rittinger e Kick não satisfaziam a todas as práticas da indústria da fragmentação, Bond postulou uma lei empírica denominada de Terceira Lei da Fragmentação: **A energia consumida para reduzir o tamanho de um material é inversamente proporcional à raiz quadrada do tamanho.**

### 3. BENEFICIAMENTO

O beneficiamento, aplicado à obtenção de um agregado de qualidade, apropria-se das diferenças de propriedades físicas ou químicas das partículas minerais que constituem o agregado, tais como densidade, susceptibilidade magnética, cor, solubilidade etc. No entanto, como os agregados têm preços relativamente baixos, os processos de beneficiamento empregam normalmente métodos físicos de separação e a sua viabilidade econômica requer escalas elevadas de produção (SMITH & COLLIS, 2001).

Em algumas situações, a rocha da pedreira está coberta por uma camada de material intemperizado e na fase de decapeamento da pedreira, esse material poderá ser aproveitado para obtenção de agregado miúdo (areia), por meio de atrição e lavagem em tromel, roda desaguadora (*wheel dewater*) e classificação em classificador espiral ou hidrociclone. Quando essa ação não é possível o material resultante do capeamento deve ser estocado para futura recuperação do solo da área degradada pela lavra do maciço rochoso.

A estocagem dos agregados produzidos na pedreira poderá ser feita em silos elevados, de forma a permitir o carregamento dos caminhões ou dos vagões de trem, por gravidade ou por transportador de correia, (Figura 1A). No entanto, este processo é dispendioso para capacidade de estocagem horária ou diária. Uma alternativa mais econômica consiste na estocagem do agregado em pilhas no próprio pátio (Figura 1B) e proceder ao carregamento dos caminhões, com o auxílio de carregadeiras frontais.

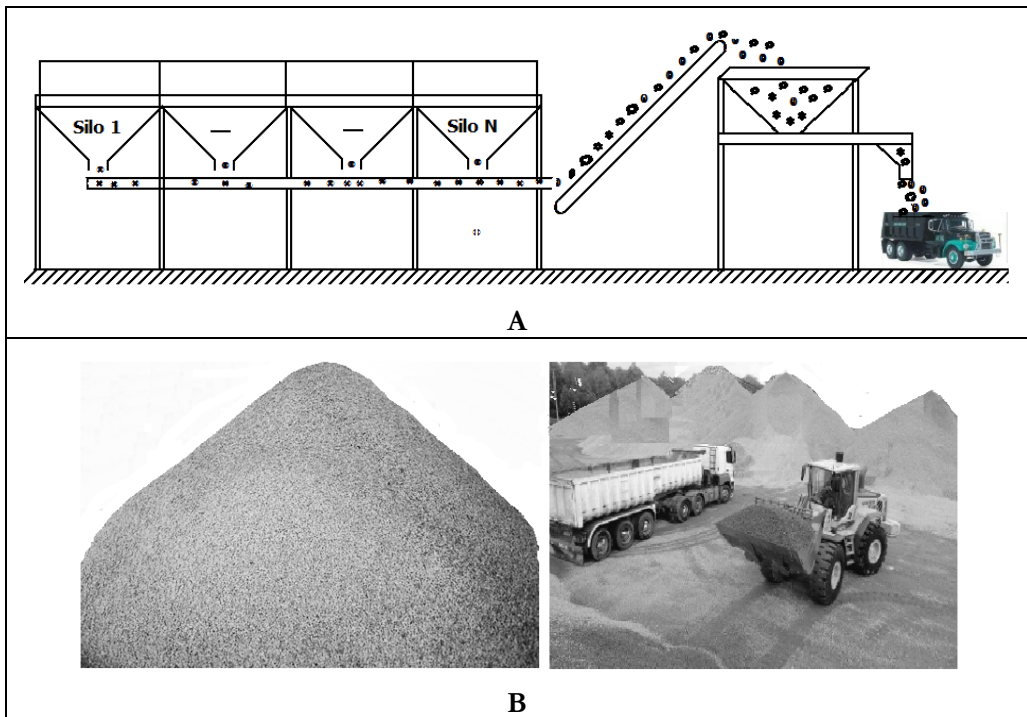


Figura 1 – Em (A), silos de estocagem de agregados e carregamento de caminhões. Em (B), pilha de agregado e manuseio com carregadeira frontal.

#### 4. ASPECTOS AMBIENTAIS

As unidades industriais de produção de agregados devem ser projetadas de forma a prover aos seus operadores, um ambiente seguro e saudável com o mínimo possível de ruído e geração de particulados, dentro dos limites da empresa e também para as comunidades do seu entorno.

Os órgãos reguladores de meio ambiente da Comunidade Europeia estabelecem o limite de 85 decibéis/8 h como ruído máximo permitido nas áreas operacionais de pedra. Também são exigidos painéis de alerta para o uso de Equipamentos de Proteção Individual - EPIs, em especial o uso de protetor auricular.

Sabe-se que numa pedreira, as três principais fontes de particulados são:

- as operações de perfuração na frente de lavra, para carregamento de explosivos;
- o desmonte com explosivos;
- o movimento de caminhões das frentes de lavra para a unidade de beneficiamento;
- o manuseio dos agregados para os silos ou pilhas de estoque.

As fontes geradoras de particulados nas frentes de lavra de pedreiras e nas usinas de beneficiamento são mais controladas na fonte e devem ser abatidos mediante aspersões programadas de água e/ou pelo enclausuramento dos equipamentos geradores de particulados e/ou o uso adequado de filtros de manga. O propósito é reduzir o pó respirável ( $< 5 \mu\text{m}$ ), a uma baixa concentração, por exemplo, de  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$  (TUCK, 1987 *apud* SMITH & COLLIS, 2001). Sabe-se que partículas inferiores a  $10 \mu\text{m}$  podem atingir o interior do sistema respiratório e, dependendo de uma série de fatores, causar as pneumoconioses, doenças pulmonares associadas ao acúmulo de poeiras nos pulmões e à reação tecidual (OIT, 2001 *apud* CASTILHOS *et al.*, 2008). O teor de sílica livre (quartzo) nas partículas minerais é considerado um parâmetro fundamental para a avaliação do risco à saúde humana. No caso do conteúdo da sílica livre ser maior do que 1%, a amostragem e o limite de tolerância (LT) devem ser referidos às partículas respiráveis. O limite de tolerância (LT) de exposição para minerais que contem sílica livre acima de 5% é determinado pela análise de uma amostra de poeiras respiráveis. Sob as atuais regulações brasileiras (NR 15 Anexo 12) e nos Estados Unidos, o LT varia com a percentagem de sílica livre no particulado (MSHA, 2011). Para a maioria das poeiras minerais respiráveis, o LT varia na faixa de 0,1 a  $3,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Quando a percentagem de sílica livre é maior, decresce o LT. Na regulação norte americana, o padrão máximo de exposição permitido ajustado é determinado ao se dividir o número 10 pelo percentual de quartzo nas poeiras respiráveis, de modo a não exceder a exposição humana ocupacional a  $100 \text{ mg}/\text{m}^3$  de sílica livre. Por exemplo, o LT de  $2,0 \text{ mg}/\text{m}^3$  é padrão para poeiras respiráveis de carvão mineral que contem até 5% de quartzo. No caso de se tratar de poeiras com 10% de quartzo, o LT resultaria em  $1,0 \text{ mg}/\text{m}^3$  como padrão máximo de poeiras respiráveis. Se o teor de quartzo é menor do que 1,0%, como por exemplo, nas poeiras minerais encontradas na maior parte das operações de mineração de metálicos e não metálicos, o LT é de  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  de partículas totais (MSHA, 2011).

## **5. FLUXOGRAMAS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS**

### **5.1. Fluxograma de Beneficiamento de Agregados de Unidade Versátil**

A rocha explotada na pedreira é transportada por caminhão fora de estrada e descarregado em uma grelha que faz a remoção dos finos naturais e alimenta o retido em um britador de mandíbula, no qual ocorre o primeiro estágio de britagem da unidade de beneficiamento (Figura 2). Os finos passantes na grelha são repenneirados em uma granulometria mais fina visando à obtenção de uma rocha limpa.



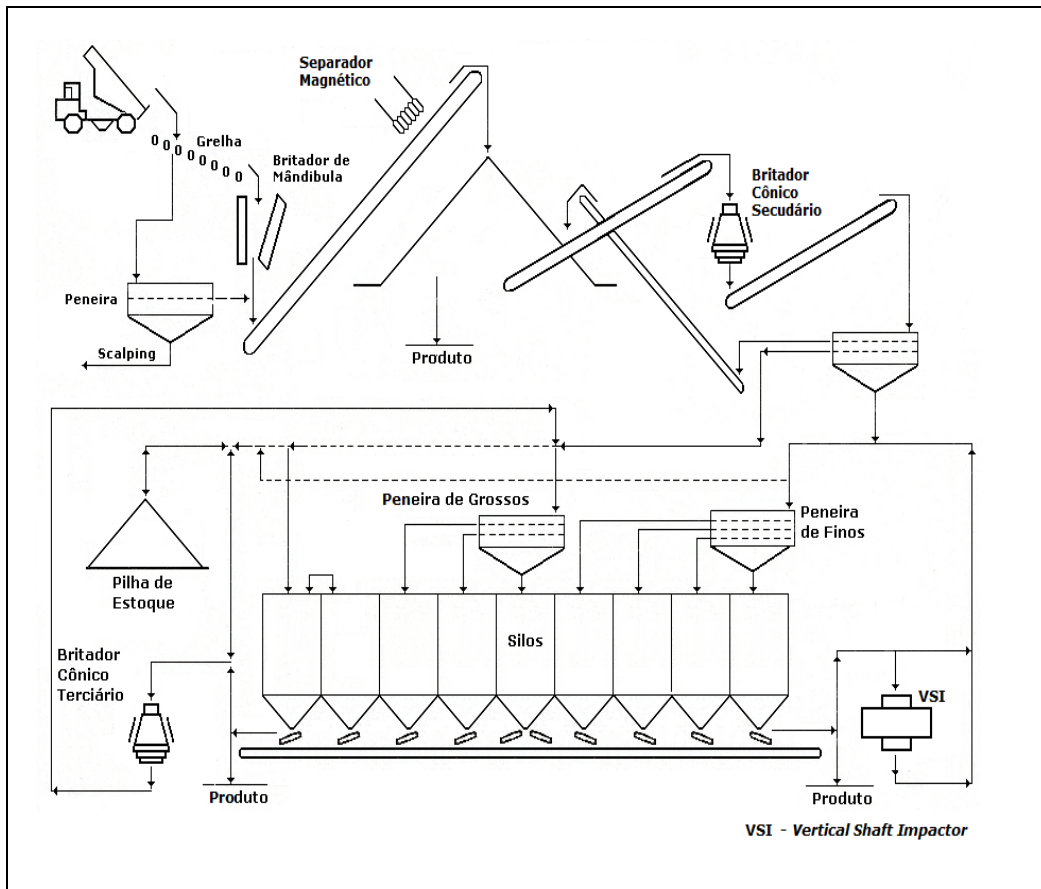


Figura 2 – Fluxograma genérico de uma usina de cominuição de rocha compacta para produção de agregado (Fonte: SMITH & COLLIS, 2001).

O produto do britador de mandíbula e o retido na peneira seguem por um transportador de correia para uma pilha pulmão da unidade de cominuição. Em um determinado ponto da correia encontra-se instalado um separador magnético, imã permanente, para remover alguma peça metálica proveniente das frentes de lavra. Desta pilha, a rocha pré-britada é retomada por um túnel transportador para alimentar o britador cônico secundário. Esse arranjo permite que a usina possa operar durante as interrupções das atividades da lavra na pedreira.

O produto da britagem secundária segue para uma peneira de duplo deque, classificando o produto da britagem em três frações. O retido no primeiro deque retorna ao britador cônico secundário, o retido no segundo deque constitui-se na fração grossa e o passante a fração fina. Neste estágio, por simples peneiramento, obtêm-se os produtos comerciais, todavia, em uma distribuição granulométrica

ampla. O agregado (brita) tipo 2 (Tabela 1) para concreto, base e sub-base de pavimento, é um exemplo relevante e poderá constituir uma proporção significativa da produção de uma pedreira.

O peneiramento do agregado britado em faixas granulométricas mais estreitas emprega peneiras de múltiplos deques normalmente montadas acima dos respectivos silos de estocagem e carregamento.

A fração grossa desse primeiro peneiramento poderá seguir para um britador cônico terciário ou seguir para um peneiramento com duplo deque com o objetivo de obter frações granulométricas mais estreitas e a seguir para estocagem em silos. A fração fina segue para um peneirador com três deques, resultando em quatro frações granulométricas que a seguir serão estocadas nos silos. Esta classificação e estocagem em faixas granulométricas mais estreitas têm por objetivo atender o mercado que é mais demandante para os agregados finos.

Na verdade, um sistema de silo pode ser projetado de modo a facilitar a operação, isto é, uma vez que o silo da fração mais grossa esteja cheio, o fluxo automaticamente alimentará o circuito de rebitagem. Os agregados finos poderão ser rebitados em britadores do tipo VSI (*vertical shaft impact*) e recirculados para as peneiras de finos.

## 5.2. Fluxograma de Beneficiamento de Agregado em Unidade Convencional

Um fluxograma de uma usina convencional típica de produção de agregados, com base em granito, gnaisse e outros, está configurado na Figura 3. Nesta são obtidos os produtos típicos (Tabela 1) de uma pedreira: brita 1, 2 e 3, pedrisco, pó de pedra e bica corrida.

As dimensões da rocha explotada na frente de lavra devem ser inferiores a 0,8 x 1,1 m. Os blocos de rocha acima desta granulometria são submetidos a um fogacho ou rompedor hidráulico para adequar sua granulometria ao britador primário. A rocha lavrada é retomada com carregadeira frontal e transportada em caminhões fora de estrada até o britador primário.

Tabela 1 – Classificação das britas produzida em uma pedreira comercial.

Produtos	Granulometria (mm)		Usos
	Mínima	Máxima	
Bruta 3	32	61	Lastro ferroviário.
Bruta 2	22	32	Agregado em concreto, base e sub-base de pavimentos.
Bruta 1	11	22	Concreto esbelto e bombeado.
Pedrisco	4,8	11	Massa asfáltica.
Pó de Pedra	-	4,8	Massa asfáltica.
Bica Corrida	-	25	Aterros.

Fonte: Sampaio *et al.*, (2001)

Na usina de beneficiamento, a operação tem início com o auxílio de uma carregadeira frontal que retoma a rocha no pátio de estocagem e descarrega num alimentador vibratório com uma grelha de 50 mm de abertura. A fração grossa (acima de 50 mm) segue para um britador de mandíbulas. A fração fina (abaixo de 50 mm) passante na grelha segue para uma peneira com abertura de 25 mm (Figura 3). A fração menor que 25 mm soma-se ao produto da britagem para formar a pilha pulmão, que alimentará a usina responsável pela produção das britas 1, 2 e 3. A fração abaixo de 25 mm, denominada de bica corrida, segue para uma pilha cônica constituída de material fino e de parte do material do solo remanescente do capeamento. Esse material poderá ser usado na pavimentação de estradas ou poderá retornar ao processo (Figura 3).

Da pilha pulmão de estoque, a rocha pré-britada é retomada, por meio de um transportador de correia, e alimenta uma peneira vibratória com abertura de 100 mm. A fração retida (acima de 100 mm) alimenta a segunda etapa da britagem constituída por um britador cônico com abertura regulada para obtenção de um produto abaixo de 100 mm. O produto desta britagem se junta à fração abaixo de 100 mm passante na peneira PV2 e alimenta uma peneira vibratória (PV3) com de três deques e telas de 63, 32 e 22 mm de abertura (SAMPAIO *et al.*, 2001).

A fração retida em 63 mm segue para a terceira etapa de britagem por meio de um britador cônico com regulagem hidráulica fechando o circuito com a peneira de três deques (Figura 3). A fração entre 63 e 32 mm já é um produto final e denominado de brita 3. De acordo com a demanda do mercado, a brita 3 poderá ser redirecionada no circuito para a produção de brita 2 e 3. Neste contexto, a brita 3 passa por uma britagem quaternária em um britador cônico com regulagem hidráulica, reduzindo o material a uma granulometria abaixo de 32 mm. Esta fração é submetida a uma peneira com três deques com telas de abertura de 22, 11 e 4,8 mm, em circuito aberto.

O britador quaternário poderá também ser alimentado pelo excedente da demanda da brita 2, visto que a brita 1 e o pedrisco são mais nobres do ponto de vista comercial.

A fração retida na tela de 22 mm, proveniente da peneira de três deques, é estocada por meio de um transportador de correia no silo de brita 2. O passante na tela de 22 mm é separado nas frações granulométricas de 11 e 4,8 mm.

A brita 1, produto retido em 11 mm e passante em 22 mm, é estocado no silo de brita 1.

O pedrisco, material entre 11 e 4,8 mm, é estocado no silo de pedrisco.

Por último, o pó de pedra, produto passante na tela de 4,8 mm, é estocado em silos de concreto com descarga inferior para carregamento dos caminhões destinados aos clientes.

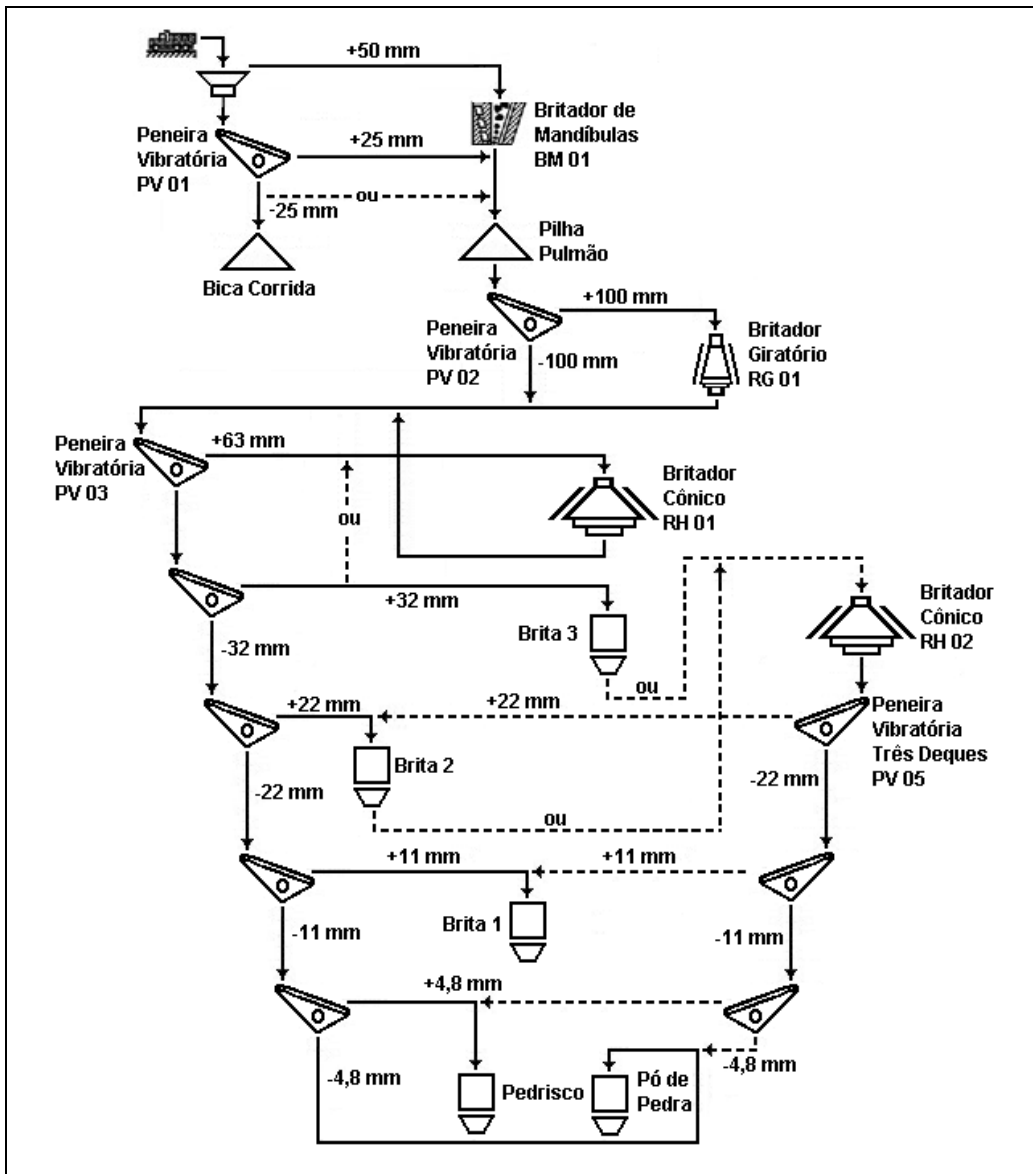


Figura 3 – Fluxograma de uma usina convencional de britagem de rocha compacta para produção de agregado (Fonte: SAMPAIO *et al.*, 2001).

### 5.3. Projeto de Usinas de Britagem

A concepção de um projeto conceitual e básico de uma usina de britagem, visando à produção de agregados para a construção civil, requer a definição de vários parâmetros, dentre os quais se destacam:

- a definição de reservas do depósito;
- localização da unidade de britagem;
- a rocha do depósito deve ser submetida a ensaios de caracterização tecnológica, por laboratório especializado, para avaliar as suas principais propriedades físicas, mecânicas, petrográficas/mineralógicas, químicas, visando às suas diferentes aplicações - concreto hidráulico, lastro de ferrovia, pavimentos betuminosos, enrocamento, argamassa, meio filtrante, drenagem, controle de erosão etc (SMITH & COLLIS, 2001; LOEMCO, 2003 ).
- para obter resultados confiáveis e reproduzíveis, recomenda-se a utilização das normas ABNT; existem outras instituições internacionais (ASTM, DIN, BS ) que servem como referência para a realização de ensaios tecnológico com os agregados, no entanto, no presente trabalho, recomendamos focar as Normas ABNT.
- licença ambiental;
- definição da escala de produção da unidade de britagem.

Admitindo-se que já tenham sido atendidos esses pré-requisitos, o passo seguinte (METSU MINERALS, 2005) é realizar os seguintes estudos, executando cada fase, a seguir:

Estabelecimento dos critérios de projeto;

Estudo de mercado;

Definição do fluxograma de processo;

Simulações – Escolha dos tipos de equipamento e o seu respectivo dimensionamento;

Cálculo dos investimentos;

Estimativa de custo operacional;

Análise crítica do projeto;

Início do detalhamento.

Na elaboração dos critérios de projeto, o mais importante é a análise da disponibilidade de informações consistentes, pois quanto menores estas, maiores serão os investimento iniciais. Outros fatores também são determinantes na formulação dos critérios, tais como - nível de automatização, facilidade de operação e manutenção e por fim a análise de sustentabilidade, visando atender os aspectos econômico, social e ambiental.

Com o ordenamento territorial recente das regiões metropolitanas do País e as restrições ambientais, a distância das pedreiras para o centro consumidor apresenta uma tendência de crescimento e talvez se possa atribuir uma faixa de distância máxima ideal, considerando os custos e benefícios, entre 30 e 80 km.

Esta política de operação das pedreiras é da maior importância, principalmente quando estas se encontram localizadas próximo de habitações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARQUITÉ, G; GUIZOL, C.; LASSARTESE (2000). Presentation of a Quarrying Operation. In: *Aggregates – geology, prospecting, environment, testing specifications, extraction, processing plants, equipments and quality control*; Louis Primel and Claude Tourenq (Editors), p. 154 – 163, 2000.
- CASTILHOS, Z, C, NEUMANN, R. e BEZERRA, O. Exposição ocupacional e ambiental a poeiras de rochas e minerais industriais. In: *Rochas & minerais industriais usos e especificações*, Luz. A. B. e Lins, F. A. F. (Editores) p. 961 – 989, CETEM/2008.
- FIGUEIRA, H. V. O.; LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (2010). Cominuição. In: *Tratamento de Minérios*, Adão B. Luz, João A. Sampaio e Silvia C. França (Editores), Capítulo 4, p. 143-210, CETEM, 2010.
- LOEMCO - Laboratorio Oficial para Ensayos de Materiales de Construcción (2003). *Aridos: Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones*; Capítulo 15 – *Propiedades Básicas de Los Aridos*, p. 343-357; Capítulo 17-*Aridos para Drenaje, Filtración y Control de La Erosión*, p. 393-404; Carlos López Jimeno (Editor), Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas da Universidad Politécnica de Madrid, 2003.
- LANGER, W. H. (2002). Potential environmental Impacts of Quarrying stone in Karst – A Literature Review, U.S. Geological Survey, p. 11-12,
- LUZ, A. B.; LINS, F. A. Introdução ao Tratamento de Minérios. In: *Tratamento de Minérios/CETEM*, Adão B. Luz, João A. Sampaio e Silvia C. França (Editores), Capítulo 1, p. 3-20, CETEM, 2010.
- METSO MINERALS (2005). Projeto de Instalações de Britagem. In: *Manual de Britagem*, p. 8-1 – 8-29, 2005.
- MSHA (2011) - Mine Safety and Health Administration. Mineral dust hazard and sampling. [www.msha.gov/illness\\_prevention/healthtopics/HHICM06.htm](http://www.msha.gov/illness_prevention/healthtopics/HHICM06.htm)- Acesso em 04/02/2011.
- OIT (2011)- Organização Internacional do Trabalho.

SAMPAIO, J. A.; CARVALHO, E. A.; PIQUET, B (2001). Brita Pedreira Vigné. In: Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil, João A. Sampaio, Adão B. Luz e Fernando Lins (Editores), p. 383-390, CETEM/2001.

SMITH, M. R.; COLLIS, L. (2001). Extraction, Chapter 4, Environmental issues, p. 95-97; Description and Classification of Aggregates, Chapter 5, p. 107-144, Chapter 6, p. 145-168; Sampling and Testing, Chapter 7, p. 167-197; Aggregates for Concrete; Chapter 8, p. 199-223; Aggregates in bituminous bound construction material, Chapter 11, p. 255-284. In: Aggregates - Sand, gravel, and crushed rock aggregates for construction purposes, Edited by M. R. Smith and L. Collis, Third Edition, Published by the Geological Society London, 2001.





CAPÍTULO

---

---

10

---

## OPERAÇÕES DE LAVRA DE AREIA

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

Salvador Luiz Matos de Almeida  
Engenheiro Metalurgista pela UFRJ  
Doutor em Engenharia Mineral pela USP  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI



## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil produziu, em 2008, 280 Mt de areia para a construção civil. Considerando o crescimento em infraestrutura, habitação e saneamento a uma taxa anual de 5,6%, em 2015 estará produzindo 409 Mt, em 2022, 598 Mt e em 2030, 857 Mt (SGM, 2011).

As técnicas usadas na lavra de areia dependem do tipo de depósito, da sua topografia, das condições de planejamento e reabilitação da área a ser minerada e da escala de produção. No entanto, o fator de maior influência no planejamento da lavra é a natureza de operação da lavra, se a seco ou a úmido, pois algumas operações de lavra são aplicáveis apenas a úmido ou a seco e em algumas situações podem ser comum a ambas (SIMITH & COLLIS, 2001).

A indústria da construção civil nas regiões metropolitanas do País, até que surgissem as restrições ambientais, foram, na sua maioria, abastecidas com areia extraída em leito de rio. Foi assim no estado do Rio de Janeiro que extraía areia do leito do Rio Guandu, até que foi proibido quando construída a adutora do Guandu, que abastece d'água a cidade do Rio de Janeiro. A partir de então, 80% da extração de areia passou a ser feita em cavas inundadas, no denominado Polígono de Piranema, que abrange os municípios de Itaguaí e Seropédica, onde existem 60 areais produzindo, anualmente, em torno de 10 Mt de areia. (AREIA & BRITA, 2008).

Em alguns trechos do Rio Paraíba do Sul, na altura dos municípios de Sapucaia-RJ e Além Paraíba-MG, ainda extraem areia do Rio Paraíba do Sul (Foto 1). Por se tratar de areia de leito de rio, já é uma areia lavada (isenta de argilas) e classificada, naturalmente, pela correnteza do rio, com uma demanda garantida no mercado da construção civil.

No País, 70% da extração de areia ocorre em leito de rios e os 30% restantes, em cavas secas e cavas imersas de planícies costeiras e fundo de vales, terraços aluviais dentre outros. No estado de São Paulo, maior produtor de areia do País, essa relação é diferente, pois 45% da areia produzida vem de várzeas, 35% de leitos de rios e o restante de outras fontes (QUARESMA, 2009; BUENO, 2010).

No estado de São Paulo extraiu-se também, por muito tempo, a areia do leito do rio Paraíba do Sul, até que veio a proibição dos órgãos ambientais, parte significativa da produção de areia para a construção civil transferiu a lavra para uma faixa marginal do Rio Paraíba do Sul (Foto 4).

## 2. TIPOS DE DEPÓSITO DE AREIA

Segundo Bueno (2010), os principais ambientes geológicos onde é extraída a areia para a construção civil são:

- leitos de rios;
- planícies costeiras;
- planícies e terraços aluviais de fundos de vale (pretéritos);
- coberturas de morros constituídas por formações sedimentares arenosas mais antigas; e
- coberturas de morros com mantos de alteração de rochas quartzosas.

## 3. MÉTODOS DE LAVRA

Com alguma frequência, a areia é comercializada tal qual extraída, no entanto na maioria das vezes é submetida a um simples beneficiamento por meio de grelhas fixas, na qual são separadas as frações mais grossas (cascalho, concreções) e alguma sujeira (material orgânico, folhas, troncos de árvores) que são descartados. A fração argila (< 200 malhas) é removida por meio de lavagem e sedimentação (FRAZÃO, 2010) e uso de outras técnicas como classificador espiral, hidrocilone etc.

Os métodos de lavra empregados na extração de areia para a construção civil são basicamente três e dependem da natureza do depósito que está sendo lavrado (CHAVES & WHITAKER, 2012):

- dragagem é feita em leitos de rio ou em cavas inundadas, onde a areia em lavra se encontra abaixo do nível freático;
- desmonte hidráulico é usado em cavas secas e em mantos de alteração de maciços rochosos;
- método de lavra por tiras (stripping mining) é usado em depósitos homogêneos e de maior extensão horizontal.

Dependendo do método de beneficiamento empregado na areia lavrada, obtém-se os seguintes produtos:

- areia bruta – não beneficiada;
- areia lavada – normalmente com o uso de peneiras visando a remoção dos grossos e de outras impurezas indesejáveis;
- graduada – que apresenta uma distribuição granulométrica pré-estabelecida

### 3.1. Lavra em Leito de Rio

A lavra em leito de rio usa draga que extrai a areia por sucção (Foto 3) e a bombeia, na forma de polpa, para fora do leito do rio (Foto 2), onde tem início o seu beneficiamento, através de classificação em peneira, no entanto na maioria das vezes usa apenas grelhas fixas colocadas no topo dos silos de recepção da polpa separando as frações mais grossas (cascalho, concreções), por vezes matéria orgânica (folhas e troncos) e uma simples lavagem por decantação ou classificador espiral para remoção de argila (CHAVES & WHITAKER, 2012; REM, 2001). No caso da produção de uma areia, sob encomenda, destinada principalmente às concreteiras, estas exigem uma distribuição granulométrica definida e, neste caso, nenhuma areia natural atende essas especificações. Assim, torna-se necessário usar um processo onde se obtenham diferentes frações granulométricas para depois recombiná-las, de forma a obter a distribuição requerida pelas concreteiras (CHAVES & WHITAKES, 2012).

Um dos autores deste capítulo (LUZ, 2011), em viagem de campo, constatou que a areia lavrada no leito do rio Paraíba do Sul (Foto 1 ) é extraída em lâminas d'água que variam de 1 a 3 m, na qual um mergulhador faz a sucção da areia com a mangueira (Foto 3) de uma bomba centrífuga de 6 polegadas de diâmetro, acionada por motor a diesel (Scania) de 500 HP. A areia, na forma de polpa, é bombeada para caixas receptoras nas margens do rio (Foto 2), onde a areia decantada constitui o produto final (areia grossa) e é colocada no mercado para uso em concreto. Os finos (overflow) que trasbordam pela parte superior da caixa são coletados/decantados em caixas secundárias. Estes finos são colocados no mercado para uso como emboço. Não existe grelha fixa na parte superior da caixa principal para remoção das frações mais grossas que, segundo o minerador não é necessário, pois essa classificação já é feita naturalmente pela correnteza do rio, onde na parte central tem-se a areia grossa, entre o centro do leito do rio e as suas margens tem-se uma areia média e nas suas margens, areia fina.

No Brasil, a areia produzida nos portos de areia, normalmente é comercializada em metro cúbico, pelo preço FOB (Free on Board) no porto de areia, mais o custo do frete para o seu transporte, que em alguns casos pode chegar a 150 km. A areia ao ser transportada sofre uma compactação no volume inicial da carga, que pode atingir até 10%. Para evitar conflitos entre os produtores e compradores da areia, é importante que os contratos de fornecimento sejam muito claros em relação ao volume medido no porto de areia ou no local de entrega.



Foto 1 – Lavra no leito do Rio Paraíba do Sul –Amapará-Distrito de Sapucaia-RJ (Areal Amapará Ltda), 28/04/2011.



Foto 2 – Silos de recepção da polpa de areia extraída no leito do Rio Paraíba do Sul, Jamapará-Distrito de Sapucaia-RJ (Areal Jamapará Ltda), 28/04/2011.



Foto 3 – Sucção da areia com bomba centrífuga no leito do Rio Paraíba do Sul, Jamapará-Distrito de Sapucaia-RJ (Areal Jamapará Ltda), 28/04/2011.

### 3.2. Lavra em Cava Inundada

Antes de iniciar a extração da areia, há uma etapa de preparação da frente de lavra que consiste no decapeamento da área (KOPPE & COSTA, 2012), com o uso de equipamentos (trator de esteira, carregadeiras frontais, escavadeiras e caminhões) para remover a vegetação e a camada superficial do solo que são descartados. A seguir, tem-se a extração do material arenoso que é aproveitado até o nível freático, quando então as pás carregadeiras usadas na extração da areia, dão lugar às dragas que passam a alargar e aprofundar a cava da etapa anterior.

A areia extraída na cava inundada (Foto 4) é bombeada para uma caixa, na qual é colocada uma grelha fixa no seu topo com de 2,4 a 3 mm de abertura. O retido constitui a fração mais grossa (cascalho, concreções, troncos, matéria orgânica) que é descartada e o passante é o produto para ser estocado em silo e comercializado. O material mais fino, overflow da caixa, é descarregado por uma tubulação na parte superior (denominado de cagador), retornando para cava inundada. No caso de alguns areais de Seropédica-RJ, o overflow das caixas (silos) segue para cavas especiais na qual a areia, após sedimentada, é retirada da cava, com auxílio de pá carregadeira. Esta areia é comercializada com a denominação de areola e destinada ao mercado de emboço de paredes. De acordo com ensaios granulométricos realizados no CETEM, esta foi classificada como areia fina, com módulo de finura igual a 1,23.

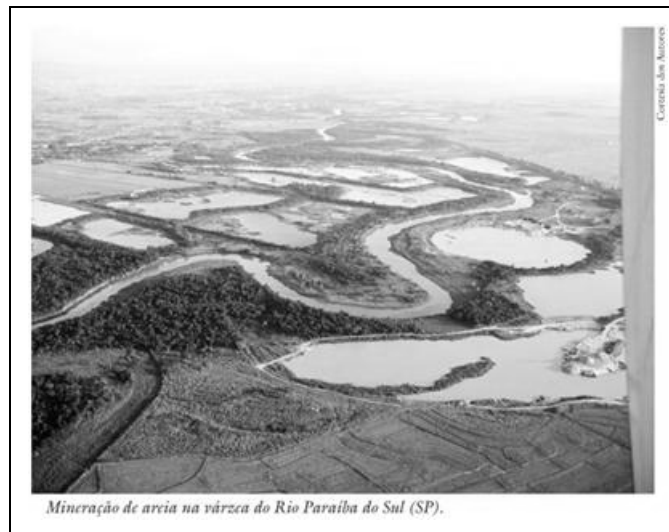


Foto 4 – Lavra de areia em cava inundada.

(Fonte: Mechi e Sanchez, (2010))

O ambiente geológico dos areais de Seropédica-RJ pode ser classificado como de planície e terraços aluviais de fundos de vale. Estão situados a cerca de 70 km do centro da cidade do Rio de Janeiro. Usam também o método de lavra, em cava inundada, para exploração da areia. A preparação da frente de lavra se inicia com o decapeamento da área, na qual a camada orgânica é retirada com auxílio de trator de roda ou de esteira e, a seguir, é também *removida uma camada de estéril constituída por argilominerais depositados em um bota-fora*, para estudos futuros do seu aproveitamento.

Na cava inundada, com o auxílio de uma balsa (Foto 5), a areia é extraída com bomba centrífuga de 8" acionada por motor a diesel de 350 HP e bombeada para uma peneira estática com abertura de 3 a 4 mm colocada na parte superior dos silos (Foto 6). O material retido nessa peneira é constituído por aglomerados de argilominerais e descartado para o bota fora do areal. O passante cai no silo e retorna a uma das cavas (Foto 7), caracterizando-se como uma relavagem para remoção dos finos naturais. Desta, é novamente bombeado para uma segunda lavagem (Foto 8). O passante na peneira estática com abertura de 3 a 4 mm constitui o produto final que é estocado nos silos e destes carregado em caminhões (Foto 9) fora de estrada e transportado para os consumidores

Amostras de areia (produto final) coletadas no Areal Quindim foram submetidas a ensaios granulométricos no CETEM, determinando-se módulos de finura de 3,5 e 3,69, classificando o produto como areia média.





Foto 5 – Balsa extraindo a areia no areal Quindim-Seropédica/RJ, 26/05/2011.



Foto 6 – Material retido na peneira da primeira lavagem da areia (Areal Quindim-Seropédica-RJ), 26/05/2011.



Foto 7 – A areia na forma de polpa passante na primeira peneira vai para um setor da cava (Areal Quindim, Seropédica-RJ), 26/05/2011.



Foto 8 – Re-extração da areia (relavagem) na cava e novamente bombeada para as caixas (Areal Quindim), 26/05/2011.



Foto 9 – Expedição do produto por carregamento direto nos caminhões fora de estrada, 26/05/2011.

### 3.3. Lavra em Cavas Secas com Desmorte Hidráulico

Este método de lavra é bastante empregado para depósitos horizontais e sub-horizontais de matérias primas minerais com elevado conteúdo de areia de quartzo que se desagrega com facilidade e em locais onde exista disponibilidade de água (PISSATO, 2009).

Esse método de lavra é constituído por várias etapas:

- retirada do capeamento estéril, com o auxílio de retroescavadeira;
- desmorte hidráulico da matéria prima mineral e
- bombeamento da polpa das bacias de acumulação para a usina de beneficiamento.

O material de superfície do solo decapeado poderá ser usado na reabilitação da área minerada, na construção do maciço de barragens existentes na área da mineração ou ser disposto em área reservada para o bota-fora do porto de areia.

A seguir, tem-se a lavra da camada arenosa que é feita por desmonte hidráulico, com o auxílio de jatos hidráulicos (Foto 10) A matéria prima desmontada e a partir de então, na forma de polpa, é drenada por gravidade para a bacia de acumulação. Nesta utiliza-se bomba centrífuga de polpa que realiza o bombeamento desta, diretamente para a unidade de beneficiamento.

Esse método de lavra apresenta vantagens quando comparado com os métodos de desmonte mecânico, tais como baixo investimento e elevada recuperação na lavra, no entanto apresenta como desvantagens a baixa seletividade do método de lavra empregado e a alta diluição da polpa nas bacias de acumulação (PISSATO, 2009).



Foto 10 – Lavra de areia em cava seca com desmonte hidráulico.  
(Fonte: Internet)

#### **4. CARREGAMENTO E TRANSPORTE**

A areia produzida é carregada diretamente dos silos de areia e destes para os caminhões fora de estrada ou para os pátios de estocagem, mediante o uso de pás carregadeiras. Os caminhões fora de estrada usados no transporte da areia para os consumidores têm volumes variáveis de 10 a 20 m<sup>3</sup>. A distância média entre os portos de areia e os centros consumidores é de cerca de 100 km (FERREIRA & FONSECA JÚNIOR, 2012). Em algumas situações, a areia é transportada por barco ou por trem.

## 5. ASPECTOS AMBIENTAIS

A atividade de extração de areia para a construção civil, embora a Resolução CONAMA nº 369 a considere de interesse social, traz problemas ambientais e de conflito com as comunidades do entorno, principalmente em regiões metropolitanas que não fizeram ainda o seu ordenamento territorial. Os principais impactos ambientais dessa atividade de extração de areia são: geração de efluentes com particulados nos rios, cavas inundadas com alteração do nível freático, alteração paisagística, desmatamento, emissão de particulados atmosféricos provenientes do tráfego de caminhões fora de estrada, ruído das máquinas etc (QUARESMA, 2009)

De uma maneira geral, a extração de areia em cavas inundadas deixa um passivo ambiental que normalmente não é recuperado. Esta atividade traz a destruição da camada de solo vegetal, criando cavas de grandes dimensões (até 300 m de comprimento, 50 m de largura e 5 m de profundidade), além de alterações significativas na paisagem.

Outro dado extremamente grave é que as mineradoras, ao extraírem a areia abaixo do nível freático, deixam as cavas expostas à contaminação por óleo das dragas, lixo, entulhos, transformando-as em ambientes propícios à proliferação do mosquito. A literatura registra que as áreas em lavra que se situam bem próximas a loteamentos de baixa renda, sem saneamento básico, é comum a utilização da água extraída de poços rasos, o que certamente fornecerá uma água contaminada (PFALTZGRAFF, 1994).

Segundo Mechi e Sanches (2010), a reabilitação das áreas de lavra de areia de várzea do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo entre Jacareí e Pindamonhangaba, a Secretaria de Meio Ambiente-SMA/SP concluiu que a recuperação vegetal foi considerada como ruim. As outras questões que dizem respeito à qualidades das águas e dos sedimentos das cavas, os problemas de eutrofização bem como o potencial de usos futuros não foram estudados. Segundo ainda os mesmos autores, a Resolução da SMA que disciplina a lavra de areia na Bacia do Paraíba do Sul, quanto a reabilitação das áreas degradadas, disciplina apenas a estabilização do meio físico e a revegetação das margens das cavas.

A atividade de extração de areia em Seropédica e Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro, usa o método de lavra em cava inundada e com isto provoca impacto ambiental que a despeito de um Termo de Ajuste de Conduta assinado pelos produtores, a recuperação ambiental se restringe ao reflorestamento dos taludes das cavas, algum controle das águas das cavas, no entanto persiste a pergunta, o que fazer com as águas das cavas? Alguns sugerem que seja um aquífero potencial, mas fazer o que com a água desse aquífero.

A reabilitação de áreas mineradas em um conceito mais amplo da mineração não é visto apenas do ponto de vista de proteção ambiental e conservação, mas como parte do planejamento financeiro e viabilidade do projeto de produção de agregado, considerando os aspectos – econômico, social e ambiental. Dependendo do tipo de depósito lavrado, a topografia, hidrogeologia e cavas podem ser reabilitadas para agricultura, parque aquático para lazer (SMITH & COLLIS, 2001)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREIA & BRITA (2008). Seropédica Paralisou a construção no Rio de Janeiro, p. 6-17, julho/agosto/setembro, nº 43, 2008.
- BUENO, R. I. S (2010). Aproveitamento da areia gerada em obra de desassoreamento – Caso Rio Paraíba/SP, Dissertação de Mestrado em engenharia, 109 p, EPUSP.
- CHAVES, A. P. e WHITAKER, W (2012). Operações de Beneficiamento de Areia, Capítulo 11, nesta publicação.
- FERREIRA E FONSECA JÚNIOR (2011). Capítulo 2, nesta publicação.
- FRAZÃO, E. B. (2010). Panorama de Produção de Aproveitamento de Agregados para construção. [www.cetec.br/agregados/.../Contribuição%20Ely%20Borges%20Frazão.DE](http://www.cetec.br/agregados/.../Contribuição%20Ely%20Borges%20Frazão.DE), consulta na internet, em 9/03/2011.
- KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. L. (2012). Operações de Lavra de Pedreiras, Capítulo 7, nesta publicação.
- MECHI, A.; SANCHES, D. L.(2010) Impactos Ambientais na Mineração do Estado de São Paulo, Estudos Avançados, vol. 24, nº 68, São Paulo, 2010. (<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142010000100016&script=sciarttext>),
- PFALTZGRAFF, P. A. S, (1994). Aspectos Ambientais da Lavra de Areia, Exemplo da Área Produtora do Rio São João, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geologia da UFRJ, 1994.
- PISSATO, E (2009). Gestão da mineração de areia no município de Guarulhos: aproveitamento de resíduos finos em cerâmica vermelha, Tese de Doutorado pela EPUSP, 115 p, São Paulo, 2009.
- QUARESMA, L. F. (2009). Produto 22 – Agregados para a Construção Civil, Relatório Técnico 31-Perfil de areia para construção civil, MME/SGM, 33p, agosto/2009.
- REM-2001, “Seleção do método de lavra: arte e ciência”. Revista Escola de Minas, vol. 54 nº. 3 – Ouro Preto, jul-set 2001.
- SGM (2011), Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030), p. 90, SGM/MME.
- SMITH, M. R.; COLLIS, L. Extraction. In: Aggregates-Sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes, M. R, Smith and L. Collis (Editors), p. 73 – 105, published by Geological Society, 3<sup>th</sup> Edition, London, 2001.



CAPÍTULO

---

---

11

---

# OPERAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DE AREIA

Arthur Pinto Chaves

Engenheiro Metalurgista-EPUSP  
Professor Titular de Tratamento de Minérios  
Departamento de Engenharia de Minas e de  
Petróleo, Escola Politécnica da USP

William Whitaker

Engenheiro de Minas-UFOP, Mestre em  
Tecnologia Mineral- EPUSP. Mineração Casa de  
Pedra, Companhia Siderúrgica Nacional





## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Colocação do Tema

Areias são grãos, essencialmente de quartzo, resultantes da desagregação ou decomposição das rochas em que entra a sílica. A separação do quartzo das rochas pelos agentes de erosão se faz por causa de sua maior resistência, tanto ao desgaste de ordem física, quanto à decomposição química. Esses grãos de quartzo, uma vez desintegrados da rocha primitiva, são transportados pelos diversos agentes erosivos externos, indo formar as praias, as dunas e outras infinidades de depósitos de areias (GUERRA, 1978).

Entretanto, materiais decompostos e mantidos in situ (manto de alteração de pedreiras), que não sofreram qualquer tipo de transporte também são areia. O transporte, por sua vez, pode ser fluvial e eólico. Este último traz para os grãos elevado grau de arredondamento. Isto é muito bom porque aumenta a trabalhabilidade da argamassa ou concreto, embora piore a aderência dos grãos à pasta.

A norma NBR 7225 - Materiais de pedra e agregados naturais normatiza três produtos diferentes:

- areia grossa, -2+1,2 mm,
- areia média, -1,2+0,42 mm e
- areia fina, -0,42+0,075 mm.

Já a norma NBR 7211 - Agregado para concreto considera quatro produtos:

- areia grossa;
- areia média;
- areia fina;
- areia muito fina.

Estas definições são conflitantes e a NBR 7225 considera a areia como um material puramente natural, ao passo que a NBR 7211 inclui as areias provenientes da britagem. Não existe correspondência entre as duas normas - a NBR 7225 considera o tamanho máximo de 2 mm, enquanto que a NBR 7211 admite de 5 a 12% de partículas acima de 4,8 mm.

Uma areia para construção civil deve atender diferentes exigências:

- distribuição granulométrica adequada;
- forma de grãos;
- composição mineralógica adequada.

A cor da areia é muitas vezes utilizada como critério de avaliação da sua pureza. Areias misturadas com saibro ou argila têm coloração amarelada ou avermelhada. Cor castanha pode indicar a presença de feldspatos, alterados ou não, embora muitas vezes seja devida à presença de quartzo escuro. Areias com muscovita, biotita, ilmenita ou pirita têm brilho. Cores cinzentas podem indicar a presença de lamas ou lodos.

As argilas ( $-2 \mu\text{m}$ ) e os siltes ( $-60+2 \mu\text{m}$ ) compõem a fração denominada "pulvurulento". Se esta argila preenche os vazios da areia e influi para que o cimento envolva melhor os grãos de areia, ligando-os mais fortemente, ela melhora a plasticidade do cimento e é benéfica. Se, entretanto, ela forma uma película envolvendo os grãos de areia, sua ação é prejudicial, causando fissuras e retrações, mesmo que se encontre em pequena proporção (PETRUCCI & PAULON, 1955).

Alguns minerais, como as sílicas não cristalinas (opala, calcedônia, ágata), argilas e dolomitas podem reagir com o cimento, resultando em compostos expansivos e por isto são nocivos (SBRIGHI, 2000 & NEVILLE, 1997).

Finalmente, a presença de matéria orgânica (partículas de húmus) sempre é prejudicial à pega e endurecimento das argamassas e concretos (PETRUCCI & PAULON, 1995).

As normas NBR 7211, 7218, 7219, 7220, 7221 e ASTM C 123 tratam dos limites destas impurezas.

## **2. LAVRA DE AREIA**

A lavra de areia é feita segundo três métodos diferentes, função do tipo de depósito que está sendo lavrado:

- a dragagem é feita em leitos de rio e em cavas inundadas;
- o desmonte hidráulico é feito em cavas secas e em mantos de alteração de maciços rochosos;
- a lavra por tiras é feita em depósitos homogêneos e de maior extensão horizontal.

A prática comum é preparar uma polpa com a areia lavrada e bombeá-la para uma caixa de decantação. A areia decanta e o excesso de água transborda, arrastando a lama. Evidentemente, esta prática é primitiva e rudimentar e não permite nenhum controle de qualidade da areia produzida.

### 3. OPERAÇÕES DE BENEFICIAMENTO DE AREIA

À vista do exposto, compreende-se que as operações de beneficiamento empregadas visam desagregar as partículas, individualizando-as, lavá-las, removendo a cobertura de pulvulentos, desagregar as partículas mais frágeis e separar os tamanhos desejados. Passaremos em revista cada uma destas operações.

#### 3.1. Lavagem e Desagregação

Esta operação tem pouca importância nas minas operadas por dragagem, mas é essencial nas cavas secas. Ela tem que ser a primeira operação de qualquer fluxograma. Vários equipamentos são utilizados e passá-los-emos em revista.

O log washer (Figura 1) é um tanque onde giram dois eixos munidos de palhetas que batem a polpa e a agitam intensamente. A areia a ser beneficiada é alimentada no fundo do tanque e transportada para cima pelo movimento das palhetas. As partículas se movimentam entre as palhetas, sofrendo intensa atrição superficial e impactos que desagregam as partículas inconsolidadas ou friáveis e removem as coberturas de argila. A lama gerada transborda como um overflow, enquanto que as partículas sólidas percorrem toda a extensão do aparelho, sendo descarregadas como um underflow.

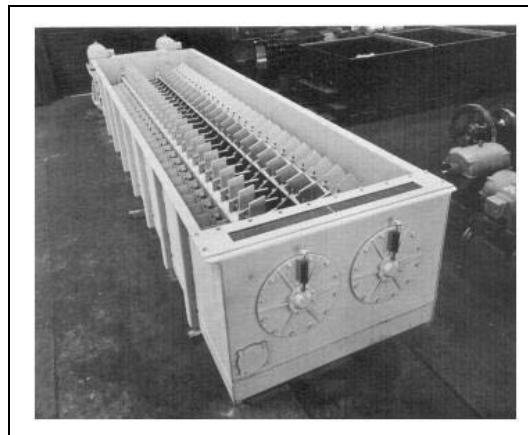


Figura 1 – Log washer.

O scrubber (Figura 2) é um tambor giratório, dotado internamente de aletas que elevam o material e o deixam cair. Ele é alimentado com uma polpa com cerca de 50% de sólidos. A queda do material sobre a polpa que está no fundo do tambor causa intensa atrição das partículas sólidas e desagregação das coberturas de lama. Na descarga do aparelho é colocada uma peneira para separar as partículas grosseiras limpas da lama. Muitos aparelhos têm injeção de jatos d'água sob pressão para ajudar a desagregação. Na peneira, outros jatos d'água completam a lavagem.



Figura 2 – Scrubber.

Os lavadores de rosca, Figura 3, têm a aparência de classificadores espiral mas operam de modo completamente diferente. Eles têm uma ou duas roscas que giram dentro dum tanque. A areia é alimentada em polpa por uma entrada lateral e água é injetada sob pressão pela parte inferior do tanque. O movimento ascendente da água efetua a lavagem dos grãos, que são intensamente atritados pelo movimento da hélice. Argilas, siltes, material orgânico e micas até 0,6 mm são efetivamente removidos e descarregam pelo overflow. Os grãos lavados são arrastados pela hélice e descarregam como underflow. Este produto sai bem desaguado (até 75% de sólidos em peso), o que é outra vantagem deste equipamento.

A regulagem do corte ( $d_{95}$ ) é feita mediante a variação da vazão da água injetada.

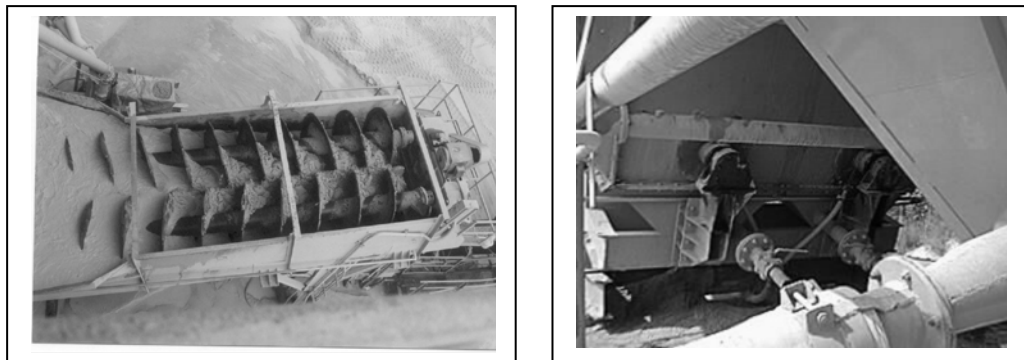


Figura 3 – Lavador de rosca.

### 3.2. Peneiramento

O peneiramento de areias é uma operação difícil porque as malhas de peneiramento são finas. São utilizadas peneiras de alta frequência, o que limita muito a oferta de equipamentos adequados.

Isto é importante de se ressaltar pois, as peneiras vibratórias inclinadas ou horizontais, de baixa frequência, que reinam absolutas no domínio da britagem industrial, são totalmente inadequadas para esta aplicação.

Aliás, a distinção didática clássica entre peneiras vibratórias inclinadas e horizontais deixou de fazer sentido, dado o enorme desenvolvimento ocorrido nos últimos anos. Com efeito, as peneiras passaram a ser distinguidas pelo movimento vibratório, retilíneo ou circular, e as peneiras de movimento retilíneo deixaram de ser somente horizontais para agora trabalharem com inclinações positivas ou negativas. Finalmente, o movimento retilíneo, por ser mais enérgico que o movimento circular, apresenta a vantagem de desentupir a tela (efeito "auto limpante").

Existe uma relação muito importante entre a frequência e a amplitude do movimento vibratório e a malha de peneiramento. Conforme diminui o tamanho da malha, aumenta a frequência e diminui a amplitude. Para peneiramentos tão finos como os necessários para a produção de areia, a frequência é muito elevada, exigindo equipamentos de projeto especial. A Figura 4 mostra uma peneira vibratória horizontal peneirando e desaguando areia numa draga. O oversize sai tão bem desaguado que pode ser transportado por um transportador de correia.

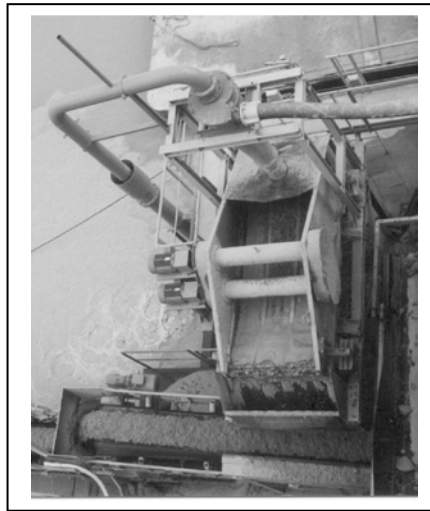


Figura 4 – Peneira vibratória horizontal.

Outro desenvolvimento inovador e muito importante é o da peneira modular ("banana screen"), Figura 5: em vez do deck ter uma inclinação única, ele pode ter duas ou até três inclinações diferentes. A inclinação maior no trecho inicial diminui a altura do leito, acelera a sua estratificação e permite a passagem imediata através da tela das partículas fáceis de serem peneiradas (diâmetro inferior à metade da malha). Ao fim deste módulo, a espessura do leito está significativamente reduzida e o leito passa a ser peneirado com a inclinação recomendada. No trecho final, onde a altura do leito é pequena, pois só restam as partículas maiores que a abertura da tela e aquelas muito difíceis de peneirar, a inclinação do deck é reduzida novamente. O efeito final é o aumento da capacidade em relação à peneira unimodular de mesma área. Já a inclinação menor ou até mesmo negativa no trecho final, onde a espessura do leito está reduzida ao mínimo, aumenta a eficiência do peneiramento pois aumenta o tempo de residência das partículas da faixa crítica (diâmetros entre a abertura da malha e metade deste valor).



Figura 5 – Peneira modular.

Desta forma, a eficiência do peneiramento é aumentada e, como o movimento é retilíneo, a área necessária é reduzida de até 40 % em relação à peneira vibratória inclinada - segundo os fabricantes.

Quando a alimentação do peneiramento tem quantidade elevada de finos, é necessário lavá-la sobre a peneira, ou seja, fazer o peneiramento via úmida. Isto é especialmente conveniente quando se deseja fazer operações de classificação em seguida, pois estas operações são sempre feitas a úmido.

### 3.3. Classificação e Deslamagem

As lamas, via de regra, são compostas de argilo-minerais. Esta família de minerais são alumino-silicatos que têm em comum a característica de serem finamente granulados. O Prof. Pérsio ensina que não existe a moagem de argilas, pois elas são naturalmente finas: o que ocorre é a sua desagregação (SOUZA SANTOS, 1975).

A sua presença nas areias é considerada nociva para o concreto, função de sua composição mineral, e elas precisam ser eliminadas. A norma brasileira NBR 7211 só permite quantidades de material menor que  $150 \mu\text{m}$  entre 10 e 15 % dependendo do tipo de areia. Este fato muda quando se passa de areias naturais para areias de pedreira, pois os finos destas são finos de cominuição da rocha que lhes deu origem.

O termo deslamagem tem um significado mais vago que o de classificação e se refere à eliminação das lamas, indesejáveis para as operações subsequentes ou para a qualidade do produto final (CHAVES, 2002). A classificação e a deslamagem são sempre feitas a úmido. Os dois equipamentos mais utilizados para esta operação são os classificadores espiral e os ciclones.

Os classificadores espiral, Figura 6, são equipamentos muito robustos e confiáveis. Eles são constituídos dum tanque dentro do qual gira uma espiral. O movimento da espiral agita a polpa (mistura de areia e água), mantendo-a em suspensão. Variando-se a proporção de sólidos e água, variará a densidade da polpa e a sua viscosidade. As partículas sólidas alimentadas ao classificador encontram esta polpa e, dependendo do seu tamanho, têm peso suficiente para afundar ou não. Se afundam, acumulam-se no fundo do classificador, de onde são arrastadas tanque acima pelo movimento da espiral. Se não conseguem afundar, transbordam do classificador (CHAVES, 2002).

Os classificadores espiral são fabricados em diferentes tamanhos, o que lhes dá uma faixa de capacidades muito ampla (desde cerca de 60 até cerca de 1.720 t/h de lama eliminada pelo overflow). A faixa de separação ( $d_{95}$ ) vai de cerca de  $800 \mu\text{m}$  a  $74 \mu\text{m}$  (CHAVES, 2004).



Figura 6 – Classificador espiral.

Os ciclones, Figura 7, não têm peças móveis e transformam a pressão com que a polpa lhes é alimentada em movimento circular pelo fato da abertura de alimentação ser tangencial ao corpo do equipamento. As partículas arrastadas por este movimento circular (mais precisamente, "rotacional") sofrem a ação da

força centrífuga e são arrastadas para a periferia do ciclone. As partículas maiores têm massas maiores e expulsam as partículas menores de volta para o centro, ou sequer as deixam afundar. Cria-se uma zona central onde predominam as partículas finas e uma zona externa onde predominam as partículas grossas. O projeto do equipamento faz com que a zona central seja descarregada pelo overflow e a zona externa pelo underflow, ocorrendo assim a classificação desejada.

Os ciclones também são fabricados em diferentes tamanhos, o que também lhes dá uma faixa de capacidades muito ampla, que pode ser multiplicada pelo uso de baterias de ciclones em paralelo. A faixa de separação ( $d_{95}$ ) vai de desde 3  $\mu\text{m}$  a 150  $\mu\text{m}$  (CHAVES, 2004). Como regra geral, o diâmetro de corte ( $d_{95}$ ) aumenta com o tamanho do ciclone (diâmetro interno da porção cilíndrica). Ora, o mesmo acontece com a capacidade do equipamento. Desta forma, para a separação desejada na indústria da areia, de 150  $\mu\text{m}$ , são adequados ciclones de 26 a 50" de diâmetro interno, equipamentos cuja capacidade é enorme. Poucas instalações (portos de areia) têm pois o porte necessário para poder utilizá-los adequadamente.

A eficiência de classificação dos classificadores espiral (85 a 90 %) é muito maior que a dos ciclones (60 a 70 %).



Figura 7 – Ciclones.

Outros equipamentos são oferecidos ao mercado, como os classificadores de roda de caçamba (Figura 8).





Figura 8 – Classificadores de roda de caçamba.

Acompanhando a apresentação feita por WHITAKER, 2002, incluímos nesta operação alguns equipamentos ainda pouco conhecidos no Brasil.

Os classificadores horizontais, Figura 9 (IHC. PROMIN, 1997), são tanques horizontais, longos, com diversas saídas inferiores ao longo de seu comprimento. A alimentação (polpa) entra horizontalmente por uma das pontas e percorre toda a extensão do equipamento. As partículas vão sedimentando conforme afundam, função da posição em que entraram no equipamento e de seu tamanho, e acabam se distribuindo pelas diferentes câmaras em função do seu tamanho - as maiores próximas à entrada e as menores cada vez mais longe. A lama e o excesso de água transbordam pelas laterais e na extremidade oposta.



Figura 9 – Classificador horizontal.

A diferença fundamental entre estes equipamentos e os classificadores horizontais primitivos, "spitzkasten", mostrados em todos os livros texto, especialmente os mais antigos, é principalmente a injeção de um fluxo ascendente de água nas primeiras calhas (existem outras diferenças como o controle automático da descarga do underflow de cada caixa, função ou da altura depositada ou da sua densidade de polpa). Este fluxo elutria as partículas mais finas, melhorando a qualidade de classificação da areia.

Esta corrente de água de elutriação permite que o equipamento opere com bastante constância, sendo pouco afetado por variações de qualidade (distribuição granulométrica) do material alimentado ou de vazão.

O underflow das caixas é descarregado sobre calhas (geralmente 3). A operação das válvulas permite distribuir os produtos de cada caixa entre as três calhas, permitindo compor distribuições granulométricas diferentes. A possibilidade de produzir diferente número de produtos é enorme e o sistema pode ser totalmente automatizado e programado a partir de um computador de processo.

Ou seja, este equipamento não apenas elimina a lama como os ciclones ou lavadores de rosca, ou separa frações granulométricas como os demais classificadores, mas prepara frações granulométricas e as compõe. E esta composição pode ser feita de acordo com a vontade do operador ou com uma especificação da concreteira.

Existe uma variedade de equipamentos operando segundo este princípio. A introdução do fluxo d'água ascendente e a conseqüente elutriação dos finos levou Whitaker a distinguir duas gerações de equipamentos quando compara estes classificadores com os "spitzkasten", com os cones classificadores ou com os tanques estáticos presentes em nossos portos de areia.

Os tanques podem ser horizontais como o mostrado na Figura 9 ou verticais, como mostrado nas Figuras 10 e 11. Os classificadores horizontais podem fazer diferentes cortes granulométricos e com isto gerar diferentes produtos. Os verticais fazem apenas um corte granulométrico, só gerando dois produtos. No equipamento mostrado na Figura 10 ("whirlsizer"), a entrada de polpa é tangencial, o que homogeneiza a sua distribuição dentro do tanque.



Figura 10 – Classificador vertical, "Whirlsizer".

A faixa de corte ( $d_{95}$ ) destes equipamentos vai de 600 a 150  $\mu\text{m}$ . O grande inconveniente é o elevado consumo d'água.

Uma terceira geração seria composta, segundo Whitaker, por equipamentos de tanque vertical, onde a injeção da corrente ascendente de água não tem mais a função de elutriar as lamas, mas sim a de criar um leito fluidizado de areia. Isto é feito mediante o proporcionamento correto da água e sólidos alimentados. A densidade de polpa resultante efetua o corte desejado e torna a classificação extremamente precisa.

O leito é monitorado por um sistema de controle da densidade de polpa do leito. Este controle aciona a válvula de descarga do underflow para manter esta densidade constante.

A Figura 11 mostra um equipamento desta família (LINATEX, 1995).

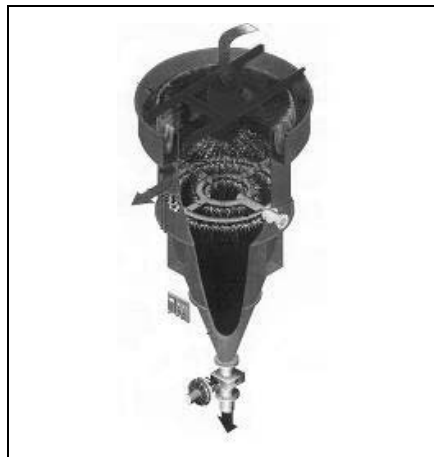


Figura 11 – Classificador vertical por leito fluidizado, "Hydrosizer".

#### **4. PRODUÇÃO DE AREIAS "TAYLOR MADE"**

Em franca utilização na Europa e na América do Norte, as areias especiais ("taylor made") têm a sua distribuição granulométrica definida pela concreteira. Elas servem para fazer colunas ou lajes mais esbeltas, fruto duma resistência elevada do concreto, ou para economizar cimento portland diminuindo o traço do concreto, fruto da melhor ocupação dos espaços vazios entre as partículas de agregado.

As diferentes finalidades para o uso do concreto exigirão distribuições granulométricas diferentes. Nenhuma areia natural atende estas especificações. Desta forma, é necessário separar a areia natural em diferentes frações granulométricas e depois recombiná-las em novas proporções de modo a obter a distribuição especificada pelo engenheiro civil. O mesmo vale para a areia de brita.

As separações em 4,8, 2,4 e 1,2 mm são feitas por peneiramento em peneira de alta frequência. As separações em 150  $\mu\text{m}$  são feitas em ciclones, quando compatíveis com o porte da instalação ou então em classificadores espiral. Já as demais separações têm que ser feitas em classificadores horizontais ou verticais de terceira geração.

A Figura 12 mostra uma instalação destas. O projeto deve prever a flexibilidade necessária para produzir os diferentes produtos conforme a demanda. O controle operacional é totalmente feito por computadores de processo, que conhecem a distribuição granulométrica da matéria-prima e a distribuição desejada para o produto e são programados para escolher os cortes adequados, separar as frações granulométricas e depois recombiná-las.

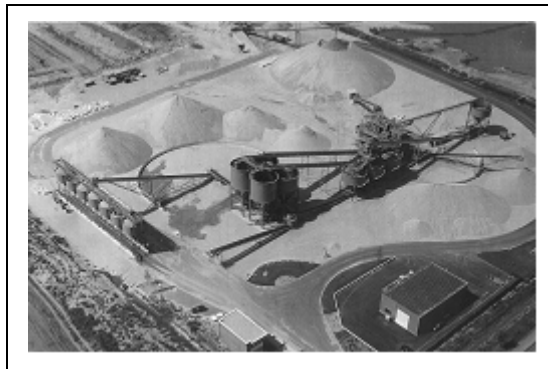


Figura 12 – Instalação para a produção de areia "taylor made".

Os classificadores horizontais, mercê da possibilidade de combinar e proporcionar os produtos das diferentes caixas são também muito adequados para este mister.

## 5. DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES

Passaremos em revista os critérios de dimensionamento dos principais equipamentos examinados acima. Não nos deteremos nos princípios teóricos destes dimensionamentos, recomendando aos interessados os livros de DA LUZ (ed., 2007) & CHAVES, 2006 e 2006b).

### 5.1. Peneiras

As peneiras têm que atender duas condições independentes: precisam ter área suficiente para deixar passar os finos menores que a abertura da tela e precisam ter altura do leito no ponto de descarga do oversize menor que um máximo admissível.

Existem várias fórmulas e parâmetros para calcular a área de peneiramento. Apresentamos a fórmula da VSMA (Vibrating Screens Manufacture Association). Apud IIZUKA, 2006.

$$S = \frac{U}{AxBxCxDxExFxGxHxJ} (\text{ft}^2),$$

Onde:

U = t/h de material menor que a abertura da tela (a) na alimentação;

A = capacidade unitária, (st/h)/ft<sup>2</sup>, medido para alimentações com 25 % >a e 40 % <a/2 e materiais de densidade aparente 100 lb/ft<sup>3</sup>;

B = fator relativo à % >a;

C = fator relativo à % <a/2;

D = fator relativo ao deck de peneiramento;

E = fator relativo ao peneiramento via úmida;

F = correção da densidade aparente do material;

G = fator relativo à área útil da tela;

H = fator relativo ao formato da abertura da tela;

J = fator relativo à eficiência desejada para o peneiramento.

Abertura		% área		Abertura		% área	
mm	Pol/#	aberta	A	mm	Pol/#	aberta	A
101,6	4	75	7,69	19,05	3/4	61	3,08
89,9	3 1/2	77	7,03	15,875	5/8	59	2,82
76,2	3	74	6,17	12,7	1/2	54	2,47
69,85	2 3/4	74	5,85	9,525	3/8	51	2,08
63,5	2 1/2	72	5,52	9,35	1/4	46	1,60
50,8	2	71	4,90	4,7625	4#	45	1,27
44,45	1 3/4	68	4,51	3,175	1/8	40	0,95
38,1	1 1/2	69	4,20	2,3812	8#	45	0,76
31,75	1 1/4	66	3,89	1,5875	1/16	37	0,58
25,4	1	64	3,56	0,7938	1/32	41	0,39
22,25	7/8	63	3,38	-	-	-	-

%>a	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
B	1,21	1,13	1,08	1,02	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84	0,79	0,75	0,70	0,66	0,62	0,58

%>a	80	85	90	95
B	0,53	0,50	0,46	0,33

%<a/2	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
C	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,55	1,70

%<a/2	75	80	85	90
C	1,85	2,00	2,20	2,40

Deck	Primeiro	Segundo	Terceiro
D	1	0,9	0,8

# (mm)	0,7938	1,5875	3,175	4,7525	6,35	9,525	12,7	19,05	25,4
E	1	1,25	2	2,5	2,	1,75	1,4	1,3	1,25

G = % aberta na área utilizada / % aberta na área definida na tabela do fator!

Formato da Malha	Quadrada	Retangular 3 x 4	Alongada
H	1	1,15	1,2

Eficiência	95	90	85	80	75	70
J	1	1,15	1,35	1,5	1,7	1,9

Já, a altura do leito de oversize no ponto de descarga tem que ser menor que:

Densidade Aparente (t/m <sup>3</sup> )	Altura Máxima do Leito
1,6	4 x a abertura da tela
1,6 a 0,8	3 x a abertura da tela
< 0,8	2,5 x a abertura da tela

Esta altura é calculada pela fórmula:

$$\text{Altura do leito (mm)} = \frac{100 \times m^3 / h \text{ de oversize}}{6 \times \text{velocidade do oversize} \times (\text{largura da tela} - 0,15)}$$

Onde a velocidade com que o oversize se move sobre a tela é expressa em m/min e é uma informação fornecida pelo fabricante da peneira, e, a largura da tela é expressa em m.

## 5.2. Ciclones

O diâmetro de corte do ciclone é o  $d_{95}$ , isto é, a abertura ideal pela qual passa 95% do overflow. (TARR, 1985), verificou que este diâmetro de corte é afetado pelo diâmetro do ciclone, pela densidade do sólido, pela porcentagem de sólidos (em volume) da polpa alimentada ao ciclone e pela pressão de alimentação conforme as Figuras 13 a 16.

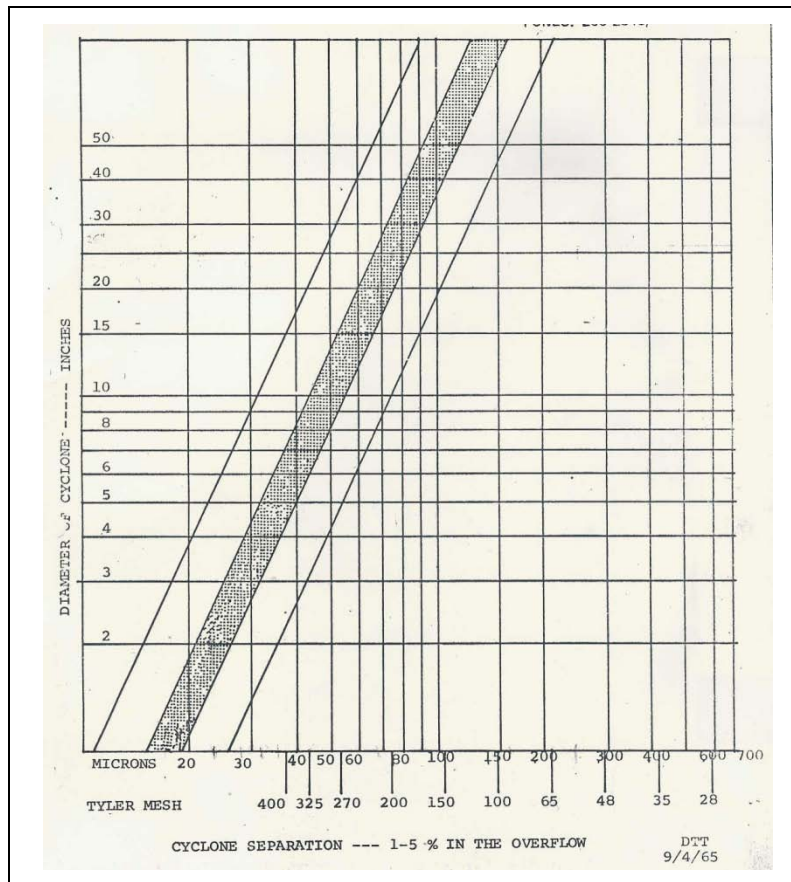


Figura 13 – Gráfico de ciclone.

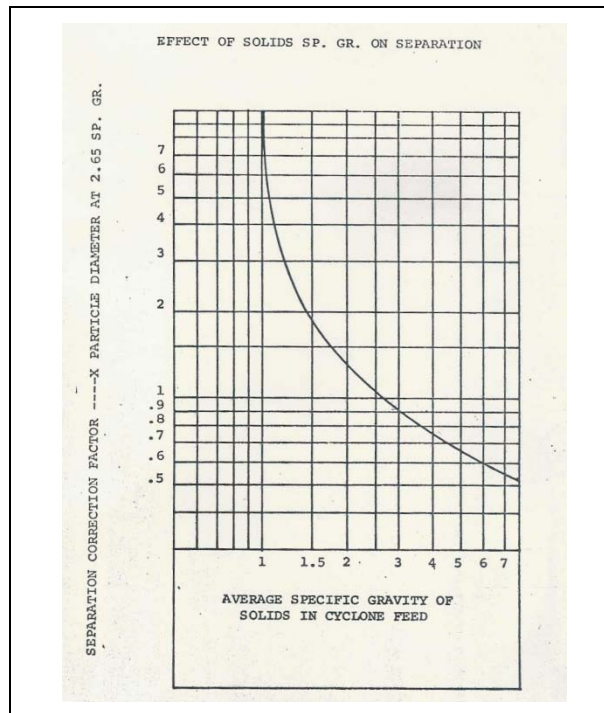


Figura 14 - Gráfico de ciclone.

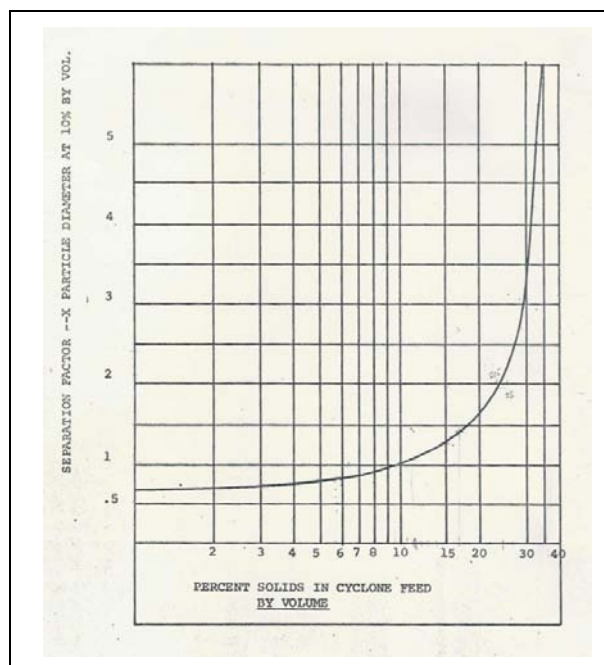


Figura 15 - Gráfico de ciclone.



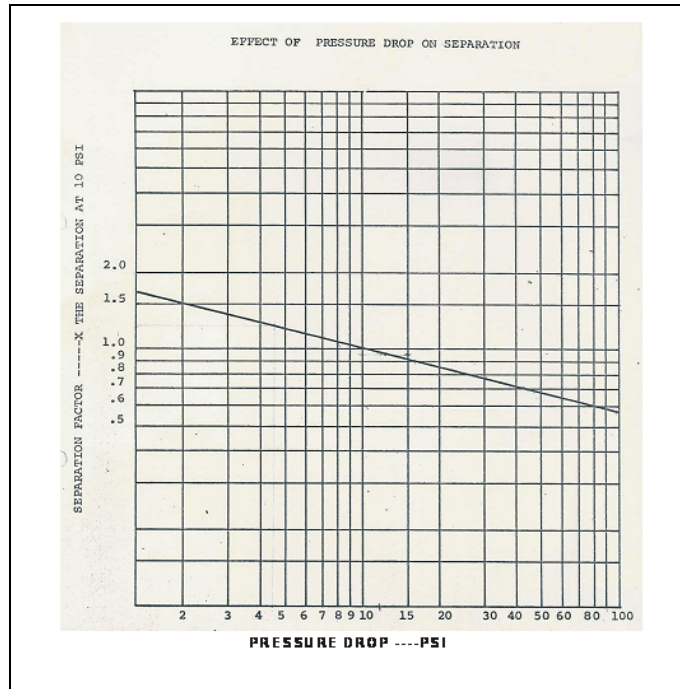


Figura 16 – Gráfico de ciclone.

Já a capacidade do ciclone é afetada pelo diâmetro do ciclone, pela pressão com que a polpa é alimentada a ele e pela porcentagem de sólidos da polpa alimentada, conforme as Figuras 17 a 19.

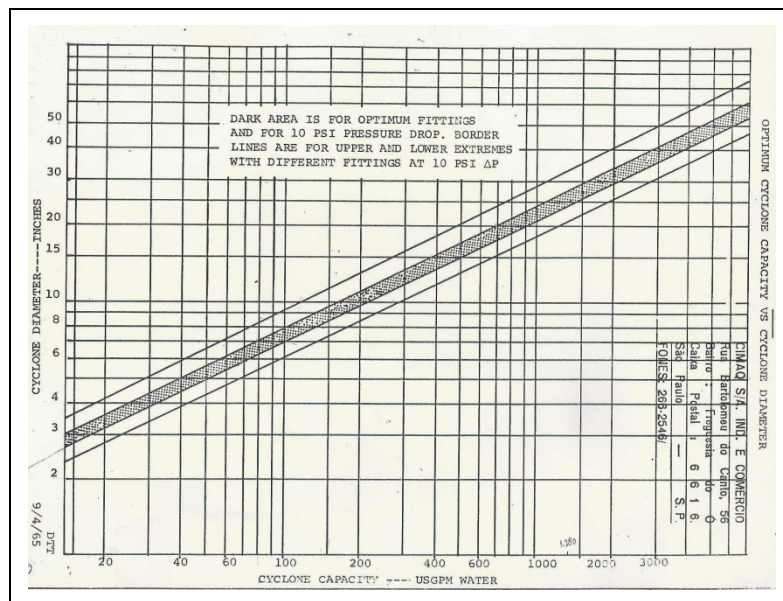


Figura 17 – Gráfico de ciclone.

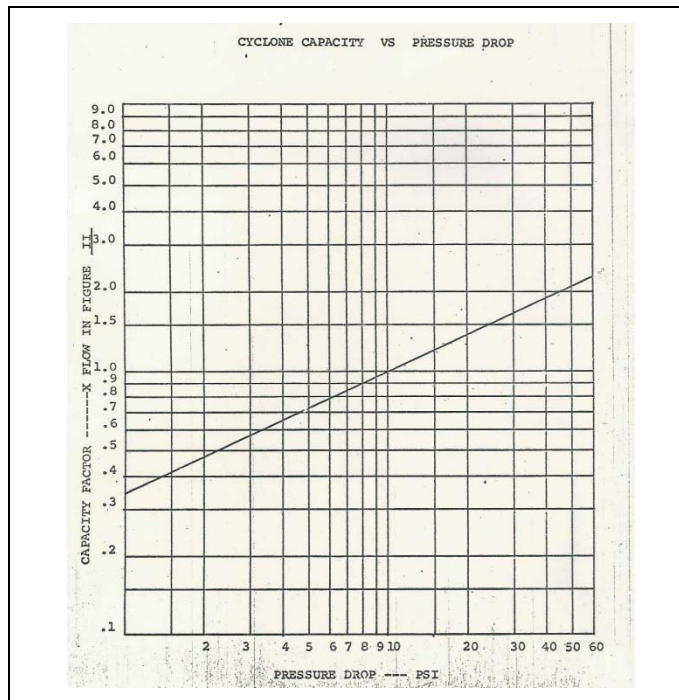


Figura 18 – Gráfico de ciclone.

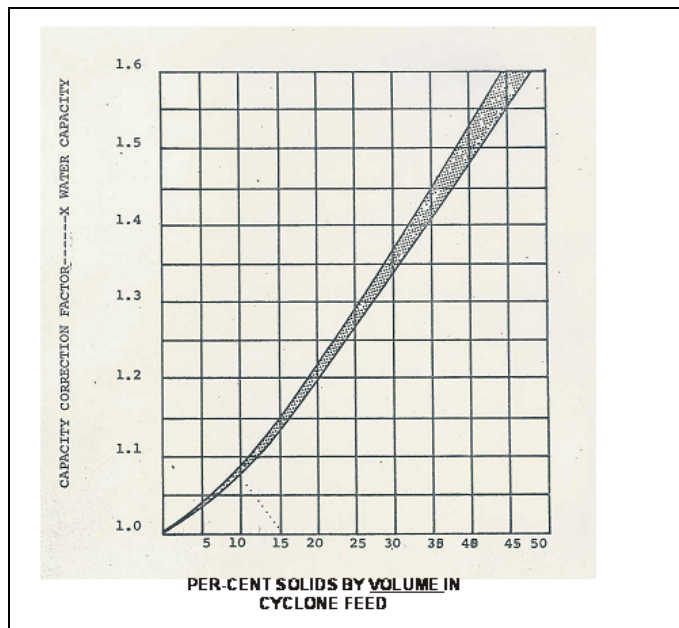


Figura 19 – Gráfico de ciclone.

O dimensionamento do ciclone deve combinar a capacidade necessária com o diâmetro de corte desejado. Como o diâmetro do ciclone afeta tanto a capacidade como o diâmetro de corte, são usadas baterias com vários ciclones em paralelo, como mostrado na Figura 7.

### 5.3. Classificador Espiral

O classificador espiral também precisa atender duas condições independentes: a capacidade de transbordar todo o overflow e a capacidade de arrastar calha acima o underflow.

O diâmetro de corte ( $d_{95}$ ) é função da porcentagem de sólidos do overflow, conforme a Tabela 1, que mostra também a capacidade de transbordo para cada condição.

Tabela 1 – Capacidade de transbordo de overflow, diâmetro de corte e % de sólidos conforme a Tabela 1, que mostra também a capacidade de transbordo para cada condição.

$D_{95}$		Capacidade de transbordo (t/h)/ft <sup>2</sup>	% Sólidos no OF
# Tyler	$\mu\text{m}$		
20	833	1,632	45
28	589	1,432	40
35	417	1,308	35
48	295	1,116	32
65	208	0,948	30
100	147	0,700	20
150	105	0,460	18
200	74	0,300	15

Os classificadores são construídos com diferentes configurações de tanque, para aumentar a capacidade de transbordo de overflow, como mostra a Figura 20, com uma, duas ou três espirais no mesmo eixo, como mostra a Figura 21, para duplicar ou triplicar a capacidade de arraste do underflow e com diferentes imersões da rosca, para acertar o diâmetro de corte do classificador, como mostra a Figura 22.

Existe ainda uma construção, “duplex”, em que dois eixos são instalados num mesmo tanque, maior, dobrando a capacidade do equipamento.

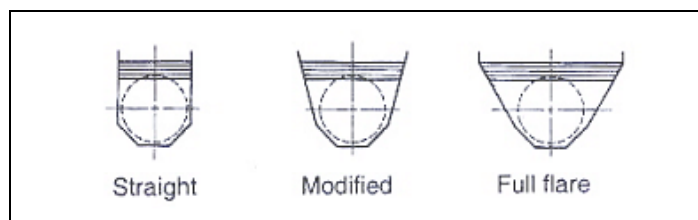


Figura 20 – Configurações do tanque.

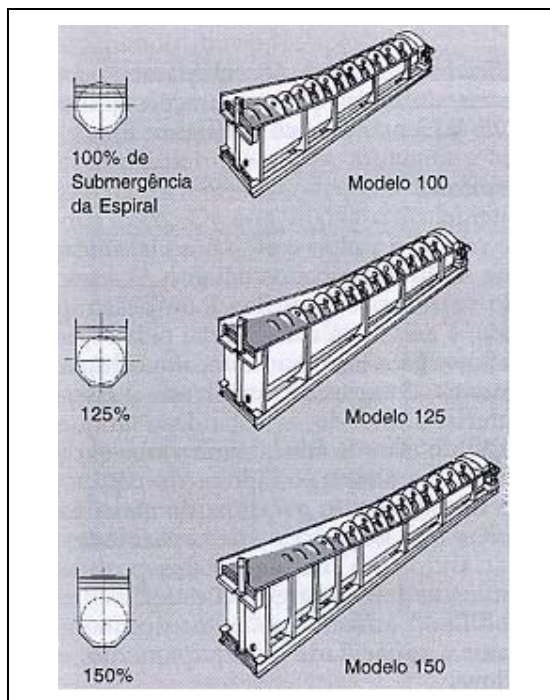


Figura 21 – Imersão da rosca.

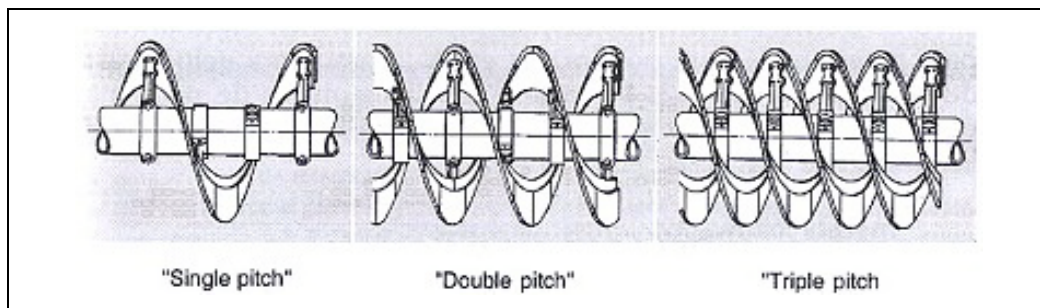


Figura 22 – Roscas simples, dupla e tripla.

O dimensionamento consiste então em calcular a área de transbordo necessária, o que é feito multiplicando a vazão de sólidos do overflow pela capacidade unitária fornecida pela Tabela 1. A Tabela 1 foi construída para mineral com densidade 2,65, de modo que os valores precisam ser corrigidos pelo fator multiplicativo apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Correção da capacidade pela densidade do minério.

Densidade	Fator Multiplicativo
2,0	0,75
2,5	0,90
2,65	1,00
3,0	1,10
3,5	1,25
4,0	1,47
4,5	1,60

A área encontrada é a área necessária para o transbordo da quantidade de overflow. Ela será atendida por um dos classificadores oferecidos na Tabela 3. Note que a área de transbordo varia em função do diâmetro da espiral (em polegadas), da imersão da rosca (100, 125 ou 150% de imersão) e da configuração do tanque (reto ou "straight" = ST, médio = MF ou largo = FF).

Escolhido o classificador, é necessário verificar se ele tem a capacidade de arraste de underflow necessária. Esta capacidade é proporcional ao diâmetro da rosca e à velocidade de rotação, conforme mostra a Tabela 4. Lembre-se que esta capacidade é duplicada ou triplicada se usarem duas ou três espirais no mesmo eixo. A rotação máxima aceitável é imposta pela velocidade periférica da espiral: acima dos valores indicados na Tabela 4 o desgaste da espiral torna-se excessivo.

Tabela 3 – Capacidade de arraste de underflow (1 espiral).

Diâmetro da Espiral (")	Capacidade (t/h)rpm	Rotação Máxima rpm
24	1,0	16
30	1,7	13
36	3,5	11
42	4,8	9
48	8,7	8
54	10,5	7
60	17,3	6,5
66	20,3	6
72	27,8	5,3
78	31,5	5
84	37,5	4,5

Tabela 4 – Área de transbordo de classificadores espiral.

Tamanho (")	Tanque	Imersão		
		100 %	125 %	150 %
Corte Recomendado		20-65#	35-150#	65-325#
Inclinação Recomendada		3 3/4" /ft	3 1/2" /ft	3 1/4" /ft
24	ST	14,1	19,3	25,0
	MF	15,7	22,4	30,0
	FF	17,4	25,9	35,9
30	ST	21,4	29,1	38,0
	MF	23,9	34,5	45,4
	FF	26,8	40,0	55,4
36	ST	30,4	41,6	54,4
	MF	34,0	48,8	66,2
	FF	38,1	57,1	79,7
42	ST	41,6	56,5	73,7
	MF	46,6	66,4	89,8
	FF	52,3	78,0	108,4
48	ST	53,5	72,9	95,0
	MF	60,1	86,0	116,2
	FF	67,6	101,2	140,8
54	ST	67,0	91,2	119,7
	MF	75,4	107,9	146,7
	FF	85,1	126,9	177,9
60	ST	83,4	113,3	147,7
	MF	93,6	133,8	180,8
	FF	105,6	157,8	218,8
66	ST	100,3	136,5	177,7
	MF	112,9	161,5	218,4
	FF	127,4	190,4	265,6
72	ST	118,4	161,5	209,8
	MF	133,4	191,4	257,9
	FF	151,0	225,2	313,2
78	ST	138,5	188,4	245,2
	MF	156,3	224,3	302,2
	FF	176,9	264,6	367,8
84	ST	160,2	217,6	283,4
	MF	181,4	259,0	350,1
	FF	205,5	306,7	426,6

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAVES, A. P. Teoria e prática do Tratamento de Minérios. São Paulo, Signus, 2006, vol. 1 (3ª edição).
- CHAVES, A. P. Teoria e prática do Tratamento de Minérios. São Paulo, Signus, 2006, vol. 3 (3ª edição).
- CHAVES, A. P. Teoria e prática do Tratamento de Minérios. São Paulo, Signus, 2004, vol. 2 (2ª edição).
- GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro, IBGE, 1978 (5ª edição).
- IHC. PROMIN B.V. Variflow horizontal classifiers. Rosmalen, 1997, 4 p.
- IIZUKA, E. K. Análise de tensões em peneiras vibratórias através da modelagem numérica utilizando o método dos elementos finitos e experimentalmente por extensiometria. Campinas, Unicamp, FEM – Departamento de Projeto Mecânico, dissertação de mestrado, 2006.
- LINATEX INC. Hydrosizer, Phoenix, 1995.
- NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. São Paulo, Editora Pini, 1997.
- PETRUCCI, E. G. R.; PAULON, V. A. Concreto de cimento portland. São Paulo, Editora Globo, 1995 (13ª edição).
- SBRIGGHI Neto, C. A importância dos conceitos tecnológicos na seleção dos agregados para argamassa e concretos. Areia e brita, São Paulo, nº 12, p. 26-8, 2000.
- SOUZA SANTOS, P. Tecnologia de argilas, São Paulo, Ed. Blucher, 1975.
- TARR Jr., D. T. Hydrocyclones in WEISS, N. L. (ed) SME mineral processing handbook, New York, AIME, 1985, part 2, p. 3d-10 a 3d-45.
- WHITAKER, W. Técnicas de preparação de areia para uso na construção civil. São Paulo, Epusp/PMI, Dissertação de mestrado, 2001.
- WHITAKER, W.; BRAGA, J. M. S.; CHAVES, A. P. Prospeccion de un tramo de rio para el planeo de la mineracion de arenas. Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales, 6. Anales, Salta, 2002.





CAPÍTULO

---

---

12

---

## COMERCIALIZAÇÃO

José Mário Coelho  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Economia Mineral pela UNICAMP  
Professor Adjunto do Departamento de  
Geologia da UFRJ



## 1. ESTRATÉGIA DE MERCADO E POSICIONAMENTO

Poucos sabem que a produção brasileira de agregados para a construção civil supera a de minério de ferro, carro-chefe da mineração e um dos garantidores do saldo positivo da balança comercial. Enquanto a produção de ferro em 2009 foi de 310 milhões de toneladas, a de agregados totalizou 481 milhões. (PENNA, 2010).

Dados da Anepac - Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil mostram que, em 2008, a produção de 465 milhões de toneladas representou alta de 19% em relação à de 2007. Em 2009, o avanço foi de 3,5%, quando as empresas atingiram 93% da capacidade instalada, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor e consumidor, com absorção de 31% do total.

É um setor que gira R\$ 8,3 bilhões em negócios e é responsável por 68 mil empregos diretos. A estimativa é fechar o período 2010-16 com crescimento acumulado de 29%, número que pode ser ainda melhor devido à Copa do Mundo, aos Jogos Olímpicos e ao PAC 2. Mas, como todo setor produtivo, o de agregados enfrenta obstáculos: legislação ambiental cada vez mais restritiva; dificuldades de obtenção e renovação de licenças; excesso de tributação e informalidade; sistema precário de distribuição nas regiões metropolitanas.

O número de empresas que produzem pedra britada é da ordem de 600, gerando cerca de 20 mil empregos diretos e 100 mil indiretos, segundo informações da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC). A tendência na produção de brita é a maior concentração, principalmente nos maiores centros consumidores. Os produtores individuais de brita subsistem em centros menores. O segmento produtor de brita ligado às construtoras também tem se movimentado. Vem nos principais centros consumidores, adquirindo pedreiras, além de participar de consórcios que passaram a administrar as concessões de rodovias e buscar outras áreas do setor mineral, como a produção de calcário agrícola, cal e argamassas.

Segundo a ANEPAC, cerca de 2.000 empresas se dedicam à extração de areia, na grande maioria, pequenas empresas familiares, gerando cerca de 45.000 empregos diretos e 150 mil indiretos. Destas, 60% produzem menos de 100.000 toneladas/ano; 35%, entre 100.000 toneladas ano e 300.000 toneladas/ano; e 5%, mais do que 300.000 toneladas/ano. Na maioria são pequenas empresas familiares. (QUARESMA, 2009).

O setor de areia para agregados atua, na maioria das vezes, no regime de concorrência perfeita. Embora chamada de “perfeita” pelos economistas clássicos, essa forma de concorrência, no ambiente de negócios, significa que o setor é formado por um número muito grande de empresas, principalmente de pequeno porte, e que praticamente nenhuma delas consegue diferenciar sua

oferta (seu mix de marketing: produtos, preços, distribuição, comunicação) a ponto de construir uma forte lembrança de marca e, sobretudo, de agregar valor a seu produto, tornando-o destacado dos concorrentes, preferido pelos compradores e, portanto, tendo a possibilidade de cobrar por esse valor adicional percebido.

Os agregados aproximam-se mais do conceito microeconômico de bens homogêneos, o que acarreta um padrão de concorrência mais voltado à eficiência nos custos, seja por redução nos custos de transporte (com localização perto do mercado consumidor), na busca por métodos operacionais e de movimentação de materiais mais eficientes (como a britagem móvel), ou em arranjos organizacionais que aperfeiçoem os processos internos e redução de custos, com fusões e aquisições, levando muitas vezes à verticalização da produção.

No caso de setores fragmentados, como é o caso da produção de areia que é formado por uma elevada parcela de micro e pequenas empresas, deve-se salientar a necessidade da aglomeração de empresas em esforços cooperativos, principalmente de caráter regional, como, por exemplo, APLs, pólos industriais, clusters e redes (UFRJ, 2001).

Atualmente, existe no Brasil uma alta demanda por agregados, em função do mercado projetado para a construção civil com o objetivo de superar os déficits de infraestrutura e de milhões de moradias.

## **2. SEGMENTAÇÃO DO MERCADO DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

Considerado como produto básico da indústria da construção civil, o concreto de cimento portland utiliza, em média, por metro cúbico, 42% de agregado graúdo (brita), 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos. Como se observa 82% do concreto é constituído de agregados. Em mistura asfáltica para pavimentação, usam-se 40% de agregado miúdo (0 a 5 mm) e 60% de agregados graúdos (6 a 12 mm). 95% em peso da mistura asfáltica é constituído de agregados. Em base de pavimentos flexíveis de asfalto e sub-bases de pavimentos rígidos de concreto são usados agregados. (QUARESMA, 2009).

A segmentação do mercado consumidor brasileiro para brita, em 2009, indicou que 32% e 24% da produção foram destinadas à mistura com cimento por concreteiras e por construtoras, respectivamente, 14% nas indústrias de pré-moldados, 10% comercializado por revendedores, 9% por usina de asfalto.

Incluídos nos 70% associados ao cimento, tem-se a seguinte distribuição: concreto (35%), pré-fabricados (15%), revenda (lojas de construção e depósitos) para o consumidor final (10%) e outros segmentos como cascalhamento,

enrocamento, gabiões, lastro de ferrovias, construção de taludes, etc, respondem pelos restantes 10%. Incluídos nos 30% associados à mistura com asfalto betuminoso está sendo considerada a produção destinada à pavimentação de ruas e bases e sub-bases para a construção de rodovias. (VALVERDE & TSUCHIYA, 2008).

Tabela 1 – Usos e Destinação da Areia e Brita para Construção.

Brita (%)	Segmento	Areia (%)
32	Concreteira	20
24	Construtora	15
14	Indústrias de Pré-fabricados	10
10	Revendedores/loja	10
9	Usina de asfalto	5
-	Argamassas	35
4	Outros	5
7	Orgão Público	-

Fonte: Valverde & Tsuchiya, 2008

### 3. PRECIFICAÇÃO

O consumo de materiais para obras de residências e reformas, que representa uma importante parcela do faturamento das indústrias de areia e brita, vem apresentando crescimento significativo resultante do aumento da renda das famílias, de obras de infraestrutura em implementação pelo PAC-Programa de Aceleração do Crescimento.

A restrição de comércio a grandes distâncias, devido aos custos de transporte induz à formação de micromercados regionalizados separados por um raio de até 150 km. A restrição imposta pela distância se constitui em uma importante barreira à entrada no mercado de novos concorrentes.

Nas grandes regiões metropolitanas, mudanças provocadas por um setor consumidor mais amplo, mais disperso territorialmente e que consome agregados de construção em largas escalas, vem induzindo o lado da oferta a se organizar em formas que aproveitem os ganhos de escala. Como os conglomerados verticalizados, que atuam desde a extração mineral, fabricação do cimento, até preparação e entrega do concreto pré-misturado na obra, agregando valor pela venda de produto e serviço ao mesmo tempo. Em grandes regiões metropolitanas, tais escalas maiores de produção acarretarão concentração da produção em menor número de empresas.

No Brasil, a maioria das mineradoras de agregados comercializa os seus produtos através da medição do seu volume. Na mineradora, a caçamba do caminhão é carregada, realiza-se o nivelamento do material e, finalmente, mede-se a altura da carga para determinar uma média aproximada do volume.

Como este processo de medição acarreta imprecisões, gerando diferenças nas entregas e recebimentos de agregado natural, a relação entre produtores e consumidores é conflituosa. Por estes motivos já existem fortes iniciativas de sindicatos e produtores de se mudar o tradicional processo de comercialização de volume para pesagem de produto (SINDIPEDRAS, 2004b).

Os preços dos agregados para construção civil, diferentemente dos demais produtos da indústria mineral, apresentam a peculiaridade de serem determinados localmente, ou seja, em cada um dos micro-mercados regionalizados. Esse fato é devido a inexistir comércio entre grandes distâncias, por causa do baixo valor unitário dos produtos.

Por isso os preços variam muito entre os diversos Estados e regiões metropolitanas. A grande quantidade de empreendimentos, bem como o fato de os produtos serem homogêneos, satisfaz algumas das condições para a existência de mercados perfeitamente concorrenciais (exceto pelo fato de existirem barreiras a entrada). A implicação disso é que as forças que mais atuam para a formação dos preços é o estado da demanda e a capacidade do parque produtor em atendê-la num dado período.

A média nacional de preço da brita número 02, em junho de 2009, foi de R\$ 38,05. Os preços foram mais voláteis na região norte, sobressaindo nesse aspecto o estado do Amazonas, com maiores valores do país. A região norte é desfavorecida em ocorrência de jazidas de boa qualidade. (LA SERNA & REZENDE, 2009).

O estado com o maior preço médio do período foi o Acre (R\$82,02) Seguido por Amazonas (R\$ 63,08). No Acre, a brita é oriunda do estado vizinho de Rondônia, sendo encarecida pelo transporte. A região norte tem a Brita mais cara do país, enquanto Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná, tiveram os menores preços médios (R\$25,28; R\$21,39; R\$25,02). A média nacional do preço da areia fina, em junho de 2009, foi de R\$ 25,05. O Distrito Federal teve o maior preço médio (R\$42,59) e baixa variância. O menor valor nacional foi em Roraima (R\$ 12,98). (La Serna & Rezende, op. cit.).

Além do transporte, outro item importante de custo são os equipamentos e peças de reposição, fato normal ao setor mineral, que geralmente é intensivo em tecnologia. Entretanto, para agregados de construção civil, a tecnologia não representa um custo mais significativo do que o transporte devido à relativa baixa intensidade tecnológica da mineração de agregados, em comparação aos demais produtos da indústria mineral. No preço final, o transporte responde por cerca de 1/3 no valor na brita, a 2/3 no valor da areia, o que impõe a necessidade de produzi-los o mais próximo possível do mercado, que são os aglomerados urbanos.

Durante muitos anos, a produção dos agregados ficou estagnada e os preços praticados mal davam para cobrir os custos de produção. A tendência atual é o aumento de preços por conta de várias obras públicas que vem sendo executadas. A partir de 2007, houve aumento significativo de preços devido ao aquecimento do mercado imobiliário. Esse aumento de demanda encontrou o setor pouco preparado para atendê-la, pois o parque produtivo não recebia investimentos, havia alguns anos. Nas capitais que sediarão jogos do campeonato mundial de 2014, se espera um ritmo de obras públicas mais intenso, para satisfazer as exigências de adequação da infraestrutura. Espera-se para essas capitais, uma tendência altista pelo menos até 2014. (LA SERNA & REZENDE, 2009).

#### **4. TRIBUTOS E ROYALTIES INCIDENTES SOBRE AS VENDAS**

Referencia-se que a origem dos tributos é muito antiga na história da humanidade, passando desde a época em que o homem tinha como forma de sociedade as tribos, onde os mesmos eram feitos de forma voluntária, em forma de presentes aos líderes tribais por seus serviços à tribo (Bordin, 2009).

A gestão tributária no Brasil tem sido caracterizada pela sua complexidade, dada a proliferação de tributos, suas inter-relações, autonomias dos níveis governamentais (federal, estadual, municipal), uso de incentivos nos planos de governo, frequentes alterações dos textos legais etc. No âmbito dos tributos federais, particularmente do imposto de renda, Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para Fins Sociais (COFINS). (ANDRADE, 2006).

Há certo consenso de que o regime tributário brasileiro necessita reforma, de modo a torná-lo mais simples e racional. Desde a década de 90 vêm sendo discutidas propostas de mudança. Naturalmente, tratando-se de assunto tão complexo e que envolve interesses frequentemente divergentes, não há unanimidade sobre o quê deve ser modificado e qual a forma que o novo sistema deve assumir. (SOUZA & COELHO, 1996).

A carga tributária no Brasil é elevada e vem crescendo nas últimas décadas. De acordo com dados do IBGE, ela passou de 14,42 em 1950 para 35,00 em 2009. (BRAZ, 2009).

A carga tributária no Brasil, além de vir crescendo ao longo do tempo, encontra-se atualmente em nível relativamente elevado em comparação com outros países, especialmente na América Latina. Em 2004, entre todos os países da América Latina, apenas o Brasil, a Argentina e o Uruguai tinham carga tributária superior a 20%; apenas o Brasil tinha carga tributária superior a 30%. Estudo divulgado em maio de 2009 pela CEPAL (Comisión Económica para América Latina) mostra que a carga tributária evoluiu para 36% no Brasil, 29% na Argentina, 24% no Uruguai, 21% no Chile, 17% no Peru, 12% no México. (Braz, op. cit).

As atividades de mineração no Brasil foram submetidas a regimes tributários variados ao longo da história, desde o quinto, cobrado pela Coroa portuguesa na época da Colônia, até a situação vigente na atualidade. Nas últimas décadas, as mudanças mais importantes foram introduzidas pela Constituição Federal de 1988. (Braz, op. cit)

A Constituição de 1988 alterou, de forma acentuada, o regime tributário da mineração no Brasil. O IUM-Imposto Único sobre Mineração foi extinto e a mineração deixou de ter um regime tributário diferenciado. Ela passou a ser tributada pelo Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e Comunicação (ICMS), de competência estadual.

A Constituição também assegurou aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União participação no resultado da exploração de recursos minerais no respectivo território, ou compensação financeira por essa exploração, mais tarde regulamentada como Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

Tabela 2 – Resumo dos Tributos e Encargos Incidentes Sobre a Mineração.

Tributo ou encargo	Alíquota ou valor pago	
	Mercado interno	Exportações
IRPJ	15% sobre o lucro real mais adicional de 10% sobre a parcela que exceder R\$20.000,00 mensais	Mesma
CSLL	9% sobre o lucro líquido antes da provisão para o IRPJ	Mesma
PIS/PASEP	não-cumulativo 1,65% sobre o total das receitas auferidas	Imunes
COFINS	não-cumulativa 7,6% sobre o total das receitas auferidas	Imunes
IOF	Variáveis, conforme a operação	Mesmas
ICMS	17% ou 18% nas operações internas; 7% ou 12% nas operações interestaduais	Não-incidência
INSS	20% do total das remunerações pagas	Mesma
FGTS	8% das remunerações pagas	Mesma
Salário-Educação	2,5% dos salários mais adicionais	Mesma
Seguro de Acidentes	3% dos salários mais adicionais	Mesma
CFEM	0,2% a 3%, dependendo da substância mineral	Mesmas
Participação do superficiário	50% da CFEM	Mesma

Fonte: Braz, 2009, Modificado.



A mineração, como toda atividade industrial no País, está sujeita a impostos, taxas, encargos e assemelhados, em âmbitos federal, estadual e municipal. Atualmente, os principais tributos e encargos que incidem sobre a mineração estão listados na Tabela 2

#### **4.1. Imposto de Renda de Pessoa Jurídica – IRPJ**

O Imposto de Renda de Pessoa Jurídica é um imposto federal, pago mensalmente, e incidente sobre o lucro líquida tributável das empresas, cabendo sua regulamentação, normatização, arrecadação e fiscalização à Receita Federal do Brasil.

Em função do porte de sua receita total, as empresas de mineração no País estão sujeitas ao pagamento do imposto de renda por um dos seguintes regimes:

- a) Lucro Real - as empresas que auferiram receita total superior a R\$ 24 milhões, no ano-calendário anterior, são obrigadas ao regime de tributação com base no lucro real, podendo optar pela apuração do lucro real em base trimestral ou anual.
- b) Lucro Presumido - as empresas de mineração que tenham auferido receita total inferior a R\$ 24 milhões no ano-calendário anterior, poderão optar, em caráter irrevogável, pelo regime de tributação simplificada com base no lucro presumido. O imposto de renda é recolhido trimestralmente à medida que os lucros forem sendo auferidos.

Independentemente do regime de tributação a que esteja sujeita (lucro real ou lucro presumido), a empresa é obrigada a apresentar, anualmente, a declaração de IRPJ relativa aos rendimentos auferidos com as operações no ano-base.

Importa destacar que, no caso específico da mineração — aditivamente a depreciação, amortização de despesas pré-operacionais, compensação de prejuízos de exercícios anteriores, perdas no câmbio de moeda estrangeira e outras deduções previstas na legislação fiscal aplicável a qualquer atividade industrial — são consideradas ainda como dedutíveis na determinação do lucro tributável:

- Cota de Exaustão: determinada em função do volume da produção anual em relação às reservas conhecidas da mina, tendo como base o custo de aquisição ou obtenção dos direitos minerários, corrigido monetariamente, ou, no caso da empresa não ser a titular, da duração do contrato de arrendamento da mina;

- Despesas com Pesquisa Mineral: as despesas realizadas na fase de pesquisa mineral e na ampliação de reservas da jazida em lavra podem ser deduzidas como despesas operacionais, ou capitalizadas e amortizadas pelo prazo mínimo de cinco anos, a partir do início das operações de lavra;
- Despesas incorridas com o desenvolvimento da mina – podem ser capitalizadas e amortizadas pelo prazo mínimo de cinco anos, a partir do início das operações de lavra.

#### **4.2. Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL)**

A CSLL mensal devida e calculada com base na alíquota única de 12% sobre o lucro estimado. Tal alíquota aplica-se também no cálculo da CSLL anual.

Empresas tributadas pelo Lucro Presumido – as empresas de mineração aqui enquadradas apurarão e pagarão a CSLL, trimestralmente. A base de cálculo será o resultado da aplicação do percentual de 12% sobre a receita bruta do trimestre, acrescido de ganhos de capital e demais receitas não operacionais previstas em lei. Sobre o resultado deste somatório aplica-se alíquota única de 12%.

#### **4.3. Contribuição do PIS/PASEP**

O PIS (Programa de Integração Social) foi criado pela Lei Complementar nº 7/70, com o objetivo de promover a integração dos trabalhadores na vida e no desenvolvimento das empresas. A alíquota desta contribuição mensal é de 0,65% e incide sobre a receita operacional bruta, isto é, a soma das receitas que resultam no lucro operacional, acrescida das receitas financeiras e variações monetárias.

#### **4.4. COFINS – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social**

A COFINS é uma contribuição que tem por finalidade custear investimentos de caráter assistencial. Incide sobre o faturamento mensal a uma alíquota de 3% e 7,5%, dependendo do regime adotado.

#### **4.5. Contribuição para o Instituto Nacional de Seguro Social (INSS) e Fundo de Garantia de Tempo de Serviço (FGTS)**

Dentre outros encargos sociais de responsabilidade da empresa, cabe destacar:

A contribuição para o Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS) na base de 20% sobre a folha de pagamento; e a contribuição para um fundo compulsório destinado ao trabalhador e controlado pelo Governo Federal - Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) -, correspondente a 8% dos vencimentos pagos ou devidos aos empregados

#### **4.6. Imposto Sobre Operações de Crédito, Câmbio e Seguros (IOF)**

A alíquota máxima é de 1,5% ao dia sobre o valor das operações de crédito. A alíquota reduzida vigente para pessoas jurídicas é:

- 0,00137% ao dia para pessoas jurídicas optantes pelo Simples Nacional, em operações iguais ou inferiores a R\$ 30.000,00;
- 0,0041% ao dia para os demais casos.

#### **4.7. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).**

A CFEM (royalty), estabelecida pela Constituição de 1988, e regulamentada pelas Leis 8.876/94 é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e a órgãos da administração direta da União, como contraprestação (preço público) pela utilização econômica de recursos minerais de seus respectivos territórios. A alíquota tem como base de cálculo o faturamento líquido da venda do produto mineral, entendido como o total das vendas menos os tributos incidentes sobre a comercialização, as despesas de transporte e de seguros. A alíquota varia de acordo com o produto mineral. No caso dos agregados, a alíquota é de 2%.

#### **4.8. Participação do Superficiário (Proprietário do Solo)**

É sempre necessário lembrar a necessidade de inclusão da participação do superficiário, o que eleva o ônus para o minerador em, no mínimo, 50% da CFEM. Para os agregados a alíquota é de 1%.

Além desses tributos, devem ser considerados os incidentes sobre a propriedade (IPTU, IPVA, INCRA etc.). (Braz, op. cit).

### **5. RECOMENDAÇÕES**

Como a atual política governamental que tem como prioridade a retomada do crescimento e do desenvolvimento social, o consumo doméstico de bens minerais essenciais à ampliação de infraestrutura, aos programas de habitação e de saneamento básico, a implantação de novos pólos industriais dentre outros) vem apresentando um ritmo de crescimento mais acelerado do que o esperado para o PIB. Este fato ficou evidenciado pelo crescimento de 19% no consumo de agregados em 2008, em relação a 2007, e expectativa de mesmo nível de crescimento no corrente ano.

Esse incremento deverá exigir uma maior utilização da capacidade instalada, e provavelmente a sua expansão. Tais desdobramentos são factíveis desde que as diretrizes traçadas por essa política, em nível setorial, incorporem um tratamento fiscal compatível com a capacidade de investimento do segmento produtor de brita e areia, materiais básicos da construção civil, que, nessa condição, são merecedores da denominação de “minerais sociais”.

Uma proposta tributária, adequada à atividade desse segmento da indústria extrativa mineral deve considerar o elevado porte dos investimentos com retorno de longo prazo e as dificuldades com as quais convive, sob todos os aspectos (rigidez locacional, exaustão, riscos. das pesquisas geológicas e longo prazo de maturação dos investimentos) de modo que a tributação não seja um fator impeditivo para a atividade empresarial do setor e leve em conta os benefícios gerados pela atividade mineral no contexto global da economia.

Outro aspecto a considerar, com fundamento no princípio da equidade e a exemplo das demais empresas contribuintes não ligadas ao setor primário da "economia é a possibilidade de crédito do ICMS incidente sobre os bens de capital (máquinas e equipamentos e respectivos materiais de desgaste, a exemplo de mandíbulas, brocas, coroas, hastes. etc.). adquiridos e incorporados ao ativo imobilizado operacional das empresas de mineração. Um tratamento fiscal que concedesse crédito evidentemente contribuiria para o retorno mais atrativo dos empreendimentos das indústrias extrativas e de transformação do setor mineral, dessa forma, discriminadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil, Departamento Nacional de Produção Mineral (2006). *Mineral Negócios: Guia do Investidor no Brasil/Mineral Business: Investor's Guide in Brazil*. Coordenação. Antonio Fernando da Silva Rodrigues. – Brasília-DF: DNPM, 2006.
- BRAZ, E. (2009). *Aspectos Tributários da Mineração Brasileira: Cenário Evolutivo da Situação Tributária da Mineração no Brasil e Análise Comparativa com Países Mineradores Selecionados*. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM Banco Mundial Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. 2009. [http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/estudos\\_economia\\_setor\\_mineral/P03\\_RT07\\_Cenxrio\\_Evolutivo\\_da\\_Situaxo\\_Tributxria\\_da\\_Mineraxo\\_no\\_Brasil\\_e\\_Anxlise\\_Comparativa\\_com\\_Paxses\\_Mineraadores\\_Selecionados.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/estudos_economia_setor_mineral/P03_RT07_Cenxrio_Evolutivo_da_Situaxo_Tributxria_da_Mineraxo_no_Brasil_e_Anxlise_Comparativa_com_Paxses_Mineraadores_Selecionados.pdf).
- BRAZ, E. (2009). *Aspectos Tributários da Mineração Brasileira: Análise Comparativa de Royalties*. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM Banco Mundial Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. 2009. [http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/estudos\\_economia\\_setor\\_mineral/P03\\_RT09\\_Anxlise\\_Comparativa\\_de\\_Royalties.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/estudos_economia_setor_mineral/P03_RT09_Anxlise_Comparativa_de_Royalties.pdf).
- PENNA P. C. V. A produção brasileira de agregados para a construção civil. *Folha de São Paulo* (Caderno Mercado) em 15 de setembro de 2010.

- QUARESMA L. F. (2009). *Agregados para Construção Civil. Relatório Técnico 30 Perfil de Brita para Construção Civil*. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM Banco Mundial Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. 2009. [http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/a\\_mineracao\\_br\\_asileira/P22\\_RT30\\_Perfil\\_de\\_brita\\_para\\_construxo\\_civil.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_br_asileira/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construxo_civil.pdf).
- QUARESMA L. F. (2009). *Agregados para Construção Civil. Relatório Técnico 31 Perfil de Areia para Construção Civil*. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM Banco Mundial Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. 2009. [http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano\\_duo\\_decenal/a\\_mineracao\\_br\\_asileira/P22\\_RT31\\_Perfil\\_de\\_areia\\_para\\_construxo\\_civil.pdf](http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_br_asileira/P22_RT31_Perfil_de_areia_para_construxo_civil.pdf).
- SOUZA, P. A., COELHO, J. M.(1997) Carga Tributária Incidente Sobre a Produção Mineral no Contexto da Reforma Fiscal. *Revista Areia & Brita*. Agosto, 1997, nº 2, p. 39. [http://anepac.org.br/wp/pdf\\_revistas/Revista02.pdf](http://anepac.org.br/wp/pdf_revistas/Revista02.pdf).
- VALVERDE F, M., TSUCHIYA, O. Y. (2008). Importância Estratégica dos Agregados para a Construção Civil. Brasília, outubro de 2008. <http://artisanalmining.org/casm/sites/artisanalmining.org/files/publication/Fernando%20ValverdeSimexmin.pdf>.



CAPÍTULO

---

---

13

---

## AGREGADOS E SUSTENTABILIDADE

João Pedro Martins da Silva  
Mestre em Geologia pelo IGEO-UFRJ  
Biólogo do Núcleo de Licenciamento  
Ambiental-NLA IBAMA-RJ





## 1. INTRODUÇÃO

Quando se tenta relacionar “desenvolvimento sustentável” e mineração, encontram-se enormes dificuldades. Segundo Nitsch (1996), a mineração é insustentável, já que os minerais são recursos inevitavelmente exauríveis. Um ambiente minerado nunca poderá ser restaurado: seus recursos minerais foram retirados e não podem ser recolocados no lugar, sendo assim impossível garantir que esses recursos naturais possam ser usados pelas futuras gerações.

Por outro lado, a mineração pode ser enquadrada como atividade sustentável quando ela minimiza seus impactos ambientais e garante o bem-estar socioeconômico no presente e também das futuras gerações. (ENRÍQUEZ, 2008).

Essa discussão vem acontecendo desde que o termo “desenvolvimento sustentável” foi utilizado pela primeira vez em 1980 no documento “World’s Conservation Strategy” da International Union for the Conservation of Nature (Talbot, 1980) e consolidado, em 1987, como “caminhos para o progresso humano que atendam as necessidades e aspirações da geração atual sem comprometer a habilidade das futuras gerações em atender suas próprias necessidades” pelo relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD (World Commission on Environment and Development – WCED) conhecido como Relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum (WCED, 1987).

Este conceito evoluiu desde então com diferentes abordagens. O próprio conceito de desenvolvimento, que para as teorias ortodoxas significa crescimento econômico dependente dos investimentos produtivos realizados na economia, com foco no Produto Interno Bruto (PIB) per capita como medida e aumento da poupança como forma de crescer, aponta para a possibilidade de um crescimento econômico contínuo e estável em que fatores como Trabalho e Capital são combinados em proporções fixas para gerar certa quantidade de Produtos (Enríquez, op.cit.).

Contrapondo-se a essa escola econômica, teorias neomarxistas inserem os componentes sociais e políticos no conceito de desenvolvimento. Têm como integrantes economistas da Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL) que demonstraram que nas trocas entre produtos primários e manufaturados, as matérias-primas tendiam à queda e os produtos manufaturados à estabilidade ou mesmo à alta (PREBISCH, 1949).

Uma terceira escola econômica, a Escola Institucionalista tem em Douglas North um dos seus principais teóricos que afirma que a análise econômica convencional é limitada porque se utiliza indicadores simplificados que falham em revelar as diferenças entre países e regiões. Para esta escola, o conceito de instituição - normas implícitas e explícitas que regulam as decisões e que limitam a capacidade de escolhas é a chave para explicar o desenvolvimento econômico.

Assim, é possível atingir o desenvolvimento econômico e social estável através principalmente da reelaboração das normas que regem o comportamento e as relações entre os indivíduos e suas diversas atividades nas organizações, sejam empresas privadas, instituições públicas/privadas ou, Governo. (NORTH, 1993).

Foi Dudley Seers nos anos 60 quem alterou o foco do desenvolvimento – PIB, renda per capita etc. das escolas anteriores propondo que os indicadores para medição do desenvolvimento fossem 1) pobreza, 2) iniquidade e 3) desemprego (SEERS, 1969).

Amartya Sen apresenta, trinta anos depois, o desenvolvimento como função e com objetivo principal de reduzir as privações das pessoas, aumentar as escolhas, as liberdades humanas. As pessoas devem estar ativamente envolvidas na construção de seus próprios destinos, nunca elementos passivos de programas de desenvolvimento. Em suas palavras:

“a expansão da liberdade humana é tanto o principal fim como o principal meio do desenvolvimento.” (AMARTYA SEN, 2000).

Ele destacou cinco tipos de liberdades instrumentais que, por suas inter-relações, influenciam diretamente o desenvolvimento: 1) liberdades políticas – liberdade de determinar seus governantes, direitos civis etc.; 2) facilidades econômicas – oportunidades para dispor de recursos econômicos para consumo, produção ou troca; 3) oportunidades sociais – condições da saúde, educação etc. que influenciam as oportunidades de viver melhor; 4) garantia de transparência – sinceridade das pessoas, inibindo a corrupção, irresponsabilidade financeira e transações ilícitas; 5) segurança protetora – rede de seguridade social que impede a miséria absoluta e dá garantias aos desempregados, indigentes etc.

Junto com MahbulHaq, Amartya Sen estabeleceu uma nova metodologia para a medição do desenvolvimento, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baseado em três dimensões básicas: riqueza, educação e esperança média de vida (PNUD, 1990). O Brasil atualmente está colocado em 75º lugar no ranking das nações, com IDH de 0,813 (referencia ano 2007).

Em 1972, Jigme Singye Wangchuck, rei de um pequeno país do leste do Himalaia chamado Butão, definiu sua política de desenvolvimento baseado na filosofia da Felicidade Nacional Bruta (Gross National Happiness, GNH). Segundo essa filosofia, a Felicidade deve ser o principal objetivo do Desenvolvimento. Reconhecendo que existem muitas dimensões para o desenvolvimento além das associadas com o PIB, a filosofia GNH estabelece que o desenvolvimento deva ser compreendido como um processo que busca a maximização da felicidade das pessoas, ao invés de somente crescimento econômico (DASKON, 2007).

A partir dos trabalhos de Prescott-Allen (2001), o bem-estar das pessoas passou a fazer parte dos indicadores de desenvolvimento. O índice do Bem-Estar Humano (Human Wellbeing Index – HWI) mede a aptidão de todos os membros

da sociedade em determinar e satisfazer suas próprias necessidades, suas opções e escolhas para expressar seus potenciais. Ele instituiu também o índice de Bem-Estar do Ecossistema (Ecosystem Wellbeing Index – EWI), que junto com o HWI, compõem o índice de Bem-estar (Wellbeing Index – WI) e formam o Barômetro da Sustentabilidade. Neste índice, o Brasil está em 92º lugar com WI = 40,5 (PRESCOTT-ALLEN, 2001).

A preocupação com o bem estar e a felicidade humana passaram a integrar os índices de avaliação do desenvolvimento que para ser sustentável deve estar assentado em cinco pilares: social, ambiental, territorial, econômico e político (SACHS, 2004).

Para que o padrão atual de consumo de recursos exauríveis não force as gerações futuras a reduzir o seu padrão de vida, ou seja, o mesmo padrão de consumo atual, a situação se complica face à limitação dos recursos naturais, que coloca a questão como o conflito de dois polos em oposição:

Por um lado, o paradigma do “estoque fixo”, em que os recursos naturais, que demandam tempos geológicos para serem formados, não conseguem resistir ao uso desenfreado destes recursos para atender às crescentes demandas de consumo: 76.6% dos recursos naturais são consumidos por somente 19% da população mundial (WORLD BANK, 2008). Para Altvater (1995), é impossível universalizar o consumo segundo o padrão desenvolvido pela sociedade capitalista, pois se baseia em elevada utilização de energia e de material. Essa impossibilidade, segundo esse autor, tem as seguintes razões: 1) qualquer estratégia de desenvolvimento, portanto de industrialização, traz consequências para o meio ambiente a nível global, em todas as regiões do mundo; 2) os recursos naturais se esgotam; 3) a capacidade de suporte da Terra já está se no seu limite.

Por outro lado, o paradigma dos “custos da oportunidade” estabelece que a exaustão dos recursos minerais dependa também dos preços, dos custos de exploração e da tecnologia. Se as reservas de um determinado mineral caem a tal ponto de tornar antieconômica sua extração, certamente ele será substituído por outro nas aplicações industriais ou seu preço vai aumentar por causa de sua escassez, viabilizando novamente sua exploração ou ainda a tecnologia vai avançar rapidamente e assim viabilizar sua extração de onde antes era impraticável. A adoção desse paradigma desconsidera que o uso de recursos naturais e ambientais de forma irrestrita pode resultar em irreversibilidades ecossistêmicas, pois está focado nas questões econômicas e tecnológicas (TILTON, 2009).

Pearce propôs, em 1989, a distinção entre diferentes tipos de sustentabilidade:

- Sustentabilidade fraca, que admite a possibilidade da substituição dos capitais naturais (recursos naturais) e manufaturados (referente a toda produção científica, tecnológica e econômica). O objetivo principal é o bem-estar socioeconômico, a manutenção ou crescimento do potencial de bem-estar (MÄLER, 1991);
- Sustentabilidade forte, relacionada à preservação dos recursos naturais, considera que a atividade econômica é diretamente dependente da disponibilidade dos recursos naturais: se estes diminuïrem, a economia também declinará. Isto implica em taxas nulas de crescimento econômico e demográfico, o crescimento zero, preconizado por (DALY 1996);
- Sustentabilidade sensata ou prudente, que busca o equilíbrio entre as diferentes dimensões do desenvolvimento. O esgotamento de uma jazida mineral (capital natural) só se justifica se a receita obtida for convertida em outras formas de capital (humano, social ou produzido pelo homem). O capital natural e o capital manufaturado são considerados substituïveis entre si até certos limites, quando então se tornam complementares (SERAGELDIN, 1995).

Pearce e a Escola de Londres reforçam essa qualificação introduzindo o conceito do Capital Natural Crítico: a parte em que a substituição por outro tipo de capital comprometeria de forma irreversível o recurso natural (FAUCHEUX & NOËL, 1995).

Desta forma, o conceito de desenvolvimento sustentável, quando aplicado a atividades de extração de recursos não renováveis, só se enquadra nas categorias da sustentabilidade fraca ou sensata, sob o paradigma do custo de oportunidade e ainda respeitando a limitação do Capital Natural Crítico.

O entendimento do conceito de desenvolvimento sustentável pelo mundo dos negócios foi enfatizado com a criação do Conselho Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (World Business Council for Sustainable Development – WBCSD), em 1995, que reconheceu a responsabilidade dos negócios em crescer e ao mesmo tempo agir de maneira aceitável pela sociedade: a balança entre os requisitos econômicos e as responsabilidades ambientais e sociais das empresas deve estar equilibrada.

Em vista do exposto, as companhias mineradoras precisam criar um ambiente harmônico nas comunidades onde operam. Assim, a inclusão de itens sociais na equação do desenvolvimento foi consequência da aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável aos negócios. Segundo (HOUNSOME & ASHTON, 2001), na mineração isto significa:

- Compreender que as comunidades que vivem no entorno das minas fazem parte do processo de mineração;
- Estar ciente que recursos minerais e sumidouros ambientais são finitos e buscar a ecoeficiência na utilização dos recursos e disposição dos rejeitos é uma necessidade;
- Garantir que as operações da mineração sejam conduzidas para alcançar benefícios para a sociedade e que esforços sejam concentrados para assegurar que esses benefícios sejam mantidos mesmo após o encerramento das atividades mineiras.

A mineração de agregados para a construção civil – brita e areia, por estar praticamente inserida em malha urbana, convive em permanente conflito com as comunidades vizinhas, sendo necessária total dedicação à gestão dos impactos socioambientais de suas atividades para minimizar esses problemas.

## **2. CONCEITOS AMBIENTAIS NA MINERAÇÃO DE BRITA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Os aspectos e impactos ambientais presentes nas etapas de exploração e beneficiamento da brita (MELLO & CALAES, 2006) são:

**Etapa 1** – Abertura de acesso ao local – para viabilizar o acesso das máquinas ao local e instalação dos equipamentos de beneficiamento, oficina, estoque e escritório da mineradora.

Nesta etapa, a emissão de particulados por causa da retirada da cobertura vegetal pode gerar incômodos à população da vizinhança, principalmente na ocorrência de ventos. A degradação da paisagem é outro impacto que gera reclamações da sociedade. A supressão da vegetação agravada por atingir ninhos e abrigos de pequenos animais é um dano à biodiversidade de recuperação somente em longo prazo. O ruído dos equipamentos pode também ser objeto de reclamações dos vizinhos, além de afugentar a fauna local.

**Etapa 2** – Decapeamento – retirada de solo e sedimentos para liberar o acesso à rocha.

Profunda alteração da paisagem e degradação da biodiversidade pela remoção da vegetação e do solo, destruição de ninhos e abrigos de pequenos animais, o que pode afetar as populações de aves, pequenos mamíferos e répteis, insetos e outros artrópodes. Emissão de particulados e ruídos dos equipamentos podem incomodar os vizinhos, como no item anterior.

**Etapa 3** – Perfuração-furos para colocação de explosivos.

Emissão de particulados e ruídos são os principais aspectos ambientais desta etapa.

**Etapa 4** – Conferência e secagem dos furos – para verificar se estão na profundidade adequada e secos, prontos para receber os explosivos.

Nesta fase, o principal impacto é o incômodo causado pelo ruído do compressor que é utilizado para ventilar os furos retirando a água que possa ter se acumulado neles.

**Etapa 5** – Colocação dos explosivos e preparação da detonação – explosivos em pasta e em pó e os detonadores são montados nos furos da bancada e preenchidos com pó de pedra da perfuração.

Geração de resíduos das embalagens dos explosivos e detonadores é o que pode impactar o meio ambiente nesta fase.

**Etapa 6** – Alarme sonoro – Aviso sonoro por sirene para alertar os funcionários e vizinhança da iminente detonação para que se abriguem e fiquem em segurança.

O principal impacto desta fase é a angústia das pessoas com a detonação iminente e o risco de serem atingidas por fragmentos de rocha lançados pela explosão.

**Etapa 7** – Detonação – explosão da bancada para desmonte da rocha a ser encaminhada para beneficiamento.

Os impactos desta etapa são os danos causados pelos lançamentos de fragmentos da explosão que podem atingir locais distantes, dependendo das características da bancada (veios, falhas etc.). O ruído da explosão é objeto de ansiedade da população da vizinhança. A onda de choque pode danificar os vidros das janelas da redondeza. Acontece também a emissão de particulados que, levados pelo vento, podem atingir as comunidades, inclusive as mais afastadas.

**Etapa 8** – Complementação da detonação e acerto dos pés da bancada – uso de equipamento rompedor para ajustar o tamanho dos matacões resultantes do desmonte para que possam ser transportados aos trituradores. Eventualmente, há necessidade de detonação das peças maiores e de acerto do “repé”, os pés da bancada.

Nesta etapa, o principal aspecto é a geração de ruídos pelos equipamentos de rompimento. As pequenas detonações quando realizadas apresentam os mesmos riscos descritos no item anterior. Particulados são gerados em menor volume do que na etapa anterior.

**Etapa 9** – Transporte da carga do desmonte – caminhões fora de estrada (off road) são os responsáveis para transportar a rocha lavrada aos britadores de mandíbulas que iniciam o beneficiamento da rocha. Pás carregadeiras alimentam esses caminhões.

Os aspectos desta etapa são basicamente a emissão de particulados pelo tráfego dos caminhões e o ruído dos mesmos, podendo causar impactos gerando reclamações dos vizinhos.

**Etapa 10** – Separação do restolho – coleta de material pulverulento e fragmentos de pequenas dimensões, classificado como restolho, empregado principalmente na pavimentação das ruas internas do empreendimento.

Geração de ruído da peneira vibratória e emissão de particulados são os principais aspectos ambientais desta etapa.

**Etapa 11** – Britagem primária – na maioria das pedreiras se utiliza britadores de mandíbulas para reduzir o tamanho dos matacões resultantes do desmonte, para calhaus que podem então serem levados para as britagens secundárias e terciárias.

São equipamentos muito ruidosos e geradores de poeira, principais aspectos desta etapa. Fragmentos podem cair da correia transportadora, tornando imprescindível o uso dos EPIs adequados a esses riscos em toda a área de beneficiamento.

**Etapa 12** – Separação da brita corrida – separação da brita nº 0 e 1 por peneiras/grelhas vibratórias do material a ser enviado à britagem secundária.

Muita poeira é gerada nesta etapa, além do ruído dos motores e da peneira vibratória.

**Etapa 13** – Britagens secundária e terciária – rebitagem para adequar as dimensões do material rochoso. Geralmente é utilizado britador cônico que necessita de permanente refrigeração com água.

Material particulado e muito ruído são as consequências desta etapa. As correias transportadoras sempre apresentam risco de lançamento de fragmentos de rocha.

Outro aspecto desta etapa são os efluentes, a água utilizada na refrigeração, que pode apresentar vestígios de óleo/graxa dos equipamentos.

**Etapa 14** – Separação da brita – seleção da brita de granulometrias 0 e 1. As granulometrias 2 e 3 são produzidas sob encomenda. Normalmente são enviadas junto com o material restante à britagem terciária para redução à brita de granulometria 0 e 1.

Ruídos e emissão de material particulado são os principais aspectos desta etapa. A separação com o uso de calhas vibratórias provoca bastante ruído, só superado pela britagem primária, realizada por equipamentos com mandíbulas. A separação é complementada pelo uso de peneiras vibratórias classificatórias, gerando mais ruído.

**Etapa 15** – Estocagem e carga – formação do estoque no pátio de brita, de acordo com a granulometria selecionada e carga dos caminhões de transporte para entrega nos pontos de consumo.

Nesta etapa é muito grande a emissão de particulados, tanto provocado pelo lançamento da brita pelas correias transportadoras aos locais de estoque, quanto pelo tráfego dos caminhões e da pá carregadeira.

**Etapa 16** – Expedição e transporte – entrega da brita nos pontos de consumo, por caminhões próprios ou de terceiros.

Nesta etapa, os problemas são externos às áreas das mineradoras, pois os caminhões vão trafegar pelas vias públicas para chegar ao destino. No trajeto, além dos problemas causados pela falta de manutenção dos veículos, há também a possibilidade de derramamento de brita pelo caminho, se a lona da cobertura não estiver bem colocada ou se romperem um ou mais tirantes que a mantêm esticada. Esse derramamento pode danificar o pára-brisa de veículos que estejam trafegando atrás do caminhão de entrega e também causar derrapagens, principalmente de veículos de duas rodas, provocando sérios acidentes de trânsito.

**Etapa 17** – Infraestrutura e manutenção de máquinas e equipamentos – construção e manutenção das instalações da empresa, realização de manutenções preventivas e corretivas nos equipamentos e máquinas utilizadas na extração e beneficiamento da brita.

Os impactos ambientais desta etapa são a poluição causada pela destinação inadequada dos resíduos da construção das instalações, dos resíduos e efluentes gerados no refeitório, banheiros e áreas de descanso e lazer dos funcionários, resíduos de vários tipos que precisam de descarte adequado e efluentes dos sanitários e banheiros que precisam ser tratados, das sobras das trocas de óleo e peças defeituosas, algumas com componentes de amianto, classificado como material perigoso, das lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias de instrumentos e veículos, também materiais perigosos que podem causar sérios problemas de contaminação ao meio ambiente se não forem descartados em lugares apropriados para tal.

Há sempre o risco de acidentes de trabalho.

### **3. GESTÃO DOS CONFLITOS AMBIENTAIS NA MINERAÇÃO DE BRITA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Por ser uma atividade que compete pelo uso do solo com as comunidades, os conflitos da mineração de brita são muitos e de difícil solução. Os principais são com os órgãos ambientais reguladores. A dificuldade de obtenção e manutenção das licenças ambientais é proporcional ao risco ambiental da atividade, pois as condicionantes são muito fortes na busca do menor impacto possível causado pela atividade. Atender as sugestões dos órgãos reguladores das atividades minerárias e nunca descumprir as condicionantes da licença ambiental é a forma de garantir o bom relacionamento com esses órgãos.



Outra necessidade das pedreiras quando inseridas em malha urbana, a exemplo das pedreiras da cidade do Rio de Janeiro e de sua Região Metropolitana, é buscar a Licença Social, ou seja, a aceitação por parte da comunidade, de sua existência e de suas atividades, porque geram riquezas e oferecem emprego para a população de seu entorno, promovem atividades esportivas e sociais, é membro ativo da sociedade local.

As questões ambientais decorrentes das suas atividades de extração e beneficiamento de brita estão listadas abaixo, junto às ações necessárias a sua mitigação ou eliminação definitiva do impacto ambiental:

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais	Ações de Controle e Mitigação
<b>Etapas 1 e 2 - Abertura do acesso ao local com retirada da cobertura vegetal; decapeamento.</b>		
Emissão de particulados e ruídos Interferência no habitat de aves e pequenos animais; Alteração da paisagem;  Vazamento de óleo das máquinas Vazamento de combustível no abastecimento.	Incômodo das pessoas;  Perda da biodiversidade; Comprometimento da qualidade do ar; Degradação da paisagem; Poluição do solo e das águas.	Aspersão da área;  Estoque do solo para uso futuro na recomposição da área; Plantio de barreira acústica no entorno do empreendimento; Manutenção das máquinas;  Cuidados especiais no abastecimento: procedimento e treinamento do funcionário.
<b>Etapa 3 - Perfuração da rocha para colocação de explosivos.</b>		
Emissão de particulados e ruídos.	Incômodo das pessoas.	Uso de água durante perfuração.
<b>Etapa 4 - Conferência e secagem dos furos.</b>		
Emissão de ruídos	Incômodo das pessoas;	Programas sociais.
<b>Etapa 5 - Colocação de explosivos nos furos e montagem dos detonados.</b>		
Geração de resíduos das embalagens	Poluição do solo.	Recolhimento e destinação adequada dos resíduos - implantação da Gestão de Resíduos Sólidos (GRS) no empreendimento.
<b>Etapa 6 - Alarme sonoro</b>		
Ansiedade nas pessoas.	Crises nervosas.	Programa de comunicação com a comunidade.

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais	Ações de Controle e Mitigação
<b>Etapas 7 e 8 – Detonação para desmonte da bancada; complementação e acerto do “repê”.</b>		
Lançamentos de fragmentos de rocha;  Emissão de ruído e ondas de choque;  Emissão de particulados;  Risco de acidentes.	Danos às propriedades e às pessoas pelos fragmentos de rocha lançados; Vidros das janelas quebrados pela onda de choque; Incômodo pela poeira;  Acidentes à propriedade e às pessoas.	Melhor conhecimento das características da jazida e colocação de explosivos para evitar lançamentos de fragmentos de rocha. Orientação para evitar quebra dos vidros das janelas.  Uso de EPIs e treinamento em segurança no trabalho.
<b>Etapas 9, 10, 11 e 12 – Transporte para beneficiamento; separação do restolho; britagem primária; separação da brita corrida.</b>		
Emissão de particulados e ruídos;	Incômodo das pessoas;	Aspersão da área;
Risco de acidentes.	Acidentes com pessoas.	Uso de EPIs e treinamento em segurança no trabalho.
<b>Etapas 13 e 14 – Britagens e secundária e terciária; separação da brita</b>		
Emissão de particulados e ruídos; Geração de efluentes (água da refrigeração);  Riscos de acidentes	Incômodo das pessoas;  Poluição do solo e água pela água da refrigeração dos britadores cônicos; Acidentes de trabalho.	Aspersão da área;  Separação e tratamento dos efluentes;  Uso de EPIs e treinamento em segurança no trabalho.
<b>Etapa 15 – Estocagem e carga</b>		
Emissão de particulados e ruídos;	Incômodo das pessoas;	Aspersão da área;
<b>Etapa 16 – Expedição e transporte</b>		
Geração de resíduos;  Geração de efluentes;	Poluição do solo e das águas; Acidentes de trânsito.	Gestão de resíduos sólidos  Inspeção da qualidade da carga – estado dos tirantes e coberturas da lona.
<b>Etapa 17 – Infraestrutura e manutenção de máquinas e equipamentos</b>		
Geração de resíduos e efluentes (lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, óleos, tintas, esgoto etc.); Risco de acidentes.	Poluição do solo e águas; Contaminação do ambiente com resíduos perigosos; Acidentes com pessoas.	Gestão de resíduos sólidos Tratamento adequado dos efluentes sanitários;  Uso de EPIs e treinamento em segurança no trabalho.

#### 4. CONCEITOS AMBIENTAIS NA MINERAÇÃO DE AREIA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os aspectos e impactos ambientais presentes nas etapas de exploração e beneficiamento de areia para construção civil em leito de rio, em várzeas – planícies de inundação de rios e em encostas de rochas alteradas segundo Silva (2010) são:

**Etapas 1** – Abertura de acesso ao local – para viabilizar o acesso das máquinas ao local da lavra e instalação dos equipamentos de beneficiamento, oficina, estoque e escritório da mineradora, bomba de jateamento no caso de mineração em encostas.

Nesta etapa, a emissão de particulados por causa da retirada da cobertura vegetal pode gerar incômodos à população da vizinhança, principalmente na ocorrência de ventos. A degradação da paisagem é outro ponto que gera reclamações da sociedade. A supressão da vegetação agravada pela destruição de ninhos e abrigos de pequenos animais é um dano à biodiversidade, afetando as populações de aves, pequenos mamíferos, répteis, insetos e outros artrópodes. O ruído dos equipamentos pode também ser objeto de reclamações dos vizinhos, além de afugentar a fauna local.

No caso de lavra em leito de rio, a preparação do terreno para abrigar o Porto de Areia, compreende intervenções na margem do rio, o que provoca derramamento de material clástico nas suas águas, aumentando sua turbidez e interferindo com a ictiofauna no local e à jusante e as atividades econômicas dela dependentes, como a pesca e o turismo entre outras.

**Etapas 2** - Decapeamento – retirada do material estéril sem valor econômico, solo e argila, da superfície da área com pá carregadeira para acesso ao recurso mineral. O solo é então estocado para uso futuro na recuperação da área. Esta etapa não ocorre na mineração em leito de rio.

Nesta fase, além da drástica alteração da paisagem com a supressão da vegetação, existem riscos de diminuição da biodiversidade e da possível destruição de ninhos e abrigos de pequenos animais, o que pode afetar as populações de aves, pequenos mamíferos e répteis, insetos e outros artrópodes.

**Etapas 3** - Abertura da Cava – retirada das camadas superficiais de areia com retroescavadeira resultando na exposição do aquífero, com a formação da cava de extração. Esta etapa ocorre na mineração em várzeas. Na mineração em encostas, a cava é aberta para receber o material jateado, fruto do desmonte hidráulico, que é então bombeado (em alguns casos uma draga é usada) para passar pelas peneiras de seleção granulométrica e armazenado em silos ou em área de estoque apropriada.

O grande impacto desta etapa, que já foi motivo de interdição de areais em várzeas, é o rebaixamento do nível freático e o possível aumento da taxa de evaporação do aquífero, pela exposição direta da lâmina d'água após a cava ser aberta e inundada.

Por outro lado são criados e consolidados ecossistemas aquáticos, pois a colonização da área por espécimes da região ocorre devido às grandes cheias que dispersam a ictiofauna dos rios e lagos para as cavas de extração, razão pela qual as larvas dos mosquitos *aedes aegypti* não sobrevivem nestes ambientes.

**Etapa 4** - Construção da infraestrutura e manutenção – construção e instalação de portaria, escritórios, vestiário, refeitório, oficinas, almoxarifado, silos de embarque, pátio de estoque e expedição, cerca, iluminação externa e atividades de manutenção das máquinas e equipamentos.

As obras de infraestrutura e manutenção acontecem de forma contínua, de acordo com a necessidade dos processos de extração e das condições dos equipamentos.

Os impactos ambientais destas atividades são a contaminação do solo e das águas pelos materiais utilizados na construção das instalações, em geral inertes, mas em alguns casos perigosos, como tintas e vernizes de proteção e acabamento e óleos e graxas dos equipamentos. Também há risco de contaminação por resíduos sólidos referentes às peças substituídas ou reparadas, resíduos plásticos, metálicos, madeira e papel e papelão, no caso das embalagens.

Outros impactos relacionados à infraestrutura têm relação com o uso das instalações pelos funcionários, para preparar e consumir refeições ou quentinhas, uso de banheiros e sanitários para higiene pessoal e necessidades fisiológicas e áreas de lazer e descanso gerando resíduos de vários tipos que precisam de descarte adequado e efluentes dos sanitários e banheiros que precisam ser tratados.

**Etapa 5** – Instalação do equipamento de jateamento – preparação do local para abrigar a bomba utilizada para jateamento das encostas e suas mangueiras. Esta etapa só acontece na mineração de encostas.

Nesta fase acontecem os mesmos impactos do item anterior.

**Etapa 6** – Instalação e operação da draga – montagem e instalação da balsa de extração na cava ou rio.

Além do rebaixamento do nível freático do aquífero na mineração em várzeas e em encostas, outro problema preocupante desta etapa é a contaminação das águas por derramamento de combustível durante o abastecimento das balsas.

**Etapa 7** – Instalação e operação da tubulação – colocação dos tubos de condução do agregado (areia) para os silos de separação e estoque do recurso mineral, início da dragagem do agregado (areia) ou do desmonte da encosta.

Os maiores impactos ambientais são os resíduos gerados pela instalação e manutenção dos tubos, como sobra de eletrodos de soldagem, parafusos, partes metálicas e de borracha etc. O rebaixamento do nível freático é um impacto significativo que também ocorre nesta etapa.

**Etapa 8** – Separação e estocagem – seleção e estoque da areia nos silos ou no pátio de estocagem.

Nesta etapa, o mais crítico é o retorno da argila à lagoa de decantação que, quando estiver cheia, terá suas características deposicionais diferentes das áreas não alteradas pela lavra, pois sua camada superficial vai apresentar sedimentos bem selecionados e de granulometria muito fina, podendo assim alterar a taxa de infiltração local das chuvas e conseqüentemente o balanço hídrico da região. Este impacto só acontece com a mineração em várzea, pois as demais conseguem bombear areia livre de argila.

Nesta etapa é grande o risco de acidentes de trabalho.

**Etapa 9** – Carregamento – carga da areia nos caminhões para distribuição e venda.

Nesta etapa, o maior impacto é a poluição provocada, pelos próprios caminhões, no ar, solo e águas, quando houver problemas de manutenção dos mesmos. Existe também a possibilidade de geração de resíduos oriunda dos tirantes que se partem, enquanto as lonas são ajustadas nos caminhões. Existe ainda grande risco de acidentes, já tendo havido algumas mortes durante esta atividade.

**Etapa 10** – Transporte – entrega da areia ao cliente no destino, obra onde será utilizada ou Casa de Materiais de Construção, onde será estocada para venda ao pequeno consumidor.

Nesta etapa, os problemas são externos às áreas das mineradoras, pois os caminhões vão trafegar pelas vias públicas para chegar aos destinos. Além dos impactos causados pela falta de manutenção dos veículos, há também a possibilidade de derramamento de areia pelo caminho, se a lona da cobertura não estiver bem colocada ou se romperem um ou mais tirantes que a mantêm esticada, com riscos de acidentes de trânsito.

Outro problema grave, normalmente objeto de reclamações, é a dispersão de particulados, pois as rodovias secundárias não possuem pavimentação: o tráfego dos caminhões e os ventos podem levar a poeira a grandes distâncias.

**Etapa 11** – Construção dos taludes – construção de margens nas cavas com inclinação de 45°. Esta etapa não ocorre na mineração em leito de rio.

Na mineração em encostas, a cava formada para abrigar a areia e água, frutos do jateamento, normalmente é preenchida pelos rejeitos encontrados (fragmentos de rocha, pedaços de madeira etc.) e completados com outros materiais sedimentares.

Nesta fase, o maior perigo é de acidente com os veículos, que podem cair na lagoa e poluir as águas com óleo e combustível, além do risco de afogamento do motorista.

**Etapa 12** – Desmonte das instalações – desinstalação dos equipamentos de lavra e beneficiamento da areia.

Nesta etapa, o maior risco de impacto ambiental consiste na dispersão pelo solo de restos dos equipamentos e das instalações, como parafusos e porcas, cacos de telhas, tijolos, resíduos plásticos e de madeira, latas, estopas etc.

Nas minerações em leito de rio, existe ainda a possibilidade de aumento da turbidez da água por causa das intervenções para retirada das margens das instalações do Porto de Areia, afetando a ictiofauna local e à jusante, com reflexos nas atividades econômicas que dela dependem.

**Etapa 13** – Reflorestamento – recuperação da área minerada com recolocação do solo e plantio de vegetação para recomposição dos ecossistemas.

Os aspectos ambientais desta fase se referem a possível uso de agrotóxicos que podem contaminar as águas das lagoas, rios e aquíferos e o plantio de espécies exóticas dominadoras, que podem se instalar nos ecossistemas expulsando as espécies nativas da região.

## **5. GESTÃO DOS CONFLITOS AMBIENTAIS NA MINERAÇÃO DE AREIA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Os principais conflitos da mineração de areia são com os órgãos ambientais reguladores. A dificuldade de obtenção e manutenção das licenças ambientais é grande, mas atender as sugestões dos órgãos reguladores das atividades minerárias e nunca descumprir as condicionantes da licença ambiental é a forma de garantir o bom relacionamento com esses órgãos.

Outra necessidade das mineradoras de areia é buscar a Licença Social, ou seja, a aceitação por parte da comunidade, de sua existência e de suas atividades, porque geram riquezas e oferecem emprego para a população, principalmente a que se encontra na sua vizinhança, promovem atividades esportivas e sociais, são membros ativos da sociedade local e possuem projetos de uso futuro da área minerada que vão melhorar, ainda mais, o bem estar da população.

As questões ambientais decorrentes das atividades de extração e beneficiamento de areia estão listadas abaixo, junto às ações necessárias à sua mitigação ou eliminação definitiva do impacto ambiental:

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais	Ações de Controle e Mitigação
<b>Etapas 1, 2 e 3 - Abertura do acesso ao local com retirada da cobertura vegetal; Decapeamento e Abertura da cava.</b>		
Emissão de particulados e ruídos Interferência no habitat de aves e pequenos animais; Vazamento de óleo das máquinas Vazamento de combustível no abastecimento.	Incômodo das pessoas;  Perda da biodiversidade; Comprometimento da qualidade do ar; Degradação da paisagem; Poluição do solo e das águas.	Aspersão da área;  Estoque do solo para uso futuro na recomposição da área; Plantio de barreira acústica no entorno do empreendimento; Manutenção as máquinas;  Cuidados especiais no abastecimento: procedimento e treinamento do funcionário.
<b>Etapas 4 e 5 - Construção da infraestrutura (escritórios, oficina, silos etc.), instalação do equipamento de jateamento e manutenção.</b>		
Derramamento de combustível;  Geração de resíduos de obra;  Geração de efluentes sanitários; Emissão de ruídos e movimentação;  Geração de efluentes químicos (nata de cimento, tinta, solvente, etc.)	Poluição e contaminação do solo e das águas; Proliferação de doenças; Poluição visual;  Afastamento da fauna.	Separação, reaproveitamento e destinação adequada dos resíduos - Gestão de Resíduos Sólidos (GRS); Bacia de contenção para tanque de combustível; Cuidados especiais no abastecimento do tanque; Limpeza e manutenção regular da fossa e/ou banheiros químicos e tratamento adequado dos efluentes químicos
<b>Etapas 6 - Instalação e operação da draga.</b>		
Vazamento de óleo das máquinas; Derramamento de óleo no abastecimento das dragas;  Emissão de ruídos.	Contaminação do solo e das águas;   Incômodo dos vizinhos.	Manutenção das máquinas;  Cuidados especiais no abastecimento da draga: procedimento e treinamento do funcionário; Programa de comunicação com a comunidade.
<b>Etapas 7 - Instalação e operação da tubulação.</b>		
Excesso de graxa e óleo nos parafusos; sobras de material da tubulação no solo - oxidação e resíduos;  Vazamento de óleo das máquinas.	Poluição e contaminação do solo e das águas.	Recuperar parafusos na oficina e limpá-los antes da utilização na tubulação;  Gestão de Resíduos sólidos - GRS; Manutenção das máquinas.

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais	Ações de Controle e Mitigação
<b>Etapas 8 – Separação e estocagem.</b>		
Risco à saúde; Derramamento de areia fina – ventos; Risco de acidente.	Doenças dermatológicas; Poluição do ar; Incômodo das pessoas; Acidente com trabalhadores	Uso de protetor solar; Confinamento dos estoques de areia fina; Uso de EPIs e treinamento na operação e em segurança.
<b>Etapas 9 – Carregamento</b>		
Vazamento de óleo dos caminhões; Descarte dos elásticos das lonas dos caminhões; Risco à saúde; Risco de acidente.	Poluição e contaminação do solo e das águas; Doenças decorrentes de ambiente úmido; Acidente.	Manutenção dos caminhões (próprios); Orientação às empresas transportadoras; Uso de EPIs, treinamento na operação e em segurança.
<b>Etapas 10 – Transporte</b>		
Derrame de areia nas estradas; Geração de particulados; Emissão de gases dos caminhões; Emissão de ruídos; Vazamento de óleo.	Incomodo e acidentes; Poluição do ar; Poluição do solo e águas	Uso de lonas em bom estado; Carga correta nos caminhões; Aspersão de água nas estradas; Pavimentação das vias Manutenção dos caminhões (próprios); Orientação às empresas transportadoras.
<b>Etapas 11 – Construção dos taludes</b>		
Acidentes com veículos.	Contaminação do solo e das águas;	Treinamento na operação; Utilização de avisos visuais.
<b>Etapas 12 – Desmonte das instalações</b>		
Geração de resíduos; Aumento da turbidez da água.	Poluição do solo e das águas;	GRS; Cuidados especiais nas operações em margens de rio.
<b>Etapas 13 – Reflorestamento</b>		
Plantio de árvores não adequadas; Uso de defensivo agrícola; Uso de adubo.	Perda da biodiversidade; Contaminação do solo e das águas; Eutrofização dos corpos d'água.	Plantar somente espécies indicadas pelos órgãos ambientais ou fornecidas pela Embrapa; Eliminar o uso de defensivos; Treinamento para adubação correta.



## 6. DESCOMISSIONAMENTO E USO FUTURO

O descomissionamento das pedreiras e portos de areia consiste na desinstalação dos equipamentos de lavra e beneficiamento, na limpeza da área já livre das instalações e na busca de atividades alternativas para manter o nível de emprego e renda da população, o uso futuro da área.

Além dos equipamentos instalados na área da pedreira ou porto de areia, as áreas de serviço, as estradas, pontes e outros equipamentos que tenham sido instalados para o acesso ao local, precisam ser avaliados se permanecem úteis à população ou se precisam ser removidos. É uma avaliação importante, pois a permanência desses itens podem demandar esforços de manutenção não previstos pelo poder público local e assim onerar seus orçamentos.

Com a retirada dos equipamentos e desconstrução das instalações de apoio, a área liberada necessita de cuidados especiais para sua recuperação ambiental.

Nas pedreiras, essa recuperação é impossível, pois o material retirado não pode ser repostado nem substituído por outro, o que se aplica também à mineração em encostas. A recomposição da área se traduz na segurança das encostas e prevenção da erosão, seguida de reflorestamento para regeneração da paisagem. Não é o caso da mineração em leito de rio, que tem como resultado um rio com canal mais profundo e desassoreado e em várzeas, cujas lagoas podem ser preenchidas com material inerte, por exemplo, restos e entulho de obras civis, e depois recobertas com solo e reflorestadas.

Na sua maioria, ao encerrar as atividades de lavra, as pedreiras são utilizadas para vários fins, como garagens de ônibus, condomínios, concessionária de veículos, supermercados, depósito para resíduos inertes, como os da construção civil e outros (TEIXEIRA, 2000). Algumas utilizações são emblemáticas, como o Teatro de Arame, point cultural de Curitiba, o Parque Tanguá, também na capital paranaense e a Pedreira em Campo Magro, Paraná, que foi repentinamente inundada quando uma explosão para desmonte da bancada atingiu o lençol freático liberando enorme quantidade de água, sem permitir que as máquinas e equipamentos fossem retirados. Hoje é uma importante área de lazer do município, com lago de mais de 40 m de profundidade, apropriado para o mergulho de contemplação, por ter águas muito transparentes.

As pedreiras e a mineração de areia em encostas precisam, então, buscar novas atividades para serem realizadas nas áreas mineradas, quando acontecer a exaustão do bem mineral, atividades essas que, no mínimo, mantenham o mesmo nível de emprego, renda e arrecadação para o município que a mineração proporcionava.

Isso também precisa ser verdade para a mineração em leito de rio e em várzeas, apesar da possível recuperação ambiental já comentada.

O uso futuro das áreas de mineração exaurida é de importância fundamental para estabelecer a sustentabilidade da atividade, priorizando o bem estar da população antes afetada pela mineração de modo que, ao encerrar essas atividades minerárias, a população mantenha seus índices de emprego e renda e os ecossistemas tenham um plano de recuperação de modo que no futuro, os índices de bem-estar humano (HWI) e bem-estar do ecossistema (EWB) possam estar melhores.

Planejar o fechamento de uma mina exige definir o destino das áreas mineradas, da cava final, das instalações de apoio e infraestruturas, dimensionar todo um cenário socioeconômico que se instalará na região após o encerramento da mineração. Para assegurar que as atividades futuras que serão realizadas após a exaustão dos recursos minerais trarão o bem estar das comunidades hoje envolvidas com a mineração e a melhoria do nível atual de emprego e renda da região é preciso planejar um conjunto de medidas técnicas, econômicas e sociais capazes de criar atividades econômicas sustentáveis (FLORES, 2006).

O projeto de Uso Futuro possibilitará aos mineradores uma lavra planejada no longo prazo e uma facilidade no diálogo com os órgãos reguladores.

Assim, uma equipe de pesquisadores e profissionais de diferentes formações será necessária para a elaboração de projetos de Uso Futuro que, avaliados pelas prefeituras dos municípios onde estão inseridos, pelas comunidades diretamente afetadas pela atividade de mineração e pelos órgãos reguladores deverão ser finalizados e entregues aos órgãos de fomento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTVATER, E. *O preço da riqueza: pilhagem ambiental e a nova (des) ordem mundial*. Trad. Wolfgang Leo Maar. Editora da universidade Estadual Paulista. São Paulo. 1995.
- DALY, H. E. *Crescimento sustentável? Não, obrigado*. In: Goldsmith, E. & Manders, J. (organizadores). *Economia global, economia local – a controvérsia*. Instituto Piaget. Lisboa, Portugal. 1996.
- DASKON, C. D. *Gross National Happiness: A New Paradigm*. Proceedings of Third International Conference on GNH, Nongkhai and Bangkok, Thailand. 2007.
- ENRÍQUEZ, M. A. *Mineração: Maldição ou Dádiva?* Signus Editora. São Paulo, SP. 2008.
- FAUCHEUX, S., NÖEL, J. F. *Économie des Ressources Naturelles et de l'Environnement*. Armand Colin Éditeur. Paris, França. 1995.
- FLORES, J. C. C. *Fechamento de Mina: aspectos técnicos, jurídicos e socioambientais*. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Tese de Doutorado. Campinas, SP. 2006.

- HOUNSOME, R. & P.J. Ashton. *Sustainable Development for the Mining and Minerals Sector in Southern Africa*. Draft Position Paper for the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD southern Africa), Stellenbosch, South Africa. 2001.
- MÄLER, K. G. *National Accounts and Environmental Resources*. In: Environmental and Resource Economics. 1. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. 1991.
- MELLO, E. F., CALAES, G. D. *A Indústria de Brita na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. IMOS. Rio de Janeiro. 2006.
- NITSCH, M. *Social and economic implications of recent strategies for Amazonia: a critical assessment*. Revised paper, Interdisciplinary Research on the Conservation and Sustainable Use of Amazonian Rain Forest and Its Information Requirements. Brasília, DF. 1996.
- NORTH, D. C. *Desempenho económico en el transcurso de los años*. Conferencia em Estocolmo, Suécia ao receber o Prêmio Nobel de Economia de 1993. Disponível em: <http://www.eumed.net/cursecon/textos/north-nobel.htm>.
- PREBISCH, R. *O Desenvolvimento Econômico da América Latina e seus Principais Problemas*. Revista Brasileira de Economia. Vol 3, edição 3, Rio de Janeiro. 1949.
- PRESCOTT-ALLEN, R. *The Wellbeing of Nations: a country-by-country index of quality of Life and the Environment*. Island Press. Washington D. C., EUA. 2001.
- SACHS, I. *Caminhos para um Desenvolvimento Sustentável*. Garamond. Rio de Janeiro. 2002.
- SEERS, D. *The Meaning of Development*. International Development Review, vol. 11 no 4. Sussex, Reino Unido. 1969.
- SEN, A. *Desenvolvimento como Liberdade*. Editora Schwarcz. São Paulo. 2000.
- SERAGELDIN, I. *Sustainability and the wealth of nations: first steps in an ongoing journey*. Preliminary draft for discussion, Presented at the Third Annual World Bank Conference on Environmentally Sustainable Development, September. 1995.
- SILVA, J. P. M. 2010. *Auditorias como ferramenta de melhoria ambiental da mineração no Distrito Areeiro de Piranema*. PPGL, UFRJ, Dissertação de Mestrado, 120 p.
- TALBOT, L. M. *The World's Conservation Strategy*. Environmental Conservation, 7, pp 259-268. Royal Society of Arts. Londres, Reino Unido. 1980.
- TEIXEIRA, I. J. L. *Critérios Ambientais visando o estabelecimento de Medidas Compensatórias para o Setor de Mineração de Brita no Município do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2000.
- The World Bank. *World Development Indicators (WDI)*. Washington D. C. EUA. 2008.
- TILTON, J. E. *Is Mineral Depletion a Threat to Sustainable Mining?* Paper presented at the International Conference on Sustainable Mining. Santiago de Compostela, Espanha. April 2009.
- WCED - World Commission on Environment and Development. *Brundtland Report. Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press. United Kingdom. 1987.



CAPÍTULO

---

---

14

---

## RECURSOS HUMANOS

José Mário Coelho  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Economia Mineral pela UNICAMP  
Professor Adjunto do Departamento de  
Geologia da UFRJ



## 1. INTRODUÇÃO

Os agregados têm um papel fundamental para o desenvolvimento socioeconômico da população, tendo em vista que é um dos insumos básicos da construção civil.

Poucos sabem que a produção brasileira de agregados para a construção civil supera a de minério de ferro, carro-chefe da mineração e um dos garantidores do saldo positivo da balança comercial. Enquanto a produção de ferro em 2009 foi de 310 milhões de toneladas, a de agregados totalizou 481 milhões.

Acredita-se que em 2015, o setor de agregados continuará a ser o maior produto mineral a ser produzido no Brasil. A estimativa é fechar o período 2011-16 com crescimento acumulado de 29%, número que pode ser ainda melhor devido à Copa do Mundo, aos Jogos Olímpicos e ao PAC 2. (PENNA, 2010).

O Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030), projetando o crescimento dos agregados, utilizou uma taxa de 5,6% ao ano até 2022, considerando o esperado crescimento em infraestrutura, saneamento e habitações, e mais moderado, 4,6% ao ano, para o período de 2023 a 2030. (BRASIL, 2010).

Por estas previsões, a produção de areia para construção civil passará de 279 milhões de toneladas, em 2008, para 409 milhões de toneladas, em 2015. Para a produção de brita, no mesmo intervalo de tempo, passará de 217 milhões de toneladas para 318 milhões de toneladas. Vide Tabela 1.

Tabela 1 – Previsão da produção de agregados – 2015/2022/2030.

Agregado	Un.	2008	2015	15/08	2022	22/15	2030	30/22
Areia construção civil	Mt	279	409	5,6%	598	5,6%	857	4,6%
Brita	Mt	217	318	5,6%	465	5,6%	667	4,6%

Fonte: Brasil, 2010. Modificado.

Para atingir tais níveis de produção, o setor necessitará que seja investido um total de 1,4 bilhões de dólares, de 2010 a 2015, e de 2 bilhões de dólares, de 2015 a 2022, e quase 3 bilhões de dólares de 2010 a 2030, isto é de 2010 até 2030 serão necessários investimentos da ordem de 6.2 bilhões de dólares. Os valores previstos para os investimentos foram baseados na necessidade da capacidade instalada adicional para atender às previsões de produção para cada um dos bens minerais, até o ano 2030, descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Previsão dos investimentos em mineração de agregados – 2015/2022/2030.

Agregado	Custo (US\$/t)	Investimentos (US\$ milhões)				
		2010-2015	2016-2022	2023-2030	2010-2030	% (Σ)
Areia construção civil	3	389	569	777	1.735	1,9
Brita	10	1.008	1.476	2.015	4.499	5,0

Fonte: Brasil, 2010. Modificado.

Mas, como todo setor produtivo brasileiro, o de agregados enfrenta obstáculos: legislação ambiental cada vez mais restritiva; dificuldades de obtenção e renovação de licenças; excesso de tributação e informalidade e, principalmente a falta de mão de obra especializada em todos os níveis.

## 2. FORMAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

A previsão de empregos diretos nas atividades fins, mineração e beneficiamento de agregados, face aos aumentos de produção previstos, agravarão a necessidade de mão de obra especializada em todos os níveis do setor. A Tabela 3 mostra a previsão até 2030 dos empregos diretamente ligados à produção do setor de agregados.

Tabela 3 – Previsão de empregos na mineração de agregados– 2015/2022/2030.

Agregados	2008				2015		2022		2030	
	Un.	Prod.	Emprego	E/P	Prod.	Emprego	Prod.	Emprego	Prod.	Emprego
Areia construção civil	Mt	279	11.634	41,7	409	17.055	598	24.936	857	35.736
Brita	Mt	217	19.767	91,1	318	28.967	465	42.358	667	60.758
Total	Mt	496	31.401		727	46.022	1063	67.294	1524	96.494

Fonte: Brasil, 2010 Modificado. E/P= número de empregos/Mt produzidas

Para atender a este aumento de demanda de mão de obra especializada, as empresas do setor devem investir em programas continuados de treinamento e capacitação (capacitação?) e formação de lideranças, gerando oportunidades e perspectivas de desenvolvimento pessoal e profissional. (TSUCHIYA & VALVERDE, 2008).

O Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030) estabelece que: “Para alcançar a meta do desenvolvimento do setor mineral brasileiro é necessário enfrentar o desafio de fortalecer o processo de formação e qualificação de recursos



*humanos. Assim, é indispensável o dimensionamento das necessidades futuras de recursos humanos para se evitar tanto a escassez quanto a super oferta de mão de obra qualificada”.*

Visando diminuir o déficit de mão de obra, o PNM – 2030 estabelece que o MME deva programar as seguintes ações:

Criação de um programa nacional para formação e qualificação de mão de obra nos níveis médio, graduação e pós-graduação para o setor mineral (mapeamento geológico, pesquisa mineral, lavra, beneficiamento e transformação), em ampla articulação do MME com MEC, MCT, MDIC e setor privado.

Articulação interministerial e com o setor produtivo para a ampliação de programas de treinamento e qualificação de operários, técnicos e profissionais de nível superior, em colaboração com os segmentos produtivos, Escolas Técnicas Federais, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac) e outros.

Os profissionais envolvidos no setor de mineração de agregados - marcados no passado pelo desenvolvimento de funções preponderantemente braçais, com pouca aplicação de técnicas operacionais adequadas, tecnologias aplicadas ou materiais avançados – foram compelidos pela modernização dessa indústria, exigências mais rigorosas da legislação e necessidade de melhoria da produção e da produtividade.

Tiveram que se adaptar e melhorar suas formações, de tal forma a atender ao avanço tecnológico requerido e integrar-se a um novo momento da indústria de agregados, que também vem atentar às novas demandas das legislações trabalhista, ambiental e social. O ensino médio e a formação superior, para algumas funções, se tornaram prioridades. (Torres, 2010).

No setor de agregados, a qualificação é imprescindível, levando-se em conta a técnica contida. Esses projetos devem ser aplicados nas regiões onde estão situadas as unidades de produção, recrutando os alunos na própria comunidade. O objetivo principal da qualificação é carregamento e transporte, e nos processos de lavra e de beneficiamento.

São exigidos funcionários especializados por um novo momento em que requisitos tecnológicos, operacionais e mesmo sociais impõem aos empreendimentos.

Um aspecto importante para o sucesso de uma empresa, além da formação e qualificação de sua mão de obra, é sua política de cargos e salários. Dela emana o conjunto de princípios que rege toda a gestão salarial nas organizações, traduzindo a intenção da empresa relativamente à matéria.

A implantação de uma política de cargos e salários significa dotar a empresa de um mecanismo que possibilite a definição de parâmetros justos na definição das remunerações, uma vez que leva em consideração uma detida análise do grau de dificuldade e exigência de cada cargo e o nível de responsabilidade e qualificação necessárias para exercê-lo.

Para que salário ou o plano de salário de uma empresa seja importante, convém observar que diversos são os fatores que incidem nesse resultado. Um dos fatores mais importantes é o equilíbrio interno e externo.

O equilíbrio dos fatores internos consiste na preocupação da empresa em manter a correta avaliação dos cargos de forma a manter a hierarquia. Com base nesta avaliação, os colaboradores julgam a equidade de suas remunerações, comparando-as com as dos demais cargos da mesma posição. Quando não são visíveis as diferenças entre os cargos nos fatores de responsabilidade, produtividade, conhecimento e capacidade, as divergências e insatisfações ocorrem com mais frequência dentro da empresa.

Outro aspecto importante é que: o plano de cargos e salários da empresa privilegie a remuneração variável, de modo a se alcançar a excelência operacional com o engajamento de todos: dirigentes e empregados. (Tsuchiya & Valverde, *op. cit.*).

### **3. TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO**

Uma política de Saúde e Segurança do Trabalho (SST) contribui para o estabelecimento das mudanças e melhorias propostas, já que promove um maior comprometimento da gerência da empresa e dos empregados (LIMA, 2002).

O MME através do Desenvolvimento Sustentável na Mineração da Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM vem desenvolvendo um projeto denominado Mobilização e Capacitação do Setor Mineral Para a Gestão da Saúde dos Trabalhadores nas Minas, com objetivo de capacitar trabalhadores, com destaques para aqueles envolvidos diretamente no processo produtivo, o corpo técnico nas normas regulamentadores de saúde em segurança, na elaboração, produção, revisão, acompanhamento, e disseminação do Programa de Gerenciamento de Riscos.

O projeto do MME prevê, também, que durante o processo de capacitação sejam detectadas as dificuldades encontradas por trabalhadores e técnicos das empresas em praticar os dispositivos legais quanto à saúde e segurança dos trabalhadores da mineração, como subsídio às reformulações normativas e elaboração de políticas públicas.

Como estabeleceu o PNM – 2030, o MME deve implementar a seguinte ação com relação à Capacitação do Setor Mineral Para a Gestão da Saúde dos Trabalhadores nas Minas:

Articulação interministerial e com o setor produtivo para a ampliação de programas de treinamento e qualificação de operários, técnicos e profissionais de nível superior, em colaboração com os segmentos produtivos, Universidades e Escolas Técnicas Federais e Estaduais, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) e outros.

#### **4. SAÚDE E SEGURANÇA DE TRABALHO**

A mineração é uma atividade que, por suas características, expõe seus trabalhadores a diversas formas de riscos, causando comprometimentos que vão desde a invalidez por doenças crônicas ou perdas da capacidade física laboral, até a morte por acidentes graves.

De acordo com a Previdência Social, a atividade mineral, especialmente a lavra, apresenta o maior nível de risco para a segurança e saúde do trabalhador (4 em uma escala de 1 a 4), junto com a construção civil e obras de infraestrutura, segundo classificação da Norma Regulamentadora 4 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2008), o que se reflete em uma maior exposição do trabalhador ao risco e na ocorrência de acidentes.

O Ministério da Previdência Social (MPS) define como acidente do trabalho aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, permanente ou temporária, que cause a morte, a perda ou a redução da capacidade para o trabalho.

O MPS considera como acidente do trabalho a doença profissional e a doença do trabalho. Equiparam-se também ao acidente do trabalho: o acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para a ocorrência da lesão; certos acidentes sofridos pelo segurado no local e no horário de trabalho; a doença proveniente de contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade; e o acidente sofrido a serviço da empresa ou no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa (Anuário Estatístico da Previdência Social AEPS 2010).

Em relação aos marcos regulatórios sobre a Segurança e Saúde Ocupacional na mineração cita-se, em especial, a Norma Regulamentadora 22 (NR 22), do Ministério do Trabalho e Emprego, oriunda de uma demanda dos trabalhadores da mineração e a Convenção 176 sobre segurança e saúde das minas, da Organização Internacional do Trabalho (OIT), realizada em Genebra, em 6 de junho de 1995. Outro avanço na NR 22 é o Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR, que inovou no enfoque e promoção de ações para a previsão e resolução de problemas passíveis de gerar riscos nas minas.

A preocupação com a saúde e a segurança do trabalhador no setor de extração mineral tem crescido em função da conscientização de empregadores e empregados, os quais vêm buscando respeitar as novas legislações, implementando mudanças comportamentais, uma vez que vem aumentando, nos últimos anos, o número de acidentes e doenças ocupacionais. (IRAMINA *et. alli*, 2009).

A participação dos trabalhadores é fundamental na implantação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho nas empresas, pois seu conhecimento e sua vivência das dificuldades e dos riscos das tarefas durante todas as fases de elaboração, implementação e monitoramento dos resultados desses sistemas credenciam-no a atuar no processo de gerenciamento e a buscar soluções que minimizem as condições agressivas presentes nos ambientes de trabalho. (FREITAS, 2008).

Normalmente, os custos decorrentes dos acidentes de trabalho são embutidos nos custos do produto. Estes custos são: tratamento médico, recuperação das instalações, reposição de equipamentos, seguros, indenizações, dentre outros. Por este motivo, a adoção de práticas de segurança do trabalho passa a ser tratada como uma condição de sustentabilidade do negócio. (LAPA, 2006).

Embora existam um arcabouço legal e instrumentos normativos para a saúde e segurança dos trabalhadores da mineração, as estatísticas de incidência de acidentes e mortalidade se mantêm elevadas, acarretando alto custo de recursos públicos com os longos tratamentos de doenças crônicas e aposentadorias precoces, além do imenso dano causado às famílias desses trabalhadores e os prejuízos para a própria atividade econômica.

A Figura 1 apresenta o total de acidentes ocorridos no setor de extração de pedra, areia e argila, segundo dados da Previdência Social, demonstrando que o número de acidentes ficou muito acima de 1.500/ano entre 2007 e 2010. (BRASIL, 2011).

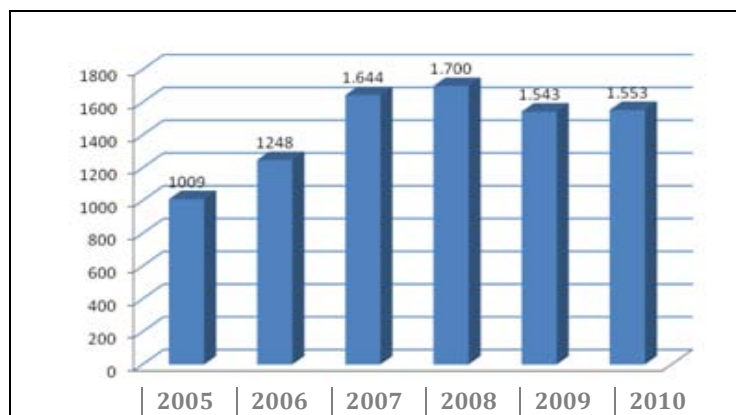


Figura 1 – Número de acidentes do trabalho registrados no setor de extração de pedra, areia e argila.

Fonte: Brasil, 2011.

Esse setor registrou o maior número de acidentes entre as indústrias extrativas, evidenciando a relevância da preocupação com a saúde e com a segurança dos trabalhadores e a importância do controle dos riscos ocupacionais.

O aumento do número de acidentes de trabalho ocorridos em mineração de pedra britada, no Brasil, chama atenção das autoridades e dos especialistas e, também, dos próprios empreendedores, que passaram a se preocupar com seus trabalhadores.

Entre 2005 e 2008, verificou-se um crescimento de 68,5% no número de acidentes (de 1009 para 1700). Entretanto, o número de acidentes teve um pequeno decréscimo de cerca de 10% no período de 2008 a 2010.

Dos acidentes ocorridos, aproximadamente, 90% caracterizam-se como acidentes típicos, ou sejam, ocorridos no ambiente de trabalho. Apesar de o número de acidentes ter uma tendência de baixa, justificada não pelo agravamento da situação, mas pelo maior número de registros oficiais, proporcionalmente, esses acidentes típicos vêm diminuindo. Vide Quadro 1.

Quadro 1 – Ocorrências de acidentes do trabalho.

Ano	Acidentes		
	Típico	Trajeto	Doença
2005	87,2%	7,1%	5,7%
2006	86,3%	7,7%	6,0%
2007	89,0%	6,9%	4,1%
2008	88,7%	8,3%	3,0%
2009	88,1%	9,3%	2,6%
2010	86,8%	11,0%	2,2%

Fonte: Brasil, 2010

A crescente produção de agregados associada à falta de controle de riscos ocupacionais acentuam os problemas de saúde e segurança do trabalho. A Norma Regulamentadora 22 (NR-22: Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração) determina a elaboração do Programa de Gerenciamento de Risco (PGR), obrigando as empresas do setor de mineração a agirem de modo preventivo, garantindo, assim, a saúde e a segurança dos trabalhadores. Dessa forma, a identificação e o controle dos riscos são imprescindíveis para a prevenção e para o PGR (IRAMINA *et al.*, 2009).

Segundo a Norma Regulamentadora 22, o Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR deve incluir as seguintes etapas:

- antecipação e identificação de fatores de risco, levando-se em conta, inclusive, as informações do Mapa de Risco elaborado pela CIPAMIN, quando houver;
- avaliação dos fatores de risco e da exposição dos trabalhadores;
- estabelecimento de prioridades, metas e cronograma;
- acompanhamento das medidas de controle implementadas;
- monitoração da exposição aos fatores de riscos;
- registro e manutenção dos dados por, no mínimo, vinte anos;
- avaliação periódica do programa.

Baseando-se em trabalhos de diversos autores, (IRAMINA *et al.*, 2009) identificaram os principais riscos aos quais os trabalhadores estão expostos em uma mineração de brita e areia. São eles:

**Poeira de sílica** - pode provocar a silicose, principal doença pulmonar e uma das maiores preocupações ocupacionais.

**Ruído** - a exposição a níveis elevados sem a devida proteção pode causar perdas auditivas irreversíveis.

**Incêndios e explosões** - associados a lubrificantes, explosivos e outros materiais combustíveis têm, como consequências, perdas materiais e morte de um ou mais trabalhadores.

**Estabilidade do talude** - blocos de rocha podem se desprender dos taludes e atingir veículos e trabalhadores no local.

**Quedas** - o trabalho em bancadas com alturas de 10 a 20 metros expõe o trabalhador a possíveis quedas durante sua atividade.

**Acidentes gerais** - podem acontecer com os trabalhadores ao lidarem com movimentação de máquinas, elementos móveis (correias), pisos escorregadios e/ou irregulares, produtos e ferramentas durante todo o período de trabalho. Cortes e esmagamento de membros também podem ocorrer em determinadas

atividades. Inclui contato com produtos químicos, principalmente na pele e olhos, podendo causar queimaduras e cegueira. Fragmentos de rocha podem atingir os trabalhadores devido à instabilidade dos taludes.

**Calor** - a exposição do trabalhador ao sol pode levar a estresse térmico, queimaduras, desidratação, dentre outros.

**Ergonômicos** - presentes na maioria das atividades. As lesões são causadas por má postura e repetição de movimentos, além de esforços excessivos no uso de equipamentos pesados.

**Vibração mecânica** - a exposição prolongada pode provocar problemas vasculares, neurológicos, musculares e articulares.

Na Tabela 4 é apresentado um sumário dos riscos para as atividades consideradas no processo produtivo da mineração de brita, segundo (IRAMINA *et. all.*, 2009).

Tabela 4 – Principais riscos envolvidos nas atividades de uma pedreira.

Riscos Avaliados por atividade em uma mineração de brita	Poeira	Ruído	Quedas	Acidente	Calor	Ergonomia	Vibração	Incêndio
Perfuração de bancada	X	X	X	X	X	X	X	X
Carregamento de explosivo e detonação	X		X	X	X	X		X
Carregamento e Transporte de Rocha	X	X		X	X	X	X	X
Britagem e peneiramento	X	X		X		X	X	X

Fonte: Iramina et al., 2009

Na Tabela 5 é apresentado um sumário dos riscos para as atividades consideradas no processo produtivo da mineração de areia.

Tabela 5 – Principais riscos envolvidos nas atividades de um porto de areia.

Riscos Avaliados por atividade em uma mineração de brita	Poeira	Ruído	Quedas	Acidente	Calor	Ergonomia	Vibração	Incêndio
Operação da draga		X	X	X	X	X	X	X
Separação estocagem	X	X	X	X	X	X		X
Peneiramento	X	X		X	X	X	X	X
Carregamento e Transporte de Areia	X	X		X	X			X

Fonte: Iramina et al., 2009. Adaptado

IRAMINA *et all.*, (2009) sugerem as seguintes medidas de controle para a melhoria das condições de saúde e segurança dos trabalhadores para cada um dos riscos supracitados:

**Poeira de sílica:**

Instalação de coletores de poeira nas perfuratrizes.

Umedecimento dos processos.

Enclausuramento das fontes emissoras de material particulado.

Uso de protetor respiratório.

**Ruído:**

Uso de protetor auricular.

Enclausuramento das fontes emissoras de ruído.

Uso de máquinas com cabine fechada.

Construção de cabines de comando das operações de beneficiamento.

Automação de processos que evitem contato do trabalhador com a fonte emissora.

**Quedas:**

Construção de muretas ou obstáculos que evitem a aproximação de beiras de bancadas

Uso de cinto de segurança em trabalhos de carregamento de explosivos onde haja risco de quedas.

**Acidente:**

Uso de EPI como luvas, botas, capacetes, óculos e cinto de segurança para evitar cortes, esmagamentos, acidentes com produtos químicos.

Terceirização de processos de fabricação, transporte, armazenamento e manuseio de explosivos.

Isolamento ou proteção de partes rodantes como polias, roletes e correias.

Ter programas de manutenção preventiva e preditiva de veículos e equipamentos.

Instalação de câmaras de vídeo em locais estratégicos para controle de processos.

Substituição de produtos similares mais seguros.



**Calor:**

Uso de roupas adequadas e mais leves.

Uso de máquinas com cabines aclimatadas.

Utilização de guarda-sol/chuva.

Descanso em ambientes com temperaturas mais amenas

**Ergonomia:**

Mudança nos procedimentos evitando más posturas.

Pausas durante a jornada para alongamentos e mudanças na posição sentada.

**Vibração:**

Diminuição do tempo de exposição.

Mudança ou adaptações nos veículos.

Melhor manutenção das pistas.

Não utilização de martelotes pneumáticos

**Incêndio:**

Sistema de combate a incêndios

Terceirização no manuseio de explosivos.

**5. RECOMENDAÇÕES**

Como a atual política governamental que tem como prioridade a retomada do crescimento e do desenvolvimento social, o consumo doméstico de bens minerais essenciais à ampliação de infraestrutura, os programas de habitação e de saneamento básico e a implantação de novos pólos industriais etc.) vem apresentando um ritmo de crescimento mais acelerado do que o esperado para o PIB.

Mas, como todo setor produtivo brasileiro, o de agregados enfrenta obstáculos: legislação ambiental cada vez mais restritiva; dificuldades de obtenção e renovação de licenças; excesso de tributação e informalidade e, principalmente a falta de mão de obra especializada em todos os níveis.

Esse incremento deverá exigir uma maior utilização da capacidade instalada e a sua expansão. Tais desdobramentos são factíveis desde que as diretrizes sejam acompanhadas da criação de um programa nacional para formação e qualificação de mão de obra nos níveis médio, graduação e pós-graduação para o setor mineral (mapeamento geológico, pesquisa mineral, lavra, beneficiamento e transformação), em ampla articulação do MME com MEC, MCT, MDIC e setor privado.

Outro aspecto a considerar, é que durante o processo de capacitação sejam detectadas as dificuldades encontradas por trabalhadores e técnicos das empresas, em praticar os dispositivos legais quanto à saúde e segurança dos trabalhadores da mineração, como subsídio às reformulações normativas e elaboração de políticas públicas.

A participação dos trabalhadores é fundamental na implantação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho nas empresas, durante todas as fases de elaboração, implementação e monitoramento dos resultados desses sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia - *Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)*. Brasília: MME, 2010. [www.mme.gov.br/sgm/menu/2030/plano\\_nacional\\_2030.html](http://www.mme.gov.br/sgm/menu/2030/plano_nacional_2030.html). Acesso em: 05 dezembro. 2011.
- BRASIL. Ministério da Previdência Social. *Informações Estatísticas Gerais da Previdência Social*. Disponível em: <[http://www.previdenciasocial.gov.br/pg\\_secundarias/previdencia\\_social\\_13.asp](http://www.previdenciasocial.gov.br/pg_secundarias/previdencia_social_13.asp)>. Acesso em: 11 dezembro. 2011.
- FREITAS, M. de. *Gestão de saúde e segurança do trabalho: o caso dos trabalhadores da mineração de ferro*. São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente) – Centro Universitário SENAC, Campus Santo Amaro. <http://biblioteca.sp.senac.br/LINKS/acervo287976/Marta%20de%20Freitas.pdf>
- LAPA, R. P. *Metodologia de identificação de perigos e avaliação de riscos ocupacionais*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 104p. (Dissertação de Mestrado). 2006. [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-05092006-155044/](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-05092006-155044/)
- LIMA, C. Q. B. *Implantação de modelos de gestão para a segurança e saúde no trabalho: estudo de casos no setor mineral*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. 139p. (Dissertação de Mestrado).
- IRAMINA, W. S.; TACHIBANA, I. K; SILVA, L. M. C. ESTON, S. M. Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo. *REM: Rev. Esc. Minas*. Vol. 62. Nº 4. Ouro Preto, out./dez. 2009.
- PENNA P. C. V. A produção brasileira de agregados para a construção civil. *Folha de São Paulo* (Caderno Mercado) em 15 de setembro de 2010.
- TORRES, P. De marleteiro a operador de perfuratriz hidráulica. *Areia & Brita*. - Nº51p32-36. Julho/Agosto 2010
- VALVERDE F, M., TSUCHIYA, O. Y. (2008). *Importância Estratégica dos Agregados para a Construção Civil*. Brasília, outubro de 2008. <http://artisanalmining.org/casm/sites/artisanalmining.org/files/publication/Fernando%20ValverdeSimexmin.pdf>.

CAPÍTULO

---

---

15

# A RESPONSABILIDADE SOCIAL NO SETOR DE AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Estudo de caso: Empresas de areais do Distrito  
de Piranema, Município de Seropédica, RJ

Marina Fernandes de Oliveira  
Mestre em Administração pela PUC-RJ  
Instituto PARES

João Pedro Martins da Silva  
Biólogo, Mestre em Geologia pelo IGEO-UFRJ  
Núcleo de Licenciamento Ambiental-NLA IBAMA-RJ

Alda Marina Campos  
Mestre em Administração pela PUC-RJ  
Instituto PARES

Zuleica C. Castilhos  
Doutora em Geoquímica Ambiental pela UFF  
Coordenação de Processos Minerais-COPM  
CETEM/MCTI



## 1. INTRODUÇÃO

Apesar da maioria dos avanços na responsabilidade socioambiental empresarial na exploração de recursos minerais se deverem mais à legislação e à fiscalização do que ao esforço voluntário dos agentes empresariais, são crescentes os questionamentos sobre a responsabilidade social da atividade mineral, em especial quanto ao retorno para as comunidades nos locais e no entorno de lavras (FERNANDES, LIMA e TEIXEIRA, 2007). No longo prazo, espera-se que novos investimentos no setor de agregados da construção civil incluam a promoção do relacionamento com a comunidade do seu entorno, negociando a aceitação da atividade de mineração (VALVERDE & TSUCHIYA, 2008).

Considerando este cenário, este capítulo aborda a responsabilidade social no setor de agregados da construção civil. Em primeiro lugar, são apresentados um resumo do conceito da responsabilidade social e seu histórico no Brasil. Aspectos pertinentes às pequenas e médias empresas foram explicitados, uma vez que a maioria das empresas de mineração de agregados para a construção civil é desse porte. Em segundo lugar, é descrito o caso dos areais de Piranema, nos municípios de Seropédica e Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro. Finalmente, é apresentado o questionário desenvolvido para pesquisar as práticas de responsabilidade social nos areais em questão.

### 1.1. Histórico da Responsabilidade Social Empresarial

Nos primeiros 400 anos do nosso país, pouco era feito pelas empresas em termos de responsabilidade social. No Brasil colônia e império, as questões sociais cabiam primordialmente à Igreja, na forma da caridade cristã. Essa realidade começa a mudar no século XX. Na esfera pública, temos como um marco a criação do Conselho Nacional de Serviço Social pelo governo Vargas, que institucionaliza o assistencialismo do Estado. Na esfera privada, as ações filantrópicas eram pontuais, realizadas por famílias economicamente privilegiadas e grandes mecenas.

Na década de 60, com o bloqueio da participação popular na esfera pública devido à ditadura militar, microiniciativas na base da sociedade inventaram novos espaços de liberdade e reivindicação. Foram criados movimentos comunitários de apoio e ajuda mútua, voltados à defesa de direitos e à luta pela democracia. A sociedade civil amadureceu sua posição no terceiro setor, contribuindo para a formação de consumidores conscientes.

Na década de 80, a redemocratização permite o diálogo entre os setores. A cidadania, valorizada no âmbito individual, passa a ser vista como um diferencial para as empresas. Trata-se da cidadania corporativa, valorizada, por

exemplo, pelo Prêmio ECO-Amcham. Criado em 1982, o prêmio foi “pioneiro no reconhecimento de companhias socialmente responsáveis e que desenvolvem práticas de sustentabilidade” (http1).

Na década de 90, importantes iniciativas de estímulo à responsabilidade social tomaram forma. Destacam-se:

- criação do GIFE – Grupo de Institutos, Fundações e Empresas em 1995;
- campanhas de divulgação do Balanço Social do IBASE – Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas em 1996, visando a uma maior transparência nos resultados sociais e ambientais das organizações.
- criação do CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 1997, com o propósito de disseminar uma nova maneira de fazer negócios; e
- constituição em 1998 do Instituto Ethos de Responsabilidade Social, cuja missão é mobilizar, sensibilizar e ajudar as empresas a gerir seus negócios de forma socialmente responsável (CNI, 2006).

No século XXI, a responsabilidade social se torna obrigatória para grandes empresas. O emblemático caso da fraude da Enron, empresa norte-americana, em 2003, impactou diversas partes do globo. Principalmente, levantou a importância de uma gestão ética, uma das bases para a responsabilidade social. A seguir é apresentada uma breve revisão conceitual da responsabilidade social.

## 1.2. Estado da arte da Responsabilidade Social Empresarial no Brasil

Segundo o Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social (http2), responsabilidade social empresarial é

“a forma de gestão que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os públicos com os quais ela se relaciona e pelo estabelecimento de metas empresariais que impulsionem o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais para as gerações futuras, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais.”

Assim, não adiantaria uma empresa pagar mal seus funcionários, corromper a área de compras de seus clientes, pagar propinas a fiscais do governo e, ao mesmo tempo, desenvolver programas voltados a entidades sociais da comunidade. A recente norma ABNT NBR ISO 26000 (2010) destaca a sua prática socialmente responsável na relação com as partes interessadas ou *stakeholders*<sup>1</sup> da empresa, definindo responsabilidade social como a:

---

<sup>1</sup> Públicos com os quais determinada organização se relaciona. Qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou ser afetado pelo alcance da organização (Freeman, 1984). Indivíduos ou grupos com o qual o negócio interage, que têm um claro interesse na organização (Carroll, 1996).

“responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, por meio de um comportamento ético e transparente que contribua para o desenvolvimento sustentável, inclusive a saúde e bem-estar da sociedade; leve em consideração as expectativas das partes interessadas; esteja em conformidade com a legislação aplicável e seja consistente com as normas internacionais de comportamento e esteja integrada em toda a organização e seja praticada em suas relações.”

Semelhantemente, para Ashley (2005), a responsabilidade ética é o conjunto de padrões e expectativas de comportamento para atender ao que os *stakeholders* consideram legítimo, correto ou justo.

Considerando a cadeia produtiva do setor de agregados da construção civil, pode-se constatar a interdependência da mineração com diversos *stakeholders*: produtores de cimento, comunidades do entorno das minas, funcionários, acionistas ou proprietários, governo local, órgãos de fiscalização ambiental, associações de classe, entre outros.

No caso dos produtores de cimento, há forte pressão por práticas cada vez mais sustentáveis, que aceleram inovações no negócio. A Votorantim Cimentos do Brasil já trocou parte de uma das matérias primas do cimento chamada clínquer (que exige queima de calcário e libera carbono) por uma substância chamada pozolana (que queima uma argila). Assim, as emissões pela empresa de gás carbônico, que contribui para o efeito estufa, foram reduzidas em um terço (FRANCO, 2010). Inovações e práticas mais eficientes visando ao desenvolvimento sustentável<sup>2</sup> já estão entre as prioridades de gestão das grandes empresas. Com base em Ashley (2005), que pontua que a empresa socialmente responsável é aquela que está atenta para lidar com as expectativas de todos os seus *stakeholders*, pode-se esperar que estas grandes empresas demandem também de seus fornecedores uma postura socialmente responsável. Da mesma forma, para as comunidades do entorno das minas, a cobrança da mineração ganha novos argumentos trazidos por fatores como a conscientização do público, as novidades na legislação ambiental e a escassez de recursos naturais alardeada na mídia.

Há aqueles que argumentam contra a responsabilidade social empresarial. Na visão econômica clássica, seguindo a linha liberal, a responsabilidade da empresa é cumprir a lei e dar retorno ao seu acionista ou proprietário. Nesta visão, defendida pelo economista Milton Friedman, a empresa gera benefícios para seus *stakeholders* internos: acionistas, funcionários, terceirizados e clientes, dentre outros.

---

<sup>2</sup> “Satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades” (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991).

Em contrapartida à visão econômica clássica, está a visão socioeconômica, que defende que uma organização deve estar ligada ao bem-estar social, e não apenas aos seus lucros. Seus defensores, como o economista Paul Samuelson, argumentam a favor de lucros de longo prazo, melhor imagem junto à sociedade, menor regulamentação para os negócios, melhor ambiente para todos e maiores obrigações sociais dos negócios (MELO, 2007).

De forma coerente à visão socioeconômica, atualmente as empresas precisam de uma licença social, além das licenças legais. Com uma maior conscientização do público consumidor e mobilização da sociedade civil, diversas empresas já tiveram que ajustar seus negócios para atender às demandas da sociedade. O Walmart é um exemplo de como empresas podem mudar suas estratégias por pressão de um stakeholder externo, neste caso, a organização sem fins lucrativos Greenpeace. A mudança estratégica do Walmart Brasil foi claramente perceptível em 2009 diante do relatório do Greenpeace intitulado “A Farra do Boi”, denunciando práticas de devastação de reservas florestais para a exploração da pecuária de corte. Ao ver seu nome na lista de empresas compradoras no referido relatório, o Walmart se colocou à disposição do Greenpeace para integrar e liderar o time de empresas que poderiam embargar a carne proveniente daquela região e ser parte da solução (GOMES, 2010).

Do ponto de vista instrumental, a responsabilidade social trouxe diversos benefícios para o Walmart. Recebeu o prêmio do Guia Exame de Sustentabilidade de 2009 e retorno em mídia espontânea, num momento em que sua imagem estava ameaçada com o relatório-denúncia, podendo trazer inclusive perdas financeiras.

Conclui-se então que podemos entender a responsabilidade social de diferentes maneiras, dependendo da abordagem adotada. Contudo, aqui não se pretende esgotar as possíveis definições e conceituações da responsabilidade social empresarial. Ao contrário, acredita-se ser mais relevante para o presente Manual de Agregados da Construção Civil considerar se e como o conceito de responsabilidade social é incorporado efetivamente pela rede de negócios do setor de agregados (ASHLEY, 2005) e definir claramente as prioridades para as organizações em termos de resultados sustentáveis, ou seja, econômicos, sociais e ambientais, como sugere um dos precursores do conceito de sustentabilidade, John Elkington, aos gestores de empresas (<http3>).

### **1.3. A Responsabilidade Social nas grandes e pequenas empresas**

Como comentado anteriormente, a maior parte das grandes empresas já considera seriamente a responsabilidade social e ambiental como uma variável estratégica em seus negócios. Como Roger Agnelli, ex-presidente da Vale, maior mineradora do Brasil, citou:



“Vou lhe dizer o que significa responsabilidade social para a Vale do Rio Doce: é uma questão estratégica. (...) O problema não é dar mais lucro ou menos lucro, se vai ter retorno ou não vai ter. A questão toda é a seguinte: de você ter o negócio ou não ter o negócio. (...) A questão socioambiental hoje começa a ser uma das armas de guerra comercial. Temos que tomar cuidado. Porque daqui a pouco vão lá na Organização Mundial do Comércio dizer o seguinte: olha, como o Brasil não respeita a Amazônia, como não respeita os índios, como tem muito trabalho escravo, vamos começar a criar uma barreira tarifária para os produtos brasileiros. Isso é guerra comercial, e isso é real.” (O GLOBO, 2007)

No entanto, as pequenas e médias empresas parecem não se dar conta do seu papel como promotoras da Responsabilidade Social empresarial. Desconhecem ou se eximem de mostrar aos seus grandes clientes e/ou fornecedores que investir em seus parceiros de menor porte é também uma forma de responsabilidade social (ALLI & SAUAYA, 2004). Uma possível causa desta postura passiva é o mito de que apenas grandes empresas podem ser socialmente responsáveis. Este foi desmascarado pela Confederação Nacional da Indústria, quando aponta que “a ética e a transparência, assim como a preocupação com o bem comum, são qualidades que estão ao alcance de qualquer empresa, independentemente de seu porte”. Além disso, as pequenas e médias empresas possuem condições mais favoráveis para a implantação da responsabilidade social devido a sua simplicidade operacional e tamanho (CNI, 2006). Também é importante ponderar que por sua representatividade na economia brasileira, empresas desse porte podem fazer expressiva influência na prática da Responsabilidade Social.

Para mudar esta atitude, as pequenas e médias empresas deveriam contar com o apoio das grandes organizações. Isso poderia ser feito na relação com aquelas pequenas e médias empresas dos seus grupos de interesse, como fornecedores, distribuidores e prestadores de serviço (ALLI & SAUAYA, 2004).

A movimentação das empresas de diferentes portes em direção à responsabilidade social tem sido impulsionada pela crescente cultura de normatização. A SA 8000, ISO 14000 e a ISO 26000 são alguns exemplos de normas relacionadas à responsabilidade socioambiental corporativa, sendo as primeiras duas vinculadas a sistemas de certificação internacional. Quando uma empresa compradora de produtos e serviços em grande volume passa a seguir este tipo de norma e passa a estender as exigências junto aos seus fornecedores, toda sua cadeia de valor passa a adotar novas práticas, incluindo seus fornecedores indiretos. No caso mais recente da ISO 26000, a responsabilização da empresa em sua esfera de influência se dará pela sua contribuição para os resultados negativos. No entanto, entende-se que a capacidade de exercer influência não implica necessariamente na responsabilidade de exercê-la (ABNT, 2010). Em mercados como o de Óleo e Gás, vem sendo progressivamente observada a prática de *due dilligences* e uma gestão criteriosa de fornecedores como prática para minimizar os riscos para as grandes empresas.

Em resumo, com base no exposto acima, não há dúvidas de que a responsabilidade social pode e deve ser incorporada à gestão das pequenas empresas de mineração de agregados da construção civil. Isso já é feito hoje? Como? Não há nenhum estudo disponível sobre responsabilidade social de empresas de mineração de areia. Com o objetivo de conhecer ações sistemáticas já existentes ou potenciais, bem como para orientar os empresários do setor, foi produzido um questionário. Tal questionário foi utilizado como ferramenta para o estudo do arranjo produtivo local dos areais de Piranema, nos municípios de Seropédica e Itaguaí, estado do Rio de Janeiro, no que tange a responsabilidade social.

## **2. ESTUDO DE CASO: RESPONSABILIDADE SOCIAL NAS EMPRESAS DE AREIAS DE PIRANEMA**

Tendo como principal objetivo avaliar a inserção de ações de responsabilidade social nas empresas de areais, optou-se por um estudo do caso do Distrito de Piranema, municípios de Seropédica e Itaguaí, estado do Rio de Janeiro.

Dois motivos contribuíram para a escolha desse caso, além da acessibilidade. Primeiro, a demanda do próprio setor por dados estruturados sobre responsabilidade social e sustentabilidade, pontuada pelo presidente do SIMARJ - Sindicato dos Mineradores de Areia do estado do Rio de Janeiro, Sérgio Pereira. Segundo, a expressiva representatividade dos areais da região: cerca de 70% da areia consumida no Estado do Rio de Janeiro. Como é sabido, a areia é matéria-prima para o concreto e a argamassa, dentre outros insumos da cadeia de valor da construção civil. Assim como outras minerações, a de areia também não é renovável. Portanto, há relevância em trazer a perspectiva da sustentabilidade a esta atividade, por meio de planos de uso futuro e melhoria da relação com a comunidade local.

### **O DISTRITO AREIRO DE PIRANEMA**

A mineração de areia no Polígono de Piranema é responsável por 70% do fornecimento de areia para a construção civil no Estado do Rio de Janeiro e atende quase 90% da demanda da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (ANA, 2007), totalizando uma produção de mais de sete milhões m<sup>3</sup> em 2005 (DNPM, 2006). Ocupa uma área de aproximadamente 50 km<sup>2</sup> na bacia hidrográfica do rio da Guarda, uma planície de baixo gradiente topográfico da Região Hidrográfica II - Guandu, nos municípios de Seropédica e Itaguaí, Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

O Distrito é limitado pelas coordenadas UTM horizontais 7.468.000 e 7.478.000 Norte e verticais 630.000 e 638.000 Leste e pode ser acessado pelas Rodovias Federais BR-101 (Rio-Santos) e BR - 465 (antiga Rio-São Paulo),

interligadas pela Rodovia Estadual RJ-099, a Reta de Piranema. Abriga atualmente 63 pequenas empresas mineradoras, gerando cerca de 350 empregos diretos e 4.500 indiretos (TORRES, 2010). As mineradoras estão agrupadas em torno do Sindicato dos Mineradores de Areia do Estado do Rio de Janeiro (SIMARJ), principal interlocutor com os governos municipais, os órgãos reguladores da atividade mineral e os órgãos ambientais, tanto federais como estaduais e municipais.

A construção, entre 1973 e 1977, da rodovia BR 101, a Rio - Santos, passando pela região, facilitou a ligação rodoviária com os grandes centros consumidores e foi um fator importante para o crescimento da mineração de areia em Piranema. Nos anos 80, com o forte crescimento urbano da zona oeste da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o Distrito de Piranema passou a ser seu principal fornecedor de areia (ROSSETE, 1996), condição que perdura até os dias de hoje. A partir dos anos setenta, quando iniciou e durante a década de oitenta, quando consolidou sua posição como principal fornecedor de areia para a construção civil da RMRJ, a mineração de areia em Piranema não foi objeto de maiores atenções do poder público, apesar da informalidade que caracterizava a atividade. Somente em 1990, por causa de denúncias sobre o rebaixamento da superfície freática do aquífero, os areais foram interditados, causando crise na construção civil do Rio de Janeiro.

Como consequência, o Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), na primeira ação concreta para regular a lavra na região, estabeleceu normas e diretrizes ambientais para a mineração de areia e implantou uma Zona de Produção Mineral (ZPM) de areia na região, que foi chamada de Polígono de Piranema (Figura 1), contido na área que se limita ao norte pela rodovia estadual RJ-099, a Reta de Piranema, a leste pela Alameda 1, ao sul pelo Valão do China e pelo Valão dos Bois até sua confluência com o rio Itaguaí, incluindo o areal Ponto Maior, situado no Km 42 da rodovia federal BR-465, antiga Rio-São Paulo (DRM, 1990).

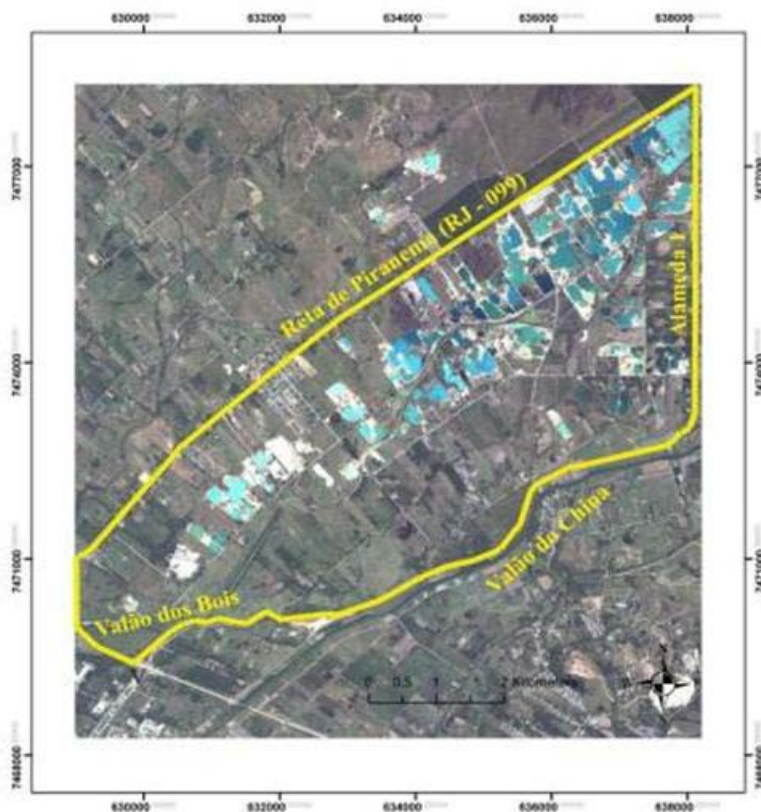


Figura 1 – Polígono de Piranema, a ZPM implantada pelo DRM em 1990 (ANA, 2006).

Em 1997 instalou-se o novo município de Seropédica, emancipado de Itaguaí em 1995, englobando a maior parte da área do distrito areeiro.

No ano de 2000, Seropédica, com 65.231 habitantes, tinha o índice de 19,8% de analfabetos e 35% de sua população com renda inferior a  $\frac{1}{4}$  SM (BECKER & PAGANOTO, 2007).

O município de Itaguaí teve sua população estimada em 103.515 habitantes em 2008, apresentando densidade demográfica de 368 habitantes por km<sup>2</sup>, a 20ª maior do Estado, que tem 92 municípios no total, incluindo o município do Rio de Janeiro

Seropédica apresentou, no Censo de 2000, uma Incidência da Pobreza de 50,85%, índice de Gini 0,40 (que mede a distribuição da riqueza entre a população, varia entre 0 - todos têm a mesma renda e 1 - só uma pessoa com a renda total). Itaguaí apresentou uma Incidência da Pobreza pouco maior, de 52,93%, mas com o mesmo Índice de Gini de 0,40, sendo um pouco inferior ao Índice de Gini do Brasil que foi de 0,61 (IBGE, 1991, 2000).

O município de Seropédica tem sua população estimada em 70.969 habitantes em 2007, apresentando densidade demográfica de 265 habitantes por km<sup>2</sup>, a 25ª maior do Estado.

Segundo o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM, que enfatiza temas de competência municipal, ponderando igualmente emprego/renda, educação e saúde, em 2005, Seropédica classificou-se em 1.799º lugar no ranking nacional e ficou em 64º entre os municípios fluminenses, com IFDM de 0,6548 (Emprego & Renda – 0,5238, Educação – 0,6527 e Saúde – 0,7878) numa variação de 16 posições no ranking estadual, entre 2000 e 2005. Dentre seus componentes, o referente a Emprego e Renda ficou em 42º lugar, Educação em 77ª posição e Saúde alcançou o 58º posto. Em 2007, Seropédica passou para a 55ª colocação no estado, subindo nove posições (FIRJAN, 2010). O PIB, a preços de mercado de 2007, alcançou R\$505 milhões, 41ª posição entre os 92 municípios fluminenses, resultando em um PIB per capita de R\$6.966,49, o 80º do Estado (TCE, 2009).

Quanto à educação, Seropédica teve 22.124 alunos matriculados em 2007, uma variação negativa de 6,4% em relação ao ano anterior. A rede municipal obteve IDEG de 3,6 para os anos iniciais do ensino fundamental, ficando posicionado em 84º entre 91 municípios avaliados, superando a meta de 3,2 estabelecida pelo MEC para 2007. Quanto aos anos finais, obteve IDEG 3,7, posicionando-se no 35º lugar entre 83 avaliados, atendendo a meta estabelecida de 3,6 para 2007. O ensino médio, por sua vez, teve 4.724 alunos matriculados em 13 unidades escolares. Sua proficiência no Enem de 2008 foi de 48,95, a 46ª no Estado do Rio de Janeiro (TCE, 2009).

Segundo o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM, em 2005 Itaguaí ficou em 439º lugar no ranking nacional e 16º no estadual, com IFDM de 0,7611 (Emprego & Renda - 0,8594, Educação - 0,6477 e Saúde - 0,7763). Em 2007, Itaguaí alcançou o 8º lugar entre os municípios do estado, ficando em segundo no índice de Emprego & Renda (0,9548) atrás somente de Macaé (FIRJAN, 2010). O Produto Interno Bruto (PIB) a preços de mercado de 2007 alcançou R\$2.503 milhões, 17ª posição entre os 92 municípios fluminenses, resultando em um PIB per capita de R\$26.252,43, o 16º do Estado (TCE, 2009).

Por outro lado, a educação não atinge bom desempenho. Com 30.049 alunos matriculados em 2008, houve uma variação negativa de 5,8% em relação ao ano anterior. A rede de ensino municipal, com Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) estabelecido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, do Ministério da Educação (MEC) de 3,7 se posicionou em 73º lugar, entre 91 municípios do Estado do Rio de Janeiro avaliados pelos resultados dos anos iniciais do ensino básico (1ª a 5ª séries), atingindo a meta do MEC que era 3,4 e em 75º lugar em 83 avaliados pelos resultados dos anos finais (6ª a 9ª séries) que foi IDEG 2,9, não atendendo a meta para 2007 que era 3,0. O ensino médio, por sua vez, teve 5.467 alunos

matriculados em 15 unidades escolares. Sua proficiência no Exame Nacional do Ensino Médio – Enem foi de 47,219, a 82ª no Estado do Rio de Janeiro (TCE, 2009).

Em receitas tributárias,—Itaguaí teve, em 2008, uma receita bruta de 235,860 milhões (18ª maior receita entre os municípios do Estado do Rio de Janeiro), equivalente a uma receita per capita de R\$2.278,51, a 29ª do Estado, enquanto que Seropédica teve receita bruta de 82,035 milhões (a 42ª do Estado) equivalente a R\$1.056,91 de receita per capita, a 77ª do Estado. As despesas municipais são menores que as receitas, estando ambos em equilíbrio orçamentário (TCE, 2009).

Por abrigar cerca de 80% da área do Distrito Areeiro de Piranema, Seropédica tem maior dependência da arrecadação de tributos da mineração do que Itaguaí, uma das razões de demonstrar grande interesse pelo setor de agregados da construção civil. Seu Plano Diretor no artigo 135 item f estabelece uma Zona de Interesse Mineral (ZIM) para a região.

## PROCESSOS E RISCOS AMBIENTAIS

Neste livro, no Capítulo 13 foram abordados os impactos ambientais gerais no setor de agregados da construção civil, incluindo extração de areia em cava submersa, prática da mineração em Piranema. No presente capítulo abordaremos esses processos de mineração de areia e os riscos ambientais, **considerados a partir da perspectiva dos empresários e funcionários das empresas de mineração, bem como de trabalhos científicos disponíveis na literatura e da experiência em trabalhos prévios na região.** O universo de empresários e funcionários, em estudo realizado por SILVA, 2010, está constituído de mineradores com idades entre 30 e 65 anos, sendo um grupo heterogêneo na educação formal (alguns são economistas, administradores, arquitetos e geólogos, outros apenas completaram o ensino fundamental, mas todos conhecem muito bem o mercado de areia para construção civil). Os funcionários apresentam menor escolaridade: os auxiliares administrativos geralmente têm o nível médio completo e alguns ainda estão estudando, enquanto os operacionais têm, na sua maioria, apenas o fundamental incompleto. Dentre os funcionários operacionais há ainda alguns analfabetos funcionais. Contudo, também são encontradas exceções, como técnicos mecânicos, soldadores e até administradores.

**Segundo os empresários e funcionários das empresas de mineração,** os processos de decapeamento, de construção da infraestrutura e manutenção, de abertura da cava, de instalação e operação da draga, de instalação e operação da tubulação, de separação e estocagem, de carregamento, de transporte, construção dos taludes e de reflorestamento acarretam diferentes impactos ambientais, descritos em detalhes no Capítulo 13.

Aqui, o importante é ressaltar que o grande risco da **abertura de cava**, da **instalação e operação da draga** e **instalação e operação da tubulação**, que já foi inclusive motivo de interdição dos areais em Piranema, é o rebaixamento do nível freático e o possível aumento da taxa de evaporação do aquífero pela exposição direta da lâmina d'água, quando a cava for preenchida pela água subterrânea, podendo alterar o regime hídrico de toda esta região. O aquífero é exposto, o que o torna vulnerável à contaminação direta dos poluentes por escoamento superficial e deposição atmosférica seca e úmida.

Do ponto de vista técnico, (CAMPOS & FERNANDES, 2009) citam como os maiores problemas ambientais associados à lavra e beneficiamento de areia no Distrito Areeiro de Piranema a contaminação das águas subterrâneas por efluentes sanitários não tratados, por óleo combustível, vazamento de óleo lubrificante dos equipamentos (draga, tratores, escavadeiras e caminhões), graxas e resíduos sólidos da manutenção dos equipamentos.

Ainda, a abertura das cavas e a dragagem subsequente, segundo (MARQUES, 2010) causam a acidificação das águas das lagoas e o consequente aumento da concentração de alumínio, suficiente para tornar essas águas impróprias para o desenvolvimento de biota aquática. O alumínio formando sulfato tem efeito de adsorção sobre as partículas em suspensão. Esse efeito coagulante torna as águas das lagoas transparentes e azuis.

(SILVA, 2010) coordenou a realização do diagnóstico ambiental da atividade através de auditoria ambiental, conforme a norma internacional ISO 19011 publicada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como NBR ISO 19011:2002 – diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental, tendo sido utilizados como referências: i) os condicionantes das Licenças de Operação, ii) as ações previstas no TAC e, iii) as recomendações do Guia das Boas Práticas de Mineração publicadas pelo International Council on Mining and Metals (ICMM, 2006). Foram também consideradas as normas referidas nas Licenças de Operação (NT-202-R-10, DZ-215.R-04, DZ-1310.R-7, DZ 1311.R-04 e NBR-7505-4), os períodos de validade das LOs e o desenvolvimento da lavra dentro dos polígonos estabelecidos pelo DNPM.

Uma amostra de 8 empresas mineradoras foi escolhida aleatoriamente da lista de associadas do SIMARJ<sup>3</sup>. O objetivo da auditoria foi realizar um diagnóstico ambiental para revelar as dificuldades da atividade de mineração de areia no Distrito de Piranema, com referência à questão ambiental e o atendimento aos requisitos dos órgãos reguladores da atividade, a saber, as secretarias ambientais das prefeituras de Itaguaí e Seropédica, o DRM-RJ, o INEA e o DNPM.

---

<sup>3</sup> Amostragem de acordo com a regra sugerida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) para a auditoria de empreendimentos multi-sites (NIT-DICOR-054): amostra =  $\sqrt{n}$ , arredondado ao número inteiro superior (n = número de empresas).

O escopo foi estabelecido como as atividades da lavra de areia em cava submersa abrangendo todos os processos da exploração.

Em função das necessidades de conhecimento específico por parte dos mineradores e dos funcionários das empresas de mineração detectadas na auditoria ambiental, foi elaborado um Programa de Capacitação Tecnológica e Ambiental, executado no ano de 2009.

Os cursos propostos pelo Programa de Capacitação foram inseridos no Programa de Cursos de Extensão da UFRJ, Pró Reitoria de Extensão e, apoiados pelo SIMARJ e pelo SEBRAE-RJ, foram realizados com a participação de professores do Instituto de Geociências da UFRJ (IGeo), do Ministério de Minas e Energia e do Departamento Nacional de Produção Mineral. Foram planejados para atender os diferentes públicos: empresários das mineradoras, funcionários e partes interessadas.

O Programa de Capacitação foi composto de 3 cursos: **Curso de Extensão 1 - Formação de Auditores Ambientais Internos**, com carga horária de 24 horas e destinado a pessoas da comunidade interessadas na atividade de exploração de areia no Distrito Areeiro de Piranema. Foi realizado no início de agosto de 2009 e formou 19 auditores ambientais internos.

Os participantes eram de várias origens e organizações, idades entre 20 e 50 anos, com bom grau de instrução, a maioria com graduação em Administração, Economia, Biologia, Geologia e Engenharia de Produção e alguns poucos com cursos de pós-graduação (*lato sensu*). Não havia predominância de gênero.

**Curso de Extensão 2 - Extração de Areia e o Meio Ambiente**, com carga horária de 16 horas e destinado aos funcionários dos areais, mostrou os processos geológicos dos depósitos aluviais e o Aquífero Piranema, discutiu os conceitos de conservação ambiental e questões como o aquecimento global, o uso sustentável dos recursos naturais, mineração e meio ambiente, poluição e doenças correlatas, problemas ambientais e de segurança na extração de areia em cava submersa, ações de controle e mitigação dos impactos ambientais da atividade, recuperação de área degradada.

Os participantes tinham idade média de 35 anos e formação bem variada, desde um semianalfabeto, até um formado em Administração. Todos homens.

**Curso de Extensão 3 - Mineração e sustentabilidade**, com carga horária de 40 horas e destinado aos empresários das mineradoras do Distrito Areeiro de Piranema, o curso foi realizado em setembro de 2009 e abordou questões sobre: a importância socioeconômica da mineração, sua sustentabilidade e as formas de compensação socioambiental da atividade mineira, as pequenas mineradoras e a lavra de areia em cava submersa, aproveitamento comercial dos rejeitos da lavra, os processos geológicos dos depósitos aluviais e o aquífero Piranema, o Programa de Gestão de Recursos Hídricos, a questão legal da mineração, com foco na



extração de areia em cava submersa, os aspectos e impactos ambientais dessa atividade e ainda a necessidade de se planejar, desde já, o fechamento da lavra para que, ao esgotamento do recurso mineral, a atividade possa ser encerrada adequadamente.

Ao final do curso, os empresários elaboraram uma lista de ações para eliminar ou minimizar os efeitos negativos dos aspectos ambientais significativos das atividades de mineração.

Os participantes, representando cerca de metade das empresas associadas ao SIMARJ, com faixa etária entre 20 e 65 anos, heterogêneo no nível de ensino formal (alguns economistas, administradores, arquitetos e um geólogo, e outros, com ensino fundamental incompleto). A maioria em atividade, muitos eram familiares diretos que assumiam os negócios da família, outros completavam a equipe da mineradora. Somente 15% eram mulheres.

A partir desses cursos, muitas empresas comunicaram que iniciaram o treinamento dos seus funcionários e a implantação de cuidados com os resíduos sólidos em suas instalações.

Em setembro de 2009, ao final do Programa de Capacitação, o Batalhão de Polícia Florestal e de Meio Ambiente (BPFMA) realizou uma operação chamada “Operação Gaia” com o objetivo de atuar na repressão da mineração ilegal de areia no Distrito de Piranema. A Operação contou com a presença de um helicóptero e com o apoio do 24º Batalhão da Polícia Militar de Queimados. Foram fiscalizados 27 areais e nenhum problema foi encontrado. A Polícia apreendeu nesta operação somente sete caminhões de transporte de areia que estavam com documentação irregular (jornal O DIA, 28 de setembro de 2009).

Uma nova auditoria com o mesmo escopo e critérios da anterior foi realizada cerca de 6 meses após o término dos cursos para avaliar se os assuntos abordados e a metodologia utilizada nos cursos de capacitação provocaram algum resultado nas operações da mineração em relação ao meio ambiente.

Pode-se verificar, na comparação entre as duas auditorias, uma diminuição do total de *não conformidades* encontradas nas empresas auditadas: 58 na auditoria de agosto de 2008 e 24 na auditoria de abril de 2010, menos da metade. Isto pode indicar uma real melhoria do desempenho ambiental das mineradoras, já que tanto os critérios de auditoria utilizados foram os mesmos, como também o auditor líder, responsável pelas auditorias, foi mantido.

Em 2008, todas as empresas visitadas apresentaram um mínimo de duas e máximo de 13 *não conformidades* por empresa. Em 2010, três mineradoras tiveram zero *não conformidades*: 37,5% do total. O máximo foi de 11 *não conformidades*.

Em dezembro de 2010, o Distrito Areeiro de Piranema foi enquadrado como Arranjo Produtivo Local de base mineral, o APL PIRANEMA, e com isso ganhou acesso a recursos especiais para o aprimoramento de seus processos minerários na busca da sustentabilidade das suas atividades em todas as dimensões - sociais, econômicas e ambientais.

### **3. METODOLOGIA**

Para atingir o objetivo principal da pesquisa, foi desenvolvido um questionário estruturado para a coleta de dados e percepções de fontes primárias. Para a construção deste questionário foram usados, como base, os Indicadores Ethos-SEBRAE de Responsabilidade Social Empresarial para Micro e Pequenas Empresas (2009). A versão básica foi revista à luz da realidade das empresas de mineração de agregados da construção civil.

Por meio de reuniões presenciais, especialistas em mineração e responsabilidade social equilibraram as questões referentes aos aspectos de Valores, Transparência e Governança; Público Interno; Meio Ambiente; Fornecedores; Consumidores e Clientes; Comunidade e Governo e Sociedade. Foi ainda incluído o tema Plano de Futuro, de fundamental importância para a sustentabilidade ambiental das empresas de mineração. Dessa forma, sempre com a preocupação de manter o questionário curto e simples, foi gerado o questionário para a avaliação *ad hoc*.

Como forma de validar o projeto da pesquisa e sensibilizar os pequenos empresários quanto à sua importância, o questionário foi apresentado em reuniões com o setor produtivo. A mais relevante se deu na implantação do Arranjo Produtivo Local de Base Mineral de Piranema (APL Piranema), em Seropédica, estado do Rio de Janeiro, em 13 de setembro de 2010. Na reunião, com cerca de 15 representantes dos areas de Seropédica e Itaguaí, foi relatado o objetivo de retratar a realidade dos areas em termos de responsabilidade social e sustentabilidade, identificando suas principais necessidades nesses aspectos. A repercussão foi extremamente positiva, contando com a abertura e interesse dos mineradores presentes.

### **4. QUESTIONÁRIO**

O questionário é constituído dos oito grandes temas citados previamente. Estes temas são compostos por 27 indicadores, aplicáveis às empresas mineradoras de agregados da construção civil, a saber: compromissos éticos; práticas antipropina; práticas anticorrupção; governança corporativa; cuidados com saúde, segurança e condições de trabalho; benefícios adicionais; critérios de contratação; valorização da diversidade e promoção da equidade; inclusão de pessoas com deficiência; relações com sindicatos; compromisso com o

desenvolvimento profissional e a empregabilidade; gerenciamento dos impactos sobre o meio ambiente e do ciclo de vida de produtos e serviços; comprometimento da empresa com a melhoria da qualidade ambiental; critérios de seleção e avaliação de fornecedores; apoio ao desenvolvimento de fornecedores; excelência do atendimento; dúvidas, sugestões e reclamações; satisfação dos consumidores/clientes; gerenciamento do impacto da empresa na comunidade de entorno; relações com a comunidade de entorno; estímulo ao trabalho voluntário; envolvimento da empresa com a ação social; benefícios para o negócio; participação e influência social; envolvimento em campanhas políticas; melhoria dos espaços públicos e apoio a iniciativas sociais governamentais e plano de futuro.

Estes indicadores são compostos por 79 perguntas, sendo uma pergunta-chave para cada indicador e as demais, detalhamentos para alguns dos indicadores. Deste total, 70 têm como opção de resposta graduada em “sim”, “em grande parte”, “em parte”, “não” e “sem aplicação na empresa”. As nove perguntas restantes eram objetivas, ou seja, suas respostas eram quantitativas. Para um levantamento sistemático de dados que contribuirão para o monitoramento da evolução de práticas de gestão de responsabilidade socioambiental, tais perguntas questionaram o número de funcionários na empresa e a inclusão de minorias, assim como o número de analfabetos dentre os funcionários. O questionário encontra-se na íntegra, no Anexo 1.

## 5. RESULTADOS

O questionário foi aplicado a 47 pequenas mineradoras do Arranjo Produtivo Local de Areia Piranema, entre março e julho de 2011. Vale ressaltar que o universo analisado tem em média 9 funcionários por empresa. Em sua maioria, os respondentes foram os próprios empresários ou os gerentes responsáveis pelas atividades minerárias, o que traz relevância para as respostas obtidas no presente estudo de caso. Entretanto, deve-se considerar que resultam de auto-avaliação e não de um diagnóstico técnico. Ainda, não foram consultados outras partes interessadas e por isto, deve ser tomado com a cautela necessária.

Para viabilizar o tratamento dos dados coletados e uma posterior análise dos resultados, foi atribuída uma pontuação a cada possível resposta, segundo a tabela abaixo:

Tabela 1 – Pontos atribuídos ao questionário.

Resposta	Pontos atribuídos
Sim	5
Em grande parte	4
Em parte	3
Não	-1
Não se aplica à empresa	0

Dessa forma, foi possível tratar os dados estatisticamente. Contudo, primeiramente, com o intuito de exemplificar as principais práticas e os maiores desafios para a responsabilidade socioambiental enfrentados pelas empresas mineradoras de agregados da construção civil, a análise do resultado foi dividida pelos sete temas do questionário.

Quanto aos Valores, Transparência e Governança, apesar da maioria das empresas não possuir um documento escrito esclarecendo os compromissos éticos, afirma possuir práticas antipropina e anticorrupção, respectivamente 74% e 87%.

Uma das principais lacunas diz respeito ao Público Interno, ou seja, aos colaboradores das empresas. Especialmente quanto aos benefícios oferecidos aos funcionários, as respostas indicam que são poucos. Apenas 60% das empresas oferecem algum benefício adicional. Um exemplo disso é o fato de que somente 17% das empresas garantem plano de saúde familiar para seus colaboradores. Já nos cuidados com saúde, segurança e condições de trabalho, praticamente todas (96%) as empresas fornecem equipamento de proteção individual (EPI), e a maioria delas também orienta e incentiva o seu uso. Este pode ser um resultado da recente campanha do Ministério do Trabalho e do Ministério das Minas e Energia sobre as questões de segurança na mineração, com orientações e cursos ministrados em 2010.

Em termos de valorização da diversidade e promoção da equidade, outro indicador referente ao público interno, 70% afirma adotar critérios de seleção isentos de discriminações, segundo os próprios respondentes. No entanto, a maioria não possui práticas claras de promoção da diversidade e equidade: não há programas para idosos ou ex-detentos e a participação das mulheres ainda é limitada aos serviços de escritório. Destes, somente 11% são mulheres. Do total de homens, apenas 33% são pardos ou negros e 26% têm mais de 45 anos. Nenhum portador de deficiência foi declarado como funcionário das empresas.

Semelhantemente, a preocupação com a educação dos colaboradores aparece como uma prioridade na relação com este *stakeholder* interno. Uma grande parte (89%) das empresas afirmou valorizar e incentivar o desenvolvimento profissional de seus empregados, sendo que um número menor

(68%) inclusive subsidia cursos para seus empregados. Importante destacar que apenas uma pequena parcela (6%) da força de trabalho das empresas é analfabeta funcional, ou seja, só sabem escrever seu próprio nome.

Ainda quanto ao Público Interno, um dos melhores indicadores com melhor desempenho é a relação com sindicatos. Das empresas respondentes, 91% afirmaram ter portas abertas aos representantes do SINDIMINA (Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Prospecção, Pesquisa e Extração de Minérios no Estado do Rio de Janeiro).

O terceiro tema refere-se ao Meio-Ambiente, com o qual a maior parte das empresas aparenta estar comprometida. Entretanto, sabe-se que esse tema está no foco dos problemas da mineração em Piranema. Por outro lado, pelas suas respostas obtidas, as empresas vão além do exigido, mantendo inclusive relatórios dos impactos das suas atividades sobre o meio ambiente (94%). Desta forma, este item se mostra controvertido. Caso fosse totalmente atendido a demanda ambiental, os impactos deveriam ser mínimos. Se não o são, as demandas são insuficientes ou as respostas não expressam a realidade. Deve-se considerar que (CAMPOS & FERNANDES, 2009) e (MARQUES, 2010), ressaltam importantes impactos sobre os recursos hídricos subterrâneos pelo rebaixamento do nível freático, com incremento da vulnerabilidade de contaminação dos aquíferos, e que isto já foi motivo de interdição dos areais em Piranema em passado recente.

No quarto tema, Fornecedores, é válido destacar que nem todas as empresas exigem nota fiscal dos produtos adquiridos. Esta prática, simples, deverá ser adotada com a implantação dos novos sistemas de nota fiscal eletrônica, já adotados pelos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro, por exemplo.

No quinto tema, Consumidores e Clientes, as respostas sugerem a busca por uma excelência no atendimento, dado que a maioria das empresas possui um canal formal de comunicação e instruções claras para contato, presentes em 79% e 70% respectivamente. Já quanto às dúvidas, reclamações e sugestões, apesar de 79% das empresas afirmarem analisá-las, 85% não possui formulário para documentá-las. Visto que 74% das empresas incorporam as sugestões e reclamações recebidas, podemos assumir que tratam-se de contatos pontuais que dizem respeito a melhorias simples para o negócio.

Quanto a Comunidade, o sexto tema abordado no questionário, as respostas sugerem que a relação entre empresas e as comunidades locais ainda pode ser ampliada e aprofundada, trazendo benefícios para ambos os lados. Considerando-se a importância do Meio-Ambiente para o negócio, é compreensível que os empresários tenham priorizado ações ambientais em

detrimento das sociais. Mas acreditamos que há uma oportunidade de mudança, dado que 72% dos respondentes percebem algum benefício para o negócio como resultado da atividade empresarial na comunidade.

Quanto a Governo e Sociedade, as empresas mostram-se participativas e influentes, pois somente 3% afirmaram não participar dos eventos no SIMARJ – Sindicato das Empresas Mineradoras de Areia do Estado do Rio de Janeiro. No que diz respeito à política, as empresas parecem se afastar, dado que o envolvimento em campanhas políticas limita-se ao estímulo ao voto consciente (72%). No entanto, a cooperação com iniciativas sociais governamentais, como melhoria de espaços públicos como escolas e praças foi quase unanimidade (98%), evidenciando que as empresas estão solidárias às necessidades públicas.

Finalmente, o tema Plano Futuro buscou identificar qual seria o uso das áreas das mineradoras quando ocorrer o esgotamento dos seus bens minerais. Um percentual elevado, de 74% dos entrevistados, declarou ter algum projeto, dentre os quais podemos destacar: pesque e pague, pousadas e chalés, conjuntos habitacionais e áreas de lazer, entre outras.

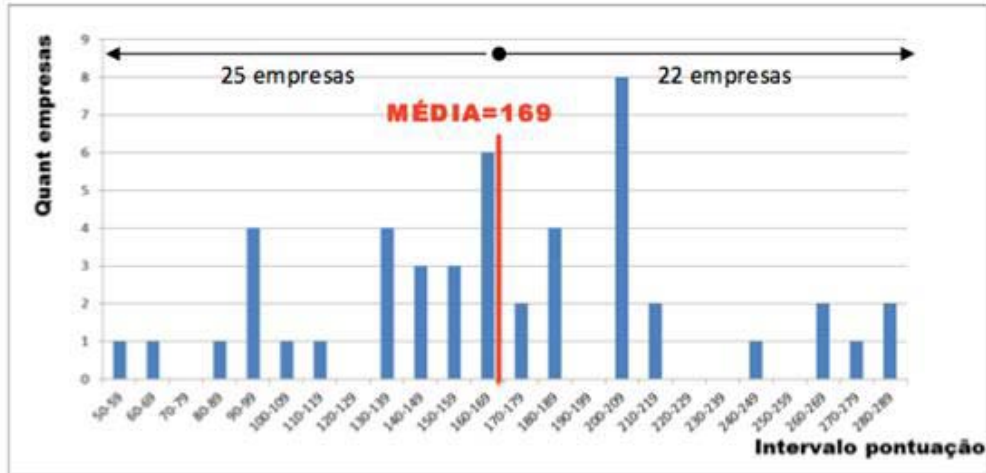
Nessa análise por temas e por segmento de partes interessadas, que neste específico estudo são os empresários ou gerentes das mineradoras, pode-se assumir um viés positivo, apesar de evidenciar alguns aspectos passíveis de melhoras, como os benefícios para o público interno e o relacionamento com as comunidades locais.

De acordo com uma análise estatística global dos dados, o viés é ligeiramente negativo, onde a média obtida pelas empresas respondentes foi de 169 pontos ou 48% do total de pontos possíveis, sendo que 22 das 47 empresas pontuaram acima desta média.

Os dados apontam para a necessidade de adoção de práticas e ferramentas visando uma gestão socioambientalmente responsável por parte das empresas respondentes. Uma evidência relevante a ser considerada é a abertura do SIMARJ - Sindicato dos Mineradores de Areia do estado do Rio de Janeiro e das empresas que compõe o APL de Areia Piranema para a realização da presente pesquisa, o que já indica uma mudança de postura e conscientização quanto à importância de considerar as dimensões social e ambiental, além da econômica, para garantir a sustentabilidade das empresas em questão.

É possível analisar as respostas ao questionário também com base nos casos extremos, ou seja, a melhor e a pior empresa em termos de responsabilidade socioambiental de acordo com as respostas ao questionário. Duas empresas se destacaram no alcance de 280 pontos, ou 80% do total possível.

No Quadro 1 vemos a distribuição dos resultados da pontuação das respostas. Oito empresas ficaram abaixo dos 105 pontos (30% do total) e somente seis empresas ficaram acima dos 245 pontos (70%).



Quadro 1 – Distribuição dos pontos alcançados pelas empresas.

Destas seis “melhores” empresas, uma diferença pertinente em relação à análise geral é na relação com as Comunidades. Todas as seis se preocupam em manter contato com a comunidade local, procurando minimizar seus impactos negativos e realizam pesquisas com a comunidade para prevenir ou levantar possíveis problemas causados pela sua atuação. Além disso, adotam todas as práticas de relacionamento com a comunidade questionadas e estimulam o trabalho voluntário dos seus empregados na comunidade.

Ainda assim, até mesmo para as empresas com melhor pontuação, ainda existem muitos pontos de melhoria em questões de Responsabilidade Socioambiental nas empresas de mineração em Piranema, principalmente no seu relacionamento com duas partes interessadas de extrema importância para sua operação: seu público interno e a comunidade local.

Sugere-se uma nova pesquisa com a mesma base de respondentes em 2012, a fim de monitorar as possíveis mudanças nas práticas de gestão socioambiental. Essas mudanças são esperadas a partir da consolidação do Arranjo Produtivo Local de base mineral em Piranema e da disponibilidade de recursos para: capacitações dos colaboradores das empresas membros do APL; melhoria tecnológica nos equipamentos de pesquisa e extração de areia; avaliações das disponibilidades do bem mineral e outros projetos. Dessa forma, espera-se uma melhora na produtividade da mineração de areia, a qual pode não apenas reverter benefícios para seus empregados, mas também atender às demandas de conservação do meio ambiente e do relacionamento com as comunidades locais.

Finalmente, acredita-se que questionário poderá ser aplicado em outros segmentos do setor de agregados da construção civil, que apresentem semelhantes características empresariais, como uma ferramenta para análise inicial sobre a perspectiva do setor sobre responsabilidade socioambiental.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os colegas Jacinto Frangela e Francisco Junqueira Bidone pelo subsídio de textos abordando o histórico da Responsabilidade Social no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *ABNT NBR ISO 26000* - Diretrizes sobre Responsabilidade Social, 2010.
- ALLI, S. SAUAYA, T. GONÇALVES, B. S. (coordenador). *Como Fortalecer a Responsabilidade Social nas Relações entre Grandes e Pequenas Empresas*. São Paulo: Instituto Ethos, 2004.
- ASHLEY, P. A. *Ética e Responsabilidade Social nos Negócios*. Coordenação. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- CARROLL, A.B. *Business & Society: Ethics and Stakeholders Management*. 3a Ed. Cincinnati: ITP, 1996.
- FRANCO, M. As iniciativas de uma dezena de companhias que ajudam a construir uma economia de menor impacto no clima da Terra. *Época*, nº 644, 18/09/2010.
- FERNANDES, F. R. C. LIMA, M. H. R. TEIXEIRA, N. S. *Grandes Minas e Comunidade: Algumas Questões Conceituais*. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2007.
- FREEMAN, R. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Boston: Pitman, 1984.
- GIFE – Grupo de Institutos, Fundações e Empresas, 2010. *Censo GIFE 2009-2010*, São Paulo: 2010.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. *Responsabilidade Social Empresarial*, Brasília: CNI, 2006.
- Instituto Ethos de Responsabilidade Social e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). *Indicadores Ethos-SEBRAE de Responsabilidade Social Empresarial para Micro e Pequenas Empresas*. São Paulo, junho 2009.
- GOMES, Erica Cristina da Silva. Essa tal sustentabilidade. *REP Educação e Terceiro Setor*, 5/9/2010, disponível em: <http://www.repweb.com.br/novo/materia.php?id=MTE0>
- HSM Online, John Elkington: Os executivos sabem qual compromisso estão assumindo?, 08/11/2010, disponível em: <http://www.hsm.com.br/artigos/john-elkington-os-executivos-sabem-qual-compromisso-estao-assumindo>



MELO, A. M. C. Implicações estratégicas das alianças e redes com vistas à tomada de decisão em uma organização do terceiro setor: foco no caso do Instituto da Criança. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, dezembro 2007.

O GLOBO, Entrevista. Caderno Razão Social, n. 48, 07/05/2007.

VALVERDE, F. M. TSUCHIYA, O. Y. Tendências e desafios da indústria de agregados no Brasil. *Revista Areia & Brita*, n. 42, p.28, abril/maio/junho, 2008.

http1 - <http://www.amcham.com.br/produtos-e-servicos/premio-eco>

http2-[http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/pt/29/o que e rse/o que e rse.aspx](http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/pt/29/o_que_e_rse/o_que_e_rse.aspx)

http3-<http://www.hsm.com.br/artigos/john-elkington-os-executivos-sabem-qual-compromisso-estao-assumindo>

ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS *Plano estratégico de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim: relatório do diagnóstico - final*. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Elaboração, Sondotécnica Engenharia de Solos S. A. SPR. I. Brasília, DF. 2006.

\_\_\_\_\_. *Plano estratégico de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim: relatório gerencial*. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Elaboração, Sondotécnica Engenharia de Solos S. A. SPR. I. Brasília, DF. 2007.

BECKER, O. M.S. & PAGANOTO, F. *Migração e Pobreza na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: uma leitura espacial das desigualdades na década de 1990*. V Encontro Nacional sobre Migrações. NEPO. Campinas, SP. 2007.

CAMPOS, E. E. & FERNANDES, L. E. V. A. *Controle Ambiental Aplicado à Produção de Agregados*. Arquivo digital disponível no endereço: [www.cetec.br/agregados/conteudo/Contribuição%20Edson%20Esteves%20e%20Lúcia%20Fernandes.PDF](http://www.cetec.br/agregados/conteudo/Contribuição%20Edson%20Esteves%20e%20Lúcia%20Fernandes.PDF). Acesso em Janeiro 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. *ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO* – Edição 2006. DNPM/MME. Brasília, DF.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal. Ano base 2007*. FIRJAN. Rio de Janeiro. 2010.

FROES, J.N.S. *O Brasil na rota da seda: uma contribuição para a recuperação, o enriquecimento e a divulgação da memória de Seropédica, Itaguaí, e do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Editora Universidade Rural, 2000.

GOES, M. H. *Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, São Paulo, SP. 1994.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS - ICM. STARKE, L. ed *Good Practice Guidance for Mining and Biodiversity*. Londres, Reino Unido. 141 p. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 1991: Tabelas*. IBGE, Ministério do Planejamento. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censodem/default\\_censo1991.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censodem/default_censo1991.shtm). Acesso em: 10 de agosto de 2010.

- \_\_\_\_\_. *Censo Demográfico 2000: Características da População e dos Domicílios: Resultados do universo*. IBGE, Ministério do Planejamento. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>. Acessado em: 10 de agosto de 2010.
- MACHADO, L. O. Coordenação. *Diagnóstico Sócio-Econômico da Bacia Hidrográfica de Sepetiba – RJ*. GRUPO RETIS. Departamento de Geografia. Instituto de Geociências, UFRJ. Rio de Janeiro. 1996.
- MARQUES, E. D. *Impacto da mineração de areia na bacia sedimentar de Sepetiba, RJ: estudo de suas implicações sobre as águas do Aquífero Piranema*. Tese de Doutorado em Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ.
- RIO DE JANEIRO. DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS-RJ (DRM-RJ). *Projeto Areia – estabelecimento de normas e diretrizes ambientais a serem aplicados numa zona de produção mineral – ZPM – de areia de uso na construção civil no município de Itaguaí, RJ*. Niterói, RJ. 1990.
- ROSSETE, A. N. *Mineração e planejamento ambiental. Estudo de caso: a mineração de areia no município de Itaguaí-RJ*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 1996.
- SILVA, J. P. M. *Auditorias como ferramenta de melhoria ambiental da mineração no Distrito Areeiro de Piranema*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2010.
- TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – TCE. *Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro - Itaguaí*. Secretaria Geral de Planejamento, TCE-RJ. Rio de Janeiro. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro - Seropédica*. Secretaria Geral de Planejamento, TCE-RJ. Rio de Janeiro. 2009.
- \_\_\_\_\_. *Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro*. Secretaria Geral de Planejamento, TCE-RJ. Rio de Janeiro. 2009.

## ANEXO 1

## PROPOSTA DE QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA RESPONSABILIDADE SOCIO-AMBIENTAL DE EMPRESAS DE AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

## 1-Compromissos Éticos

A empresa possui documento escrito que esclarece quais são os comportamentos incentivados por ela no que se refere às relações pessoais e comerciais?

## 2-Práticas Antipropina

Na empresa é expressamente proibida a prática de pagamentos ou recebimentos irregulares que tenham como objetivo facilitar negócios, influenciar decisões em benefício da empresa ou induzir pessoas a conceder permissões indevidas (a empresa, por exemplo, proíbe propinas, comissões ilícitas e favores pessoais, estabelecendo regras claras para o recebimento de presentes, brindes etc.)?

## 3-Práticas Anticorrupção

A empresa, em sua ação, contempla de alguma forma um modo de relacionamento ético e transparente com o governo (proibindo “caixa dois” e sonegação, por exemplo, ou explicitando transparência nos registros em geral e nos balanços)?

## 4-Governança Corporativa

A empresa possui separação clara entre os negócios do proprietário e os da organização (inclusive em questões relacionadas à responsabilidade social e doações)?

## 5-Cuidados com Saúde, Segurança e Condições de Trabalho

A empresa:

aboliu o fumo em locais de trabalho?

incentiva os empregados a praticar atividades físicas?

orienta os empregados quanto aos cuidados com a postura corporal durante as atividades profissionais?

oferece instalações em boas condições de uso?

fornece equipamento de proteção individual (EPI), como óculos, capacete e protetor auditivo?

orienta e incentiva o uso de EPI?

## 6-Benefícios Adicionais

A empresa oferece benefícios adicionais aos empregados e a seus dependentes?

A empresa oferece:

plano de saúde familiar?

cesta básica?

orientação sobre prevenção de doenças (como as causadas pelo sedentarismo, aids e outras)?

orientação sobre as campanhas de vacinação realizadas pela rede pública?

acompanhamento e orientação sobre calendário de vacinação dos seus filhos?

vacinação não oferecida pela rede pública (como a vacinação contra a gripe)?

creche no local de trabalho ou em rede conveniada?

Outros?

## 7-Critérios de Contratação

Na contratação de empregados, a empresa divulga os critérios objetivos que vai utilizar na seleção dos candidatos:

escolaridade?

tempo de experiência?

conhecimentos exigidos?

## 8-Valorização da Diversidade e Promoção da Equidade

Os critérios utilizados na seleção de pessoal são isentos de práticas discriminatórias em relação a gênero, raça, orientação sexual, idade e crenças religiosas ou políticas dos candidatos, bem como a pessoas com deficiência?

A empresa:

oferece oportunidades de trabalho para ex-detentos?

mantém programa especial para contratação de idosos?

disponibiliza vagas para aprendizes?

Quantos empregados tem a empresa?

Quantos empregados são:

Mulheres:

Homens:

Indígenas:

Negros (pretos e pardos):

Colaboradores com mais de 45 anos:

Pessoas com deficiência:

#### 9-Inclusão de Pessoas com Deficiência

A inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho e consumo é crescente. As dependências da empresa contam com recursos para facilitar o deslocamento e a convivência de pessoas com deficiência motora, auditiva ou visual (como rampas, avisos de segurança em braile, sinais luminosos e sonoros em áreas de circulação de veículos ou máquinas etc.)?

#### 10-Relações com Sindicatos

A empresa permite que representantes sindicais compareçam à empresa para discutir questões referentes aos interesses dos empregados?

A empresa disponibiliza aos empregados informações básicas sobre direitos e deveres da categoria, tais como dissídio, contribuições sindicais etc.?

#### 11-Compromisso com o Desenvolvimento Profissional e a Empregabilidade

A empresa valoriza e incentiva o desenvolvimento profissional de seus empregados?

A empresa:

subsidiar cursos para os empregados?

colabora com a realização de estágios?

concede incentivo aos empregados matriculados em cursos de todos os níveis?

Todos os empregados são alfabetizados?

Outros - quais?

Quantos analfabetos na empresa?

#### 12-Gerenciamento dos Impactos sobre o Meio Ambiente e do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços

A empresa conhece, entende e avalia os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente (como emissão de poluentes, erosão do solo, alto consumo de energia, de água e de combustível etc.), mantendo relatórios para medi-los?

### 13-Comprometimento da Empresa com a Melhoria da Qualidade Ambiental

A empresa procura implementar em suas dependências e em suas atividades, ações que visam preservar o meio ambiente? Quais?

### 14-Critérios de Seleção e Avaliação de Fornecedores

Para contratar um fornecedor, além de exigir uma boa proposta comercial (com qualidade, preço e prazo), a empresa avalia se ele mantém práticas de responsabilidade social?

A empresa exige nota fiscal de todos os produtos adquiridos?

### 15-Apoio ao Desenvolvimento de Fornecedores

A empresa busca fornecedores em cooperativas de pequenos produtores, associações de bairro e projetos de geração de renda? (como cooperativas de artesãos, incubadoras de negócios, outras micro ou pequenas empresas etc.)

### 16-Excelência do Atendimento

A empresa possui um canal formal de comunicação com seus consumidores/clientes (como caixa de sugestões ou o número de telefone e e-mail de quem possa atender)?

Os produtos/serviços da empresa trazem sempre instruções claras sobre como entrar em contato com ela (endereço para correspondência, telefone para contato, site ou e-mail)?

### 17-Dúvidas, Sugestões e Reclamações

A empresa analisa as dúvidas, sugestões e reclamações recebidas e as utiliza como instrumento para aperfeiçoar suas atividades?

A empresa tem um formulário para documentar as sugestões/reclamações dos clientes?

A empresa incorpora as sugestões/reclamações recebidas?

### 18-Satisfação dos Consumidores/Clientes

A empresa realiza pesquisa de satisfação entre seus consumidores/clientes para, com base nos resultados, implementar melhorias em seus produtos/serviços?

### 19-Gerenciamento do Impacto da Empresa na Comunidade de Entorno

A empresa se preocupa em estar sempre em contato com a comunidade de entorno, procurando minimizar os impactos negativos que suas atividades possam causar?

A empresa:

realiza pesquisas com a comunidade de entorno para prevenir ou levantar possíveis problemas causados por sua atuação?

convida moradores da região a participar de reuniões em que se abordem assuntos de interesse coletivo?

Devido a sua atuação no entorno, a empresa toma medidas para controlar:

o aumento da circulação de veículos?

o descarte do lixo de forma adequada?

a emissão de poluentes?

o nível de ruído?

Outros meios?

## 20-Relações com a Comunidade de Entorno

A empresa tem práticas de gestão que beneficiam o desenvolvimento local?

Em seu relacionamento com a comunidade, a empresa procura:

comprar/contratar produtos/serviços de empreendedores da comunidade?

contratar empregados que residam nas proximidades?

utilizar serviços de organizações não-governamentais ou cooperativas próximas à empresa?

## 21-Estímulo ao Trabalho Voluntário

A empresa incentiva o trabalho voluntário de seus empregados na comunidade?

## 22-Envolvimento da Empresa com a Ação Social

A empresa “adotou” pelo menos uma entidade de sua comunidade e mobiliza sua rede de contatos em favor dela?

## 23-Benefícios para o Negócio

A empresa acredita que obteve benefícios para o negócio como resultado de sua atividade na comunidade de entorno?

## 24-Participação e Influência Social

A empresa procura participar de organizações que integrem empresários (entidades empresariais, associações comerciais, fóruns regionais etc.)?

A empresa utiliza esse espaço para atualizar-se e discutir com outras empresas suas dificuldades, necessidades e formas de mobilização em busca de melhores condições tanto para os negócios quanto para a comunidade?

#### 25-Envolvimento em Campanhas Políticas

A empresa:

promove debates eleitorais?

estimula o voto consciente?

didato ou partido político?

analisa cuidadosamente a distribuição de material de campanhas políticas (porta-títulos, camisetas, sacolas, calendários, santinhos e brindes em geral)?

Observação do entrevistador:

#### 26-Melhoria dos Espaços Públicos e Apoio a Iniciativas Sociais Governamentais

Sempre que necessário (e possível), a empresa colabora com a melhoria dos espaços públicos da sua região (como escolas, postos de saúde, praças, áreas verdes etc.)?

#### 27- Plano de Futuro

Na sua empresa tem algum plano para quando esgotar o recurso mineral?

Qual é o plano de uso futuro da área?



CAPÍTULO

---

---

16

---

# MATERIAIS SUBSTITUTIVOS (ALTERNATIVOS)

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI

Salvador Luiz Matos de Almeida  
Engenheiro Metalurgista pela UFRJ, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI



## 1. INTRODUÇÃO

O uso de agregados não convencionais ou alternativos se justifica, no caso da exaustão dos agregados convencionais, principalmente os de natureza aluvionar, ou quando a exploração deste está provocando impactos ambientais, ou quando aumenta as distâncias das pedreiras ou portos de areia para o mercado consumidor, contribuindo para aumentar os custos de transporte dos agregados, para as regiões metropolitanas do País.

Neste contexto, já se inicia a reutilização de materiais, que até então se consideravam como resíduos industriais.

A busca no sentido de selecionar projetos, na área da construção civil, cada vez mais econômicos, faz com que a escolha recaia, na medida do possível, no uso de agregados locais disponíveis, embora nem sempre estes atendam a todas as especificações requeridas.

Por outro lado, ao recorrer a tais materiais, não deve, de forma alguma, comprometer a qualidade dos trabalhos que estão sendo conduzidos. Para tal, torna-se necessário que esses agregados alternativos sejam previamente e cuidadosamente caracterizados do ponto de vista geotécnico, petrográfico e mineralógico, para não comprometer as exigências técnicas requeridas pela construção civil (TOURENQ *et al.*, 2000).

Segundo ainda esses mesmos autores, alguns engenheiros tem se mostrado irredutíveis para usar agregados, cujas características podem não estar de acordo com os agregados convencionais ou padrões.

Os agregados alternativos são classificados em:

- natural – areia artificial ou areia de brita;
- subprodutos e resíduos industriais – escória de alto forno e de aciaria, resíduos da construção civil, estéril de mina;
- argila expandida;
- plásticos;
- borrachas.

## 2. RECICLAGEM DE RESÍDUOS INERTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCD)

No ano de 2004, o Brasil produziu por volta de 68,5 milhões de toneladas de resíduos da construção civil-RCD. Dessas, 90% correspondem a fração mineral – concreto, argamassa, tijolos, telhas, cerâmica, rochas naturais, solos dentre outros. A disposição ilegal desses resíduos traz problemas ambientais, principalmente na malha urbana, tais como assoreamento de rios, entupimento de bueiros, esgotamento de áreas de aterro etc. No Brasil existem algumas usinas

de processamento de RCD, no entanto a quantidade reciclada é ainda insignificante frente ao volume produzido. Em alguns países europeus como Holanda, Alemanha e Dinamarca, o índice de reciclagem está entre 50 e 90% (ÂNGULO *et al.*, 2005).

Na reciclagem dos RCD, o concreto e a argamassa constituem as partes mais atrativas pelo valor econômico do produto obtido. O beneficiamento dos RCD usa as técnicas do tratamento de minérios e consistem, principalmente, de catação manual prévia para remover a fração não mineral (plástico, madeira, metais, amianto, gesso etc.), seguido de cominuição na qual predomina um único estágio em britador de impacto ou algumas vezes britador de mandíbulas e impacto; a seguir separação por tamanho através de peneiramento a seco. Nesta classificação poderão ser obtidos agregados graúdos, resultando em dois tipos de brita e agregados miúdos para uso como argamassa.

A norma ABNT 2004 recomenda que a fração mineral seja classificada, de forma visual, em resíduos de concreto e misto, muito embora as usinas de reciclagem de RCD do País não adotam essa forma de classificação.

Segundo Costa *et al.*, (2009), O CETEM, USP e UFAL estudaram a obtenção de agregados com densidade acima de  $2,2 \text{ kg/dm}^3$  usando jigue, em escala piloto, no beneficiamento de amostras de RCD provenientes das cidades de S. Paulo, Macaé e Maceió. Os resultados obtidos mostraram que é possível a obtenção de britas com densidade acima de  $2,2 \text{ kg/dm}^3$ , através de separação densitária com jigue piloto, para os três resíduos estudados. Essa brita tem qualidade semelhante à brita natural para emprego em concretos com resistência de até 50 Mpa.

A brita (agregado graúdo) e areia (agregado miúdo) obtidas no beneficiamento de RCD devem ser caracterizadas de acordo com as normas ABNT. Podem ser usadas em concreto não estrutural, como sub-base de estradas, pavimentação de estradas vicinais, na urbanização de ruas de bairros populares ou como argamassa, no entanto a reciclagem de RCD no País ainda é insignificante, quando comparada com alguns países europeus.

### **3. AREIA ARTIFICIAL OU AREIA DE BRITA**

As restrições ambientais à extração de areia em várzeas e leito de rios estão obrigando os mineradores de areia a migrarem para locais, cada vez mais distantes dos centros consumidores, contribuindo assim para onerar o produto, devido aos custos com transporte, que segundo a ANEPAC pode representar cerca de 75% do custo. As cidades de S. Paulo e Rio de Janeiro já são abastecidas por mineradores de areia a distâncias em média de 100 km de distância, aumentando muito o custo final da areia produzida.

Na produção de brita (1, 2 e 3) obtém-se a brita “0” (9,5 a 4,8 mm) e pó de pedra (<4,8 mm). A brita “0” e o pó de pedra tem aplicações marginais. Estes finos ao serem estocados nas pedreiras provocam impactos ambientais, principalmente com a formação de poeiras. Ao serem beneficiados podem substituir a areia natural, desde que algumas características sejam atendidas: distribuição granulométrica, forma e textura superficial adequadas, resistência mecânica, estabilidades das partículas e ausência de impurezas (ALMEIDA, 2005).

Segundo ainda esse mesmo autor, um outro fator que também deve ser atendido é o formato das partículas, que foi obtido pelo uso do britador de impacto vertical. Sabe-se que os finos de pó de pedra tem formato alongado e lamelar, no entanto para a utilização em concreto é requerido o formato cúbico arredondado, o qual é obtido por meio de britagem nesse tipo de equipamento. No estado de S. Paulo, no ano de 2002, 9% do mercado de areia vem da areia artificial ou areia de brita produzida a partir do pó de pedra.

O beneficiamento consiste na britagem do pó de pedra em britador VSI (vertical shaft impact) em circuito fechado com peneira com abertura de 2,4 mm. O produto da britagem é submetido a uma classificação em aro separador para remoção dos finos < 0,074 mm.

#### **4. ESCÓRIAS SIDERÚRGICAS (LOEMCO, 2003; TOURENQ *et al.*, 2000)**

A escória siderúrgica é considerada o principal subproduto da fabricação do ferro gusa e da aciaria. É resultante do processo de escorificação da carga no alto forno que reúne, na forma líquida, entre 1400 e 1500°C, o ferro gusa, os elementos de ganga, as adições básicas e ácidas, segundo a reação:

Hematita ou magnetita + coque ou carvão vegetal + fundentes  $\Rightarrow$  ferro gusa fundido + escória + pó + gás.

A escória pode ser lentamente resfriada em uma cava ao ar livre, onde o material cristalizado obtido tem a aparência e propriedades de uma rocha magmática. A escória obtida é uma massa de forma mais ou menos fraturada e tem uma estrutura porosa que depende muito das condições de resfriamento. Quanto mais lento for esse resfriamento da escória e na forma de finas camadas, essa será mais cristalizada e compacta. As propriedades físicas e mecânicas dependem, principalmente, da sua porosidade.

A escória após britagem e classificação pode ser usada na indústria de cimento *Portland*, como base e sub-base de estradas, asfalto, lastro de ferrovia, concreto não estrutural, condicionamento de solos, aterro etc. Chamamos a atenção que essas escórias siderúrgicas devem ser previamente caracterizadas, para avaliar a presença de metais pesados ou outros elementos que possam provocar impactos ambientais quando do seu uso.

É inegável que a indústria siderúrgica é um segmento industrial que provoca impactos ambientais, que de certa forma são inerentes aos seus processos de produção. Cada vez mais, as regulamentações ambientais têm incentivado a pesquisa na busca de novas aplicações das escórias produzidas nos alto fornos e aciaria. Neste contexto, a caracterização física, química e de impactos ambientais das escórias se faz necessária, visando uma nova aplicação tecnológica.

No Brasil, no ano de 2003, foram produzidos 10,7 milhões de toneladas de escória de alto forno e de aciaria. Destas, 93% são usadas na indústria de cimento *Portland* e os 7% restantes vão para base e sub-base de estradas, concreto não estrutural, asfalto, agricultura, aterro etc. Nos demais países, o perfil de uso das escórias siderúrgicas é completamente diferente, onde apenas 47% das escórias produzidas são usadas na indústria de cimento *Portland* ([www.ct.ufrgs.br/lasid.html](http://www.ct.ufrgs.br/lasid.html))

## 5. ARGILAS EXPANDIDAS

A argila expandida se obtém pela calcinação, em fornos, a altas temperaturas (1000 a 1250 °C) de argilas previamente moídas e úmidas. São usadas há bastante tempo em concretos leves para vedação e com outras funções não estruturais (FRAZÃO, 2007).

Quando se dá a elevação da temperatura, ocorre a liberação de gases, que varia de acordo com o tipo de argila utilizada. A liberação desses gases provoca o aparecimento de poros milimétricos no interior do material calcinado, com o conseqüente endurecimento da massa. O processo resulta na produção de peças com estruturas porosas, com a superfície semivitrificada e de baixa densidade (FRAZÃO, 2007 & LOEMCO, 2003).

Para que ocorra a expansão, torna-se necessário que as matérias primas usadas atendam às seguintes condições:

- viscosidade favorável, um intervalo de temperatura bastante amplo para que o processo possa ocorrer industrialmente e que a temperatura seja economicamente rentável (em torno dos 1250°C).
- que ocorra a liberação dos gases na mesma faixa de temperatura, visto que tal liberação ocorre a uma temperatura mais baixa, a pressão desenvolvida pelo gás será insuficiente para deslocar uma pasta tão rígida, para a qual a porosidade permanecerá aberta e o gás poderá então escapar.

Há várias teorias atribuídas à expansão das argilas, sendo que a mais aceita, universalmente, considera como causa essencial para a sua expansão, a redução dos óxidos de ferro pela matéria orgânica, sem que possa ser excluída a presença de matéria de outra origem.

É muito difícil definir a composição química de uma argila selecionada para ser expandida. Na Tabela 1 é dado um exemplo de composição química de argila para ser expandida.

Tabela 1 – Limites de composição química para argilas expandidas.

Compostos	Valores mais frequentes (% peso)	Valores extremos (% peso)
SiO <sub>2</sub>	50 - 65	50 - 68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16 - 20	13,7 - 24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 - 9	4,8 - 14
CaO	1 - 4	0,2 - 4
MgO	1,5 - 3,5	-
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	1,5 - 4,5	?
SO <sub>3</sub>	0 - 1,5	-
S	0 - 1,5	-
Perda ao fogo	6,8 com 1 - 3,5% de matéria orgânica	

Fonte: LOEMCO (2003)

### Plástico

Os resíduos da indústria de plástico podem ser usados na fabricação de pré-fabricados leves.

### Borracha

Os pneus depois de usados, ou seja, quando inservíveis, poderão ser triturados para serem usados em concreto e pavimentos. A recuperação consiste na simples trituração dos pneus e moagem dos resíduos a uma granulometria de pó fino. A borracha contida nos resíduos, na forma vulcanizada, não sofre modificação e não é separada dos demais compostos. Os pneus recuperados têm dois usos mais comuns:

- na mistura com asfalto para a pavimentação de vias e pátios de estacionamento. Da trituração, as partículas não maiores que 5 mm e com umidade de no máximo 2%, são misturadas ao asfalto na proporção de 1 a 3% em peso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. L. M. (2005). Areia artificial: uma alternativa para a construção civil. Comunicação técnica ao Congresso anual da ABM, realizado em Belo Horizonte, julho de 2005, CT2005-065-00-CETEM.
- ÂNGULO, S. C.; CHAVES, A. P.; JOHN, V. M.; ALMEIDA, S. L. M.; LIMA, F. M. R. S.; GOMES, P. C.(2005). Análise Comparativa da Tecnologia de Processamento na Reciclagem da Fração Mineral dos Resíduos de Construção e Demolição. Anais do XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Natal-RN, novembro de 2005.
- COSTA, L. S. N.; LIMA, F. M. R. S.; ALMEIDA, S. L. M. ANDRADE, M. C.; ÂNGULO, S. C.; FERREIRA, F. D.; CHAVES, A. P.; JOHN, V. M. (2009). Separação densitária de britas de resíduos de construção e demolição (RCD) por jigues. In: Anais do XXII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, vol. 2, p. 85-89, Gramado, RS. outubro de 2009.
- FRAZÃO, E. B., (2007). Tecnologia para a produção e utilização de agregados. In: Agregados para a construção civil no Brasil, Capítulo 1, p. 25-74. Marcos Bartasson Tannús e João César Cardoso do Carmo (organizadores), Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – MME, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.
- LOEMCO - Laboratorio Oficial para Ensayos de Materiales de Construcción (2003). Áridos Especiales, In: Aridos - Manual de Prospeccion, Explotacion y Aplicaciones, Capítulo 19, p. 405-417, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, 2003.
- TOURENQ, C.; Dupont, P.; Primel, L. (2000). Non conventional aggregates. In: Aggregates, Louis Primel, e Claude Tourenq (editors),p.143-153, 2010. [www.ct.ufrgs.br/lasid.html](http://www.ct.ufrgs.br/lasid.html) (setembro de 2010).



CAPÍTULO

---

---

17

---

# TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Adão Benvindo da Luz  
Engenheiro de Minas pela UFPE, Doutor em  
Engenharia Mineral pela USP  
Prof. Visitante do Departamento de Geologia-UFRJ  
Pesquisador Titular do CETEM/MCTI



## 1. INTRODUÇÃO

Há cerca de quatro décadas, a lavra de areia e rocha para agregados da construção civil, era um segmento da mineração que não se constituía em maiores problemas. No entanto, a partir dessa época, com o crescente processo de urbanização das cidades e regiões metropolitanas, inicia-se uma disputa de espaços com outras atividades. Pela inexistência, na época, de planos diretores municipais, de forma a estabelecer as políticas de uso e ocupação do solo – ordenamento territorial, a mineração de agregados passa a ser vista por parte da sociedade, como uma atividade não desejada.

Na década de 70 do século passado, o poder público começa a se preocupar com os conflitos da mineração de agregados, com as comunidades do entorno. Diante disto, a Região Metropolitana de São Paulo foi escolhida para ser estudada, de forma a se buscar um modelo para apontar soluções que coloquem a mineração num Plano Diretor Metropolitano (BRITA & AREIA, 2005).

Hoje, o setor de agregados tem uma participação média de 18% na produção mineral nacional. No ano de 2008, o País produziu um total de 279 milhões de toneladas de areia e 217 milhões de toneladas de rocha britada, perfazendo um total de agregados de 496 milhões de toneladas (LA SERNA & REZENDE, 2009; SGM, 2011).

Em outubro de 2004, a Portaria do Ministério de Minas e Energia – MME nº 249 cria o Plano Nacional dos Agregados (AREIA & BRITA, 2005), indicando uma comissão para apresentar proposta visando à realização de estudos, em nível nacional, de aproveitamento de agregados para construção civil. De início, membros dessa comissão colocaram como prioridade, a identificação das principais áreas produtoras de areia e brita, propondo, a seguir, o estabelecimento de uma política para mantê-las em atividade produtiva. Outra constatação foi no sentido de reduzir a excessiva burocracia existente, dando maior agilidade na tramitação dos processos e viabilizar a legalização de lavras em situação irregular. O Plano Nacional dos Agregados apresentou, como objetivo, a criação de instrumentos que permitam que esses recursos minerais, no caso os agregados, estejam à disposição da sociedade, em qualidade e quantidade requeridas pela indústria da construção civil, nos locais onde haja demanda, a preços compatíveis.

Decorridos mais de sete anos de criação desse Plano Nacional de Agregados através dessa portaria do MME (nº 249), no final do ano de 2010 as Entidades dos Produtores de Agregados continuam reivindicando que os problemas do Setor são aqueles relacionados com a falta de um Plano de Agregados que coloque a logística e o ordenamento territorial, como uma de suas principais reivindicações para melhorar o Setor (AREI & BRITA, 2019).

A migração acelerada das populações de áreas rurais para as cidades contribuiu, de forma significativa, para geração de um déficit habitacional, deficiência na infraestrutura de estradas, portos, aeroportos, além de outras demandas tais como saneamento básico, as quais estão exigindo soluções abrangentes para atender a demanda crescente de agregados para a construção civil.

## **2. OS DESAFIOS**

Albuquerque e Calaes (2002), ao estudarem o parque produtivo de brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, constataram que o setor convive com vários impasses de ordem locacional e ambiental, face aos impactos negativos provocados pela atividade de exploração e beneficiamento das rochas para produção de brita.

As tendências e desafios do setor de agregados da construção civil foram estudados por Valverde e Tsuchiya (2008), abordando questões estratégicas, mercado, relações com a sociedade e relações governamentais. Neste trabalho foram feitas constatações, algumas destas relatadas a seguir:

- cenário de restrições ambientais;
- demanda reprimida muito significativa;
- a existência de um mercado emergente, no entanto ainda não consolidado;
- inexistência de planejamento governamental, principalmente de ordenamento territorial.

Nas pedreiras implantadas mais recentemente, um dos conceitos do projeto foi minimizar os impactos da produção frente às comunidades do entorno, de forma a proteger o empreendimento frente às ocupações desordenadas que frequentemente se observa em pedreiras já existentes. Neste sentido, os proprietários das pedreiras adquirem as terras do entorno, para evitar conflitos com as comunidades que se instalam nas proximidades da pedreira.

Segundo Kiyotani (2010), um dos grandes desafios para o Setor de Agregados é implementar um programa que privilegie a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, com a padronização de segurança para as máquinas e equipamentos móveis na mineração de agregados. As plantas industriais e máquinas devem ser projetadas pelos fabricantes de forma globalizada contemplando com características já testadas e com padrões de segurança.

### 3. NOVAS TECNOLOGIAS

**Automação** - Uma das vantagens competitivas das plantas de beneficiamento na obtenção dos seus produtos consiste em dispor de condições de automação para prover ao cliente produtos compostos de acordo com as demandas do mercado. Nos países mais avançados, a automação já vem sendo aplicada há mais de duas décadas. No Brasil, a automação nas unidades de britagem para produção de agregado, ainda é muito principiante. Ainda nos encontramos na transição dos tradicionais relés para os sistemas de controle por PLC (*Programmable Logic Controller* ou *CLP-Controlador lógico programável*). Isto pode ser atribuído ao elevado custo da automação, aliado ao fato da disponibilidade de mão de obra mais barata, no País, bem como baixo nível de exigência de produtividade.

Algumas instalações de britagem no País, pertencentes a grandes empresas, já permitem a produção desde as tradicionais britas 3, 2, 1, zero (pedrisco), pó de pedra, bica corrida, rachão e gabião, bem como produtos de britas compostas de forma automatizada, segundo as especificações requeridas pelo mercado (HOLCIM, 2004).

**Meio Ambiente** - As exigências ambientais são cada vez maiores, principalmente quanto a emissão de particulados (CALAES, 2006). Para contornar essas exigências, há pedreiras e não são muitas, que estão introduzindo filtros de manga para abatimento de particulados, o que significa um avanço extraordinário para o setor. Foi constatado que o abatimento de particulados (pó), além das vantagens ambientais, diminui as sujeiras na planta e contribui para reduzir os seus custos de manutenção.

**Cominuição** - Nesta última década, a indústria de produção de agregados passou a usar novas tecnologias em britagem, mediante o uso de rebitadores de cones hidráulicos de nova geração (Cones HNG) e os Britadores VSI (*vertical shaft impact*). A sua utilização resultou em aumentos na produtividade. O VSI permite a produção de areia de brita ou areia artificial, a partir do pó de pedra gerado nas instalações de britagem de rochas, como agregado alternativo às areias naturais. Os britadores VSI autógenos introduzidos na década de 90 se expandiram ocupando nichos de aplicação onde os rebitadores cones não eram eficientes. Os britadores VSI passarem também a ser usados como britadores quaternários para produção de brita 2 e 1, substituindo os rebitadores (OHASH, 2004).

**Concreto em Pavimento** - O uso do concreto em pavimento foi bastante usado no passado, no entanto mais recentemente, aqui no Brasil, decidiu-se voltar a usá-lo, mas para tal foi necessário a utilização de equipamentos de ponta, com tecnologia alemã e americana.

A cada lote de obra de concreto em pavimento realizada (Rodoanel Metropolitano de São Paulo, duplicação da BR 232 Recife-Caruru-PE, Marginal da Castelo Branco-SP), discute-se a tecnologia de aplicação não apenas dos equipamentos usados no acabamento do pavimento, como também no traço do

concreto. Na usina de preparação do concreto, dispõe-se de laboratório fazendo o controle tecnológico dos agregados (granulometria, umidade etc.), bem como ensaios de abatimento de tronco de cone, compressão axial, flexão, teor de ar incorporado etc. Para pavimento, a maior exigência é a tração por flexão que é exigido um valor de 4,5 Mpa (Rodoanel, 2002). O pavimento em concreto é submetido a avaliação do índice de conforto, o qual determina a regularidade da pista.

Neste contexto, caso o uso do concreto em pavimento se configure como uma tendência, haverá um aumento no consumo de agregado, tendo em vista a previsão no País de execução de obras rodoviárias de grande porte.

**Tecnologia da Informação – TI** - As empresas de agregados da construção civil, como qualquer outra atividade empresarial, precisam dispor de Tecnologia da Informação-TI, para tomar decisões gerenciais e exercer um maior controle das suas atividades e dos seus resultados. Nas empresas de menor porte, o setor de TI é normalmente muito precário e forte nas grandes corporações. A tendência é recorrer aos prestadores de serviço, para buscar esse suporte tecnológico (VALVERDE & TSUCHYA, 2008).

#### **4. TENDÊNCIAS (LA SERNA & REZENDE, 2009)**

Nas regiões metropolitanas onde o consumo de agregados ocorre em larga escala, tem levado o lado da oferta a se organizar de forma tal que resulte em ganho de escala. Com isto observa-se uma tendência à formação de conglomerados verticalizados, os quais atuam desde a lavra e beneficiamento das rochas e areias, fabricação do cimento, até a preparação e entrega do concreto pré-misturado na obra, resultando numa agregação de valor quando da venda do produto e serviço ao mesmo tempo. Para as regiões metropolitanas, maiores escalas de produção tem resultado em uma maior concentração da produção num menor número de empresas. Devido a um ritmo de obras públicas mais intensas, prevê-se uma tendência no aumento dos preços dos agregados, nas cidades sede da copa mundial de futebol, em 2014.

Nas cidades de menor população, o setor privado da construção civil não chega a ser significativo e por isto o preço dos agregados recebe uma influência muito grande das obras públicas e, em particular, dos programas de melhoria na infraestrutura implementados pelos governos que se sucedem a cada 4 anos. Com isto a tendência dos preços dos agregados pode mudar de altista para estabilidade, em períodos de meses (LA SERNA & REZENDE, 2009). É oportuno esclarecer, que diferente de outros produtos minerais, os preços dos agregados para a construção civil apresentam a particularidade de serem determinados localmente, visto que devido ao baixo valor unitário dos produtos, não ocorre comércio de agregado, entre grandes distâncias (> 150 km).

O elevado custo da automação nas unidades de britagem, para produção de agregado, aliado ao fato da disponibilidade de mão de obra mais barata, no País, bem como baixo nível de exigência de produtividade, tem inibido o uso dos sistemas de automação. No entanto, observa-se que este quadro está mudando muito rapidamente, pela busca da eficiência operacional considerada um dos fatores chave da competitividade, num mercado que se mostra cada vez mais competitivo. O setor da construção é o mais afetado, pois a cada obra torna-se necessário mobilizar equipe de operação e manutenção, o que compromete a produtividade a ser alcançado em curto prazo. Outro problema também recorrente é a variação das características tecnológica dos agregados e a capacidade de produção, no decorrer da obra, o que torna muito difícil superar, quando se opera uma unidade convencional de produção de agregado (AREIA & BRITA, 2010).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G. C. A. e CALAES, G. D (2002). Estudo do parque produtivo de brita da região metropolitana do Rio de Janeiro: alguns índices preliminares de sustentabilidade. In Indicadores de sustentabilidade para la industria extractivas mineral, Roberto C. Villas Boas e Christian Beinhoff (Editores), p. 283 – 293, CYTED/IMAAC/UNIDO/2002.
- AREIA & BRITA (2002). Rodoanel viário aposta no pavimento de concreto (Reportagem). Revista Areia e Brita, abril/maio/junho, nº 18, p. 6 – 12, 2002.
- AREIA & BRITA (2005). Plano Nacional dos Agregados (Reportagem). Revista Areia e Brita, abril/maio/junho, nº 30, p. 6 – 9, 2005.
- AREIA & BRITA (2010). Automação em instalações de britagem para produção de agregados, Revista Areia e Brita março/abril, nº 50, p. 24 – 26, 2010.
- AREIA & BRITA (2010). Palavras de Ordem: profissionalização e fortalecimento, Revista Areia & Brita, novembro/dezembro, nº 52, p. 44-46, 2010.
- CALAES, G. D. (2006). O caso do parque produtor de brita da RMJM. In: Planejamento estratégico, competitividade e sustentabilidade na indústria mineral – dois casos de não metálicos no Rio de Janeiro, Roberto C. Boas e Arsênio Gonzalez Martinez (editores), p. 175-199, CYTED/CETEM, 2006.
- HOLCIM inicia produção de agregados em Magé-RJ (Reportagem). Revista Areia e Brita, julho/agosto/setembro, nº 27, p. 12 – 16, 2004.
- KIYOTANI, M. A. (2010). Indústria de agregados sob foco global, Revista Areia & Brita, novembro/dezembro, nº 52, p. 32 – 38, 2010.
- LA SERNA, H. A.; Rezende M. M.(2009). Agregados para a Construção Civil, Economia Mineral/DNPM, <http://www.dnpm.gov.br/>, (outubro/2010).
- OHASHI, T.(2004). Aplicação das novas tecnologias na produção de agregados, Revista Areia e Brita, julho/agosto/setembro, nº 27, p. 35 -39, 2004.
- SGM (2011). Plano Nacional de Mineração 2030, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, p. 45, SGM/MME.
- VALVERDE, F. M.; Tsuchiya (2008). Tendências e Desafios da Indústria de Agregados no Brasil. Revista Areia e Brita, abril/maio/junho, nº 42, p. 28 – 34, 2008.





CAPÍTULO

---

---

18

---

# METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Gilberto Dias Calaes

Economista; Pós-graduado em Economia Mineral

Doutor em Geologia Regional e Econômica

Diretor da ConDet Ltda

Bernardo Piquet Carneiro Netto

Engenheiro de Minas; Pós-graduado em

Engenharia Econômica; Especialista em Agregados

para a Construção Civil



## 1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta o roteiro de avaliação econômica de empreendimentos de agregados para construção civil e evidencia a importância de sua aplicação no processo de planejamento e estruturação de sistemas de produção competitivos e sustentáveis. Aborda, inicialmente, as relações entre planejamento, desenvolvimento e competitividade. Focaliza, a seguir, os fundamentos do processo de avaliação econômica, situando-o no contexto do planejamento e gestão de negócios. Em sequência, aborda o modelo de avaliação, assim como os critérios de simulação e análise econômico-financeira e de estimativa de parâmetros correspondentes de projetos, empreendimentos e negócios de agregados para construção civil. Ao final, aborda a metodologia de análise dos fatores que condicionam o desenvolvimento sustentável e a competitividade.

O conteúdo do capítulo tem por principais fontes de referência, o *Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ* (2002), a tese de doutorado - *O Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Mineral Sustentável e Competitivo – Dois Casos de Não Metálicos no Rio de Janeiro* (2005), bem como o texto *Gestão do Negócio* (2007).

## 2. PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E COMPETITIVIDADE

No contexto de globalização, novas trajetórias tecnológicas, ciclos de inovação cada vez mais acelerados, competitividade intensificada e crescentes desafios ambientais - os conceitos e técnicas de planejamento e gestão de negócios vêm sendo cada vez mais empregados na formulação e implementação de políticas públicas e de programas, projetos e negócios empresariais, promovendo o *fortalecimento de posição competitiva*, de empresas, setores e regiões produtoras, assim como o *desenvolvimento regional sustentável*.

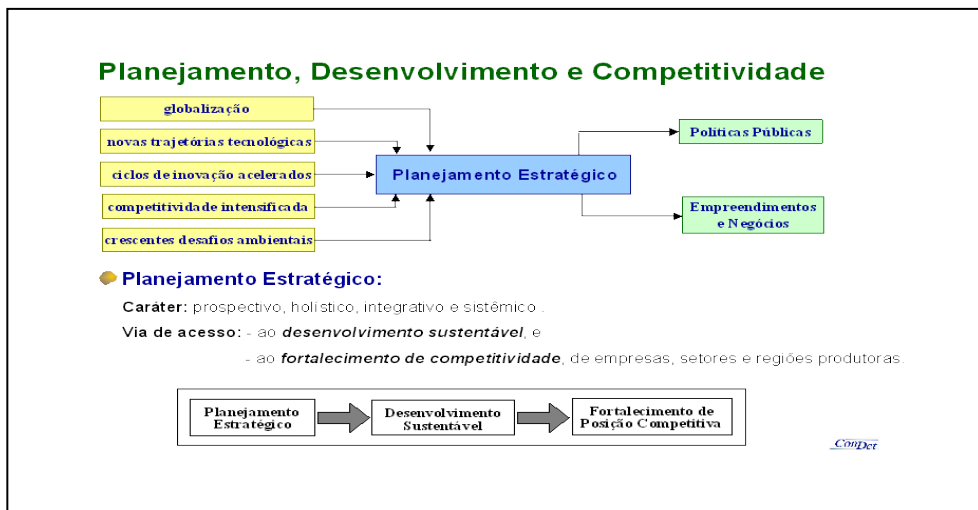


Figura 1 – Planejamento, desenvolvimento e competitividade.

Os processos de planejamento e de tomada de decisão devem ser apoiados em análises sistematizadas de fatores *estruturais* (técnico-operacionais, gerenciais e econômicos) e *sistêmicos* (legais, institucionais, ambientais, infra-estruturais, fiscais e financeiros) que evidenciem as ações requeridas para assegurar a *competitividade* e a *sustentabilidade*, seja de sistemas produtivos regionais/setoriais, seja de empreendimentos isolados.

Para assegurar a boa fundamentação do planejamento e gestão de programas, projetos e empreendimentos mínero-industriais é necessário que o setor mineral seja entendido como processo de suprimento, através do qual recursos geológicos são convertidos em produtos comercializáveis em mercado, cabendo ressaltar que o papel do setor mineral compreende descobrir, delinear e desenvolver depósitos minerais econômicos; a seguir, lavrando-os, processando e comercializando seus produtos. Dado que jazida ou depósito mineral econômico é o ponto de partida do processo de suprimento mineral, evidencia-se que o conhecimento de recursos e reservas é a base da *competitividade* e da *sustentabilidade*, constituindo fator essencial para o planejamento e gestão de empreendimentos mínero-industriais, inclusive os de agregados para a construção civil.

Portanto, em qualquer segmento da complexa estrutura da indústria mineral, inclusive na área de agregados para construção civil, não há como implementar esforços de planejamento sem que se tenha em vista o denominado processo de suprimento mineral, o qual se inicia com a descoberta de *recursos*, a seguir procedendo à sua avaliação técnico-econômica, objetivando a determinação de *reservas*, ou seja de depósitos técnica e economicamente aproveitáveis.

Deflagra-se, então, o fluxo de atividades mineiras, compreendendo o desenvolvimento (preparação da jazida para a lavra), a lavra (extração e transporte interno), o beneficiamento (cominuição, classificação, concentração e aglomeração) e o transporte. Em última instância, o processo de suprimento mineral converte recursos & reservas em bens de mercado, destinados à geração de bem estar social.



Figura 2 – O processo de suprimento mineral.

Concluindo, a visão consagrada do processo de suprimento mineral deve sempre presidir as iniciativas de planejamento comprometidas com a *competitividade* e com a *sustentabilidade*.

### 3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA NO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE NEGÓCIOS

Conforme assinalado, assim como em outros setores de atividade econômica, também no de agregados para a construção civil a boa compreensão e aplicação de conceitos, métodos e processos de planejamento e gestão são essenciais para assegurar o êxito de correspondentes projetos, empreendimentos e negócios.

No contexto do planejamento e gestão de negócios, sobressaem os aspectos de caráter econômico e nestes os indicadores de decisão e de gestão, cuja determinação requer o suporte de metodologias apropriadas, com níveis de detalhamento e complexidade estabelecidos em função do porte e diversificação do empreendimento.

Todo e qualquer projeto, empreendimento e negócio de agregados deve dispor de um Plano de Negócio em que sejam estabelecidos, qualificados e quantificados os objetivos, os meios para atingi-los, os resultados a serem alcançados, bem como a forma de avaliá-los mediante a verificação de correspondentes benefícios e custos.

A avaliação econômica é prática rotineira que deve preceder a tomada de decisões que envolvam riscos e incertezas. Dentre decisões que podem ser fundamentadas em resultados de simulações econômicas de respectivos projetos e empreendimentos – cabe assinalar os seguintes casos mais usuais, relativos ao setor de agregados para construção:

- iniciar, prosseguir ou descontinuar um programa de pesquisa mineral;
- adquirir um direito mineral de areia ou de rocha dura para produção de agregados;
- desenvolver (implantar) um empreendimento de produção de agregados (areia e/ou brita);
- adquirir um empreendimento produtor de agregados, em operação;
- aprimorar um empreendimento produtor de agregados, visando aumento de sua capacidade produtiva e/ou de sua produtividade e competitividade;

Na indústria de agregados, as técnicas de avaliação econômica podem ser aplicadas não apenas na tomada de decisões relativas a projetos de implantação, expansão ou de modernização, como também na gestão e acompanhamento de um empreendimento ou de um conjunto de empreendimentos em operação, independentemente da existência de um novo projeto.

### **3.1. Tomada de Decisão**

No que se refere a processos de tomada de decisão, cabe assinalar que no setor de agregados, assim como em outros segmentos da atividade mineral, as empresas atuam em ambientes econômicos de competição, com a presença de oportunidades, riscos e incertezas. Dado que as empresas atuam com recursos limitados, torna-se imprescindível selecionar a(s) melhor(es) oportunidade(s) de investimento dentre as alternativas disponíveis. Neste contexto, a avaliação econômica de uma dada oportunidade de investimento busca atender a duas questões:

- a oportunidade de investimento satisfaz os objetivos da empresa?
- a oportunidade de investimento é melhor ou pior do que outras alternativas identificadas?

Para assegurar a boa aplicação dos conceitos, técnicas e procedimentos de planejamento e gestão empresarial, as empresas devem estabelecer seus objetivos (lucro, rentabilidade, sobrevivência e crescimento) de forma claramente definida. Verifica-se, entretanto, a frequente inexistência de objetivos definidos ou então o estabelecimento tão somente de expectativas de lucro mínimo ou de rentabilidade mínima, como condição para aceitação de uma oportunidade de investimento ou para manutenção de um empreendimento em operação. Por sua

vez, as empresas atentas aos objetivos de sobrevivência e crescimento buscam estabelecer critérios de seleção e decisão, com base numa visão de longo prazo, que incorpore outros fatores, tais como:

- conquista de novos mercados;
- expansão dos volumes de produção;
- crescimento de valor dos ativos;
- diversificação;
- reposição de reservas / ampliação de vida útil;
- integração horizontal e/ou vertical.

Por outro lado, quando se trata de tomada de decisão quanto à seleção dentre diferentes alternativas de investimento, torna-se necessário hierarquizá-las quanto às respectivas contribuições para o alcance dos objetivos da empresa, levando-se em consideração a correspondente limitação de recursos.

### **3.2. O Processo de Avaliação**

O processo de avaliação de projetos, empreendimentos e negócios de mineração é condicionado por características peculiares à atividade mineral. Por exemplo, o alto risco nas fases de prospecção e pesquisa impõe a realização de sucessivas avaliações com o objetivo de subsidiar decisões quanto a prosseguir ou paralisar um determinado projeto ou empreendimento. Por outro lado, devido à ampla variação dos parâmetros de um empreendimento mineiro, torna-se frequentemente recomendável realizar a avaliação de diferentes cenários, onde hipóteses de variação dos principais fatores são associadas às respectivas probabilidades de ocorrência.

O processo de avaliação de projetos, empreendimentos e negócios de mineração afigura-se ainda peculiar devido às características de rigidez locacional e de especificidade tecnológica – que oneram investimentos em infraestruturas e desenvolvimento/adaptação de tecnologia - e de exaustão de reservas - que condicionam a vida útil do empreendimento e a escala de produção. Os parâmetros que integram o processo de avaliação econômica de projetos, empreendimentos e negócios de agregados para construção podem ser assim classificados:

- parâmetros relativos ao depósito mineral e à técnica de seu aproveitamento: reservas, relação estéril/material útil, recuperação na lavra, recuperação no beneficiamento etc.;
- parâmetros relativos ao mercado: evolução, distribuição e comportamento da oferta e da demanda, preços (mecanismos de formação, evolução, comportamentos e tendências de curto, médio e longo prazos), práticas comerciais, perspectivas de concorrência (novos ofertantes, novos produtos e novos processos), etc.;

- parâmetros de natureza institucional:
  - impostos (ICMS, II, IPI e IR);
  - ônus oficiais não tributários (PIS, COFINS, CFEM e CS);
  - encargos de capital (depreciação, amortização e exaustão);
  - disposições relativas ao registro de capital estrangeiro, remessa de lucros e repatriação de capitais;
  - disposições relacionadas à compra, transferência e incorporação de tecnologias;
  - disposições relativas à alienação, incorporação e reavaliação de direitos minerais;
  - disposições relativas ao trabalho, saúde e segurança ocupacional;
  - disposições relativas à localização, ordenamento territorial e proteção e reabilitação ambiental da área minerada.

A estimativa dos parâmetros relativos ao depósito mineral exige a realização de trabalhos de pesquisa mineral em estreita sintonia com ensaios tecnológicos de processamento e com estudos de engenharia de minas.

Os parâmetros relativos ao mercado estão sujeitos a variações de diferenciados fatores, sobressaindo, no setor de agregados, o comportamento das estruturas locais de oferta e demanda, o nível de organização da indústria e a capacitação gerencial e tecnológica dos produtores.

Os parâmetros de natureza institucional são também de grande sensibilidade, devendo ser definidos e avaliados com absoluto rigor. Na indústria de agregados, destacam-se os aspectos regulatórios associados à legislação mineral e tributária, ao uso e ocupação do solo e ao meio ambiente.

#### **4. O MODELO DE AVALIAÇÃO**

Ao se proceder à avaliação econômica de um empreendimento de agregados, as seguintes diretrizes devem fundamentar o modelo de decisão:

- aproveitamento integral do depósito mineral;
- características de produtos compatibilizadas com especificações do mercado consumidor;
- máxima valorização da unidade de material útil contido no depósito mineral;
- integração do empreendimento à estrutura social e econômica da região;
- máxima contribuição para o desenvolvimento urbano e regional;



- rentabilidade adequada à atração de capitais;
- conciliação do empreendimento com o uso e ocupação do solo e com o meio ambiente.

Dentre outras, as seguintes restrições poderão condicionar as alternativas consideradas em relação a um dado empreendimento mineiro:

- dimensões do mercado;
- dimensão das reservas/vida útil;
- relação estéril/material útil;
- comportamento granulométrico do agregado;
- fatores tecnológicos: características do produto X especificações de mercado;
- fatores locacionais e ambientais.

Uma vez estabelecido o modelo de decisão do projeto, empreendimento ou negócio, esse deve ser empregado para testar diferentes alternativas que venham a ser consideradas, com base nas indicações de mercados e nas compatibilizações de características do agregado com as especificações de demanda. As alternativas passíveis de avaliação compreenderão variações isoladas ou combinadas de diferentes fatores, tais como:

- produtos;
- escalas de produção;
- segmentos de mercado;
- recuperações;
- processos;
- integrações;
- relação estéril/material útil.

A alternativa que vier a ser escolhida (Caso-Base) deverá ser claramente identificada, com a definição de suas características operacionais:

- especificações dos produtos;
- escala de produção;
- regime de operação;
- mercados a serem praticados.

#### 4.1. A Estrutura do Modelo

Conforme já assinalado, a avaliação econômica constitui instrumento essencial do processo de planejamento e gestão. Em tomadas de decisão sintonizadas com a competitividade e com a sustentabilidade, avaliações técnico-econômicas devem ser fundamentadas em uma sólida base de conhecimento, notadamente no que se refere ao depósito mineral (recursos e reservas, relação estéril/material útil, caracterização tecnológica etc.); mercado (evolução, composição e comportamento da oferta e demanda, preços etc.) e aspectos institucionais (legislação mineral e tributária, uso e ocupação do solo, meio ambiente etc.).

Obviamente, quanto mais consistente a referida base de conhecimento, mais segura será a concepção e caracterização das diferentes alternativas relacionadas a uma determinada decisão de investimento em projeto, empreendimento ou negócio de agregados para construção.

É importante ressaltar que decisões sintonizadas com a *competitividade* e com a *sustentabilidade* devem ser fundamentadas na seleção, dentre várias alternativas em consideração, daquela que assegure a otimização de objetivos estratégicos pré-estabelecidos no processo de planejamento.

Cabe também lembrar que na condução de tal processo interativo de otimização, a cada alternativa em consideração, corresponde uma dada solução de processo, sujeita a correspondentes estimativas de investimentos e de custos operacionais, que, por sua vez, fundamentam uma respectiva simulação econômica.

Da análise dos indicadores de decisão determinados através de referidas simulações, torna-se possível verificar quais das alternativas em consideração atendem aos objetivos estratégicos e, portanto, devam ser selecionadas e, ao contrário, quais devem ser rejeitadas, por não atendê-los. Portanto, assim como em outros segmentos da atividade mineral, também na indústria de agregados, a tomada de decisão de investimentos deve ser conduzida com base na determinação da alternativa que melhor atenda os objetivos do empreendedor.

Mais do que isto, o modelo assinalado permite estabelecer a alternativa que a um só tempo melhor atenda (otimize) os objetivos simultâneos do empreendedor (que aproveita o recurso mineral) e da sociedade (que detém o recurso). Portanto, em contexto de responsabilidade social - desde que os objetivos de planejamento empresarial e de política pública sejam simultaneamente considerados - torna-se possível selecionar a alternativa que, a um só tempo, otimize os objetivos públicos e privados.

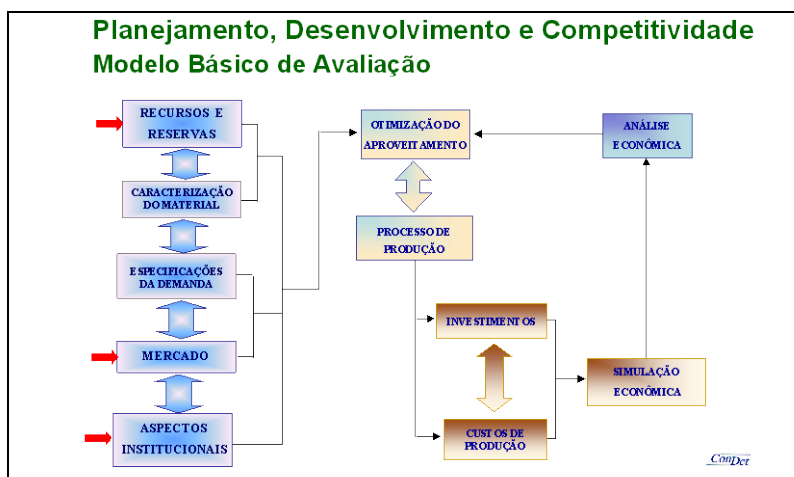


Figura 3 – Estrutura do modelo de avaliação.

Diante ao exposto, verifica-se que, além de considerar os gastos associados ao encerramento do empreendimento e ao conseqüente fechamento da mina e reabilitação da área minerada, o modelo de avaliação (Figura 3) deve incorporar os benefícios e custos associados à promoção do desenvolvimento sustentável e, especificamente, à adoção de tecnologias limpas.

#### 4.2. Integração das Etapas do Empreendimento

Da mesma forma que em outros segmentos da atividade mineral, também no setor de agregados para a construção civil, a avaliação econômica de projetos e empreendimentos mínero-industriais deve ser efetuada com base na estimativa de custos, riscos e retornos, associados às etapas de exploração (pesquisa mineral), desenvolvimento (preparação da jazida para a lavra) e operação (produção mineira). Tais estimativas são utilizadas para aferir a atratividade do projeto ou empreendimento, a partir de sua simulação em modelo de fluxo de caixa (Figura 4), de tal forma a determinar o seu valor econômico esperado, sob dois diferentes enfoques:

**antes de impostos** - determina indicadores de decisão sob o ponto de vista da sociedade (ótica pública).

**após impostos** - determina indicadores de decisão, sob o ponto de vista do empreendedor (ótica privada).

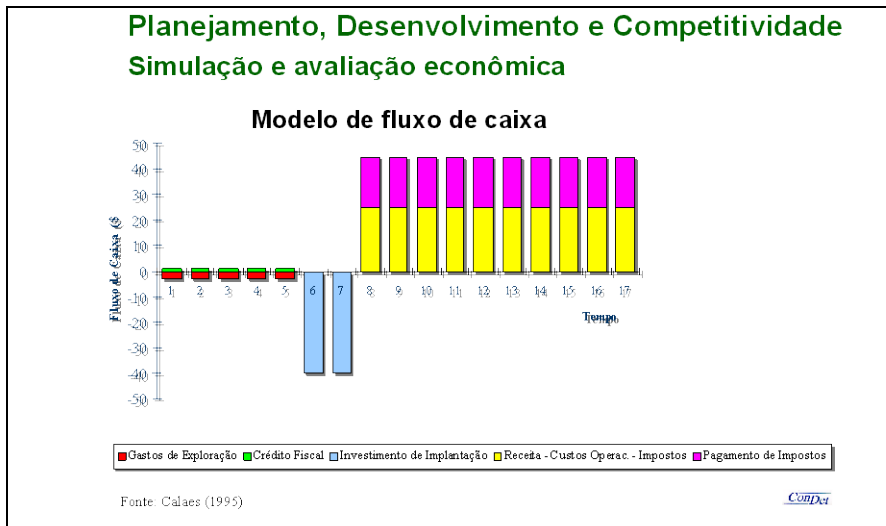


Figura 4 – Modelo de fluxo de caixa.

Cumprе ressaltar a existência de três principais tipos de riscos associados aos valores potenciais de fluxo de caixa de um projeto, empreendimento ou negócio minero-industrial:

- risco relacionado à descoberta de um depósito mineral econômico (jazida);
- incerteza quanto ao retorno do capital e rentabilidade do investimento, em decorrência da suscetibilidade de variação dos parâmetros geológicos e mineiros da jazida;
- incertezas quanto aos parâmetros de mercado.

Individualmente, ou conjuntamente, estes riscos apresentam sérios desafios para o cumprimento das metas de longo prazo (rentabilidade, sobrevivência e crescimento) de empresas engajadas no processo de suprimento mineral. Assinale-se ainda que, no contexto do planejamento e gestão de projetos, empreendimentos e negócios de agregados para construção civil, o modelo de avaliação econômica deve compreender:

- o desenvolvimento/adaptação do modelo de análise;
- a coleta e preparação de dados e informações necessárias à análise de cada alternativa de investimento em consideração;
- o processamento e a análise dos dados e informações, relativos a cada alternativa;
- a tomada de decisão de investimento;

- o acompanhamento sistemático do projeto, empreendimento ou negócio - seja na fase de exploração, de desenvolvimento, ou de operação - buscando verificar se os parâmetros de custo, risco e retorno se comportam conforme inicialmente previsto e se novas decisões terão de ser tomadas, relativamente a ajustes, otimizações ou até mesmo desativações.

### 4.3. Análise de Mercado

Na avaliação dos fatores de restrição do modelo de avaliação - deve-se atribuir especial atenção aos aspectos de mercado. O roteiro para elaboração da análise de mercado de um projeto, empreendimento ou negócio de agregados para construção civil varia em amplitude e profundidade, de acordo com os aspectos a seguir relacionados:

- natureza do(s) produto(s) que será (ão) ofertado(s);
- porte, localização e verticalização do empreendimento;
- grau de dispersão regional da demanda;
- grau de pulverização da demanda, segundo contingente de consumidores;
- segmentos de utilização do(s) produto(s) a ser(em) ofertado(s);
- perspectivas de oscilação da demanda em função de sazonalidade, ciclos econômicos, mutações conjunturais, substituições etc..

De acordo com tais peculiaridades, a realização da análise de mercado poderá se restringir ao âmbito local, ou pelo contrário, se estender ao plano regional. Poderá igualmente exigir aprofundamentos ou indicar simplificações, objetivando:

- fornecer ao empreendedor uma visão consistente e atual das dimensões presentes e futuras do mercado, de tal forma a subsidiar as suas decisões estratégicas;
- avaliar o comportamento e a estrutura do mercado de tal forma a identificar perspectivas de mutação, sob efeito das tendências de variações dos fatores que o condicionam.

Para a realização de tais objetivos deve-se abordar, pelo lado da oferta, a evolução, o comportamento e a estrutura de produção. Pelo lado da demanda, além da análise de evolução e comportamento, é de grande significado analisar a sua distribuição regional e setorial. As projeções do mercado, dentro de um horizonte convenientemente determinado, devem ser levadas a efeito de acordo com as seguintes orientações:

- projeção da oferta: pela verificação dos planos de expansão e diversificação dos ofertantes já existentes no mercado, bem como pela observação dos programas de implantação de novas unidades produtoras;
- projeção da demanda: pela utilização dos métodos quantitativos de projeção de tendências históricas e de correlação com parâmetros macroeconômicos. A utilização de coeficientes técnicos (ex: volume de agregados por m<sup>2</sup> de área edificada ou por km de vias pavimentadas etc.), assim como estudos prospectivos com o emprego de técnicas de cenários, constituem instrumentos ainda mais apropriados para a projeção da demanda.

Não se restringindo à mera quantificação de oferta e demanda futura, tais projeções devem também apreciar os fatores qualitativos (políticos, econômicos e tecnológicos) que condicionam a produção e o consumo de agregados, de tal forma a se delinear os cenários alternativos de evolução do mercado.

#### **4.4. Condicionantes Locacionais e Ambientais**

Na análise dos condicionantes locacionais e ambientais atuais e previsíveis, é necessário avaliar o uso predominante do solo na região de entorno do projeto, empreendimento ou negócio, bem como a evolução com que o mesmo deverá se deparar.

Entre os condicionamentos locacionais dever-se-á analisar as disponibilidades existentes na região e as necessidades do empreendimento no que se refere a vias de acesso e de escoamento, energia, água, comunicação e saneamento, apreciando-se também previsões de expansão na infraestrutura e as perspectivas de atendimento às requisições do projeto.

Entre os impactos ambientais da atividade produtiva, deve-se atentar para a caracterização dos principais efeitos poluidores e dos danos previsíveis aos recursos naturais. Como parte integrante da presente avaliação dever-se-á identificar as estratégias necessárias a prevenir os impactos ambientais, abrangendo desde a definição do método e do plano de lavra, a seleção de equipamentos, a adoção de técnicas de umidificação e de supressão de ruídos, até a recomposição da paisagem, a instalação de bacias de decantação de rejeitos e a conservação de mananciais.

## 5. SIMULAÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA

A simulação econômico-financeira de projetos e empreendimentos produtores de agregados para a construção civil deve ser exercida com base na projeção de resultados futuros, compreendendo:

- projeção de lucros e perdas;
- Projeção de fluxo de caixa.

Tais projeções são efetuadas de acordo com a vida útil do empreendimento, sendo esta condicionada pelo volume de reservas e escala de produção, em conformidade com a alternativa selecionada e modelo de otimização estabelecido. As projeções de lucros e perdas e de fluxo de caixa devem ser realizadas para cada alternativa que venha a ser considerada.

Na projeção de fluxo de caixa são considerados os re-investimentos relativos à reposição dos itens que possuam vida útil inferior à do empreendimento. Por outro lado, ao final da vida útil do projeto, além de valores residuais, são também considerados os valores de salvado para as inversões não integralmente depreciadas, assim como os valores integrais de recuperação para o capital de giro e o terreno.

### 5.1. Análise Econômico-Financeira

Uma vez dispondo do modelo de simulação adequadamente construído, procede-se à determinação dos indicadores de decisão, sobressaindo-se os de rentabilidade e valor econômico da oportunidade de negócio ou projeto de investimento. Para cada alternativa de aproveitamento do depósito, determina-se, usualmente:

- a taxa interna de retorno (*internal rate of return*) – TIR;
- o valor presente líquido de fluxo de caixa (*net present value*) – VPL;
- o prazo de retorno do investimento (*pay back period*) - PDR ;
- o ponto de equilíbrio do empreendimento (*break-even-point*) – PDE.

Os indicadores básicos de decisão (TIR e VPL) são calculados, em cada alternativa, pelo desconto do fluxo de caixa correspondente. Tais indicadores são determinados de forma agilizada mediante recursos de computação eletrônica. Deve-se proceder à determinação da taxa interna de retorno separadamente para o capital próprio e para o total de investimento do projeto (capital próprio e financiamentos).

Uma vez determinados os indicadores de decisão para o caso base (relativo aos parâmetros originalmente adotados) procede-se à realização da análise de sensibilidade, buscando-se verificar - para variações impostas a parâmetros-chave do projeto - as consequentes variações sobre os indicadores de decisão

(TIR e VPL). Submete-se à variação, dentre outros, os parâmetros relativos a escala de produção, relação estéril/material útil, preços de venda, investimentos, custos operacionais, taxa de juros de financiamento e composição de recursos (capital próprio x capital de terceiros).

Assinale-se ainda que os projetos, empreendimentos e negócios de agregados para construção civil podem ainda ser submetidos a Análise de Riscos e Incertezas, onde - pela associação de probabilidades a variações de parâmetros críticos - são determinados intervalos de confiança relacionados aos indicadores de decisão.

Em conformidade com as respectivas dimensões, complexidades e percepções de riscos, avaliações econômico-financeiras de projetos e empreendimentos de agregados para a construção civil podem ainda utilizar outras técnicas convencionais, tais como Análise de Monte Carlo, Árvores de Decisão, Opções Reais etc.

## 5.2. Avaliação Econômica da Jazida

Como parte integrante do modelo de avaliação de projetos, empreendimentos e negócios de agregados para construção civil, a determinação do valor econômico do depósito mineral é de grande significado, já que oferece, ao seu titular, um referencial de suporte a diferentes decisões e negociações. Seja para reavaliação do ativo, incorporação à empresa que venha a realizar o empreendimento, captação de recursos de risco (*equity capital*) ou de financiamento (*debt capital*), ou ainda para efeito de alienação - a determinação do valor de depósitos minerais constitui um importante instrumento de apoio na formulação e implementação do plano de negócio.

Esta avaliação é empreendida com a determinação do VPL do fluxo de caixa descontado, mediante a utilização de taxas de desconto convenientemente selecionadas.

Optando-se por taxas de desconto mais reduzidas (refletindo uma menor expectativa de remuneração), serão obtidos maiores valores econômicos para a jazida. Na avaliação econômica de um depósito mineral são adotados os mesmos tratamentos da análise de sensibilidade e de riscos e incertezas, referidos em item precedente. Trata-se portanto da verificação dos efeitos de oscilação do valor econômico determinado, nas condições originais, sob ação de variações impostas a parâmetros significativos do modelo de avaliação, tais como: reservas, preços, investimentos, custos operacionais, etc..



## **6. A ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS ESSENCIAIS**

Conforme se verifica, a avaliação econômica de um empreendimento mineiro-industrial é condicionada à sua simulação em modelo de fluxo de caixa, para o que se faz necessário dispor de consistentes estimativas dos parâmetros que a este devem ser imputados.

Os sub-itens seguintes apresentam critérios e orientações que devem ser considerados na estimação de três parâmetros essenciais das simulações econômico-financeiras de empreendimentos mineiro-industriais, inclusive nos de agregados para construção civil: Produção e vendas, Investimentos e Custos operacionais.

### **6.1. Produção e Vendas**

Para cada alternativa em consideração, o programa de produção e vendas do empreendimento deve ser definido com base em consistente conhecimento das características qualitativas e quantitativas das reservas do depósito mineral que o fundamenta.

O programa de produção e vendas estará também condicionado aos resultados de aprofundado estudo de mercado, o qual deve evidenciar não apenas os níveis de oferta e demanda atuais e previsíveis, como também as correspondentes decomposições segundo regiões e segmentos de consumo, além de comportamentos e tendências, inclusive no que se refere a novos produtores, bens substitutos e concorrentes, novas tecnologias, reciclagem, etc.

Para definir o programa de produção e vendas, em se tratando do setor de agregados, salienta-se ainda a importância de se analisar a estrutura atual e previsível de logística de saída, escoamento e distribuição do produto para o mercado.

Por último, especial atenção deve ser dedicada à estimativa de preços para os produtos previstos no empreendimento. Tal estimativa deve resultar da visão de cenários futuros, conforme seja descortinado pelo estudo de mercado.

### **6.2. Investimentos**

O orçamento dos investimentos relativos a um dado projeto ou empreendimento de agregados deve ser elaborado para cada alternativa em análise, até que se estabeleça a seleção do modelo técnico-econômico que otimize o projeto ou empreendimento. Os investimentos são orçados segundo os seguintes grupos de dispêndios:

- inversões fixas;
- despesas pré-operacionais;
- capital de giro.

**a) Inversões Fixas:** Compreendem as estimativas de desembolsos associadas à aquisição, construção, instalação e montagem de bens tangíveis. A título de exemplo, encontra-se a seguir apresentada uma estrutura típica de composição de Inversões Fixas, em um empreendimento de agregados para construção civil:

- terrenos;
- obras civis;
- desenvolvimento e preparação da lavra;
- máquinas e equipamentos;
- instalação e montagem;
- móveis e utensílios.

**b) Despesas Pré-Operacionais:** Compreendem as estimativas de desembolsos de caráter intangível, conforme estrutura típica a seguir apresentada:

- pesquisas minerais;
- aquisição, desenvolvimento e absorção de tecnologia;
- estudos, projetos e serviços de engenharia;
- treinamento de pessoal/posta em marcha (comissionamento).

**c) Capital de Giro:** Para os propósitos da avaliação econômica de projetos, Capital de Giro deve ser conceituado como o montante de recursos que deve ser injetado no empreendimento para fazer face às defasagens entre as correspondentes entradas e saídas de recursos financeiros, ou seja entre receitas (entradas de caixa) e despesas (saídas de caixa). O capital de giro deve ser estimado com base na diferença entre Necessidades e Recursos de giro, determinados conforme a seguir indicado:

- necessidades de giro (ativo circulante) = caixa mínimo + contas a receber + estoques.
- recursos de giro (passivo circulante) = contas a pagar + desconto de duplicatas.

A análise econômica apresentada no Capítulo 19 evidencia a composição de investimentos em um empreendimento produtor de agregados.

### 6.3. Custos Operacionais

Os custos operacionais, em projetos e empreendimentos de agregados, devem ser estimados com base em coeficientes técnicos e valores unitários de insumos. Devem ser apresentados segundo etapas/operações do processo produtivo.

**a) Custos Diretos:** Os custos diretos devem ser estimados por naturezas de despesas (mão-de-obra direta, materiais de consumo, energia, serviços de terceiros etc.) e segundo etapas e operações de processo, conforme exemplifica a estrutura a seguir indicada:

### **Decapeamento**

#### **Lavra:**

- Desmante primário;
- Desmante secundário;
- Carga (Carregamento);
- Transporte.

#### **Beneficiamento:**

- Britagem primária;
- Britagemn secundária, terciária, etc.
- Classificação.

### **Expedição**

**b) Custos Indiretos:** Os custos indiretos devem ser discriminados como a seguir sugerido:

#### **Mão de Obra Indireta**

- Administração;
- Almoxarifado;
- Manutenção;
- Segurança ;
- Serviços Gerais;
- Vendas.

### **Custos Administrativos**

#### **Manutenção**

A análise de composição do custo operacional deve ser empreendida para cada alternativa que venha a ser considerada, até que se estabeleça a seleção daquela que assegure a otimização do projeto, empreendimento ou negócio.

A análise econômica apresentada no Capítulo 19 evidencia a composição de custos operacionais em um empreendimento produtor de agregados.

### **6.4. Outros Parâmetros**

Todos os demais parâmetros e critérios que devem ser imputados no fluxo de caixa – tais como impostos e taxas, despesas gerais e administrativas, critérios de depreciação e amortização, juros de financiamento, incentivos etc. - devem ser convenientemente estimados e adequadamente explicitados.

## 7. CONDICIONAMENTO ESTRATÉGICO PARA O DESENVOLVIMENTO E A COMPETITIVIDADE

Finalizando, a avaliação de um projeto, empreendimento ou negócio de agregados para a construção civil deve consubstanciar a apreciação de aspectos que condicionam o seu desenvolvimento sustentável, especificamente no que se refere aos seguintes fatores determinantes de sua posição competitiva:

**Internos ao Empreendimento** - São os fatores que estão sob a esfera de decisão dos empreendedores, como estratégia e gestão, capacitação para inovação, capacitação **produtiva e recursos humanos**;

**Estruturais ou Setoriais** - São os fatores - tais como mercado, configuração da indústria, ou concorrência - que, mesmo não sendo inteiramente controlados pela empresa titular do empreendimento, estão parcialmente sob sua influência; e

**Sistêmicos** - Compreendem fatores macro-econômicos, político-institucionais, regulatórios, infra-estruturais e sociais, situados fora do âmbito de decisão da empresa.

Para proceder à apreciação dos mencionados fatores é necessário analisar os ambientes interno e externo ao empreendimento, buscando-se identificar as ações capazes de otimizar os benefícios dos fatores positivos e atenuar os impactos dos fatores negativos. Conseqüentemente, procede-se à análise dos fatores *intrínsecos* e *extrínsecos*, sendo aqueles classificados em *forças e fraquezas*, e estes, em *oportunidades e ameaças*.

A título de exemplo, os elementos apresentados nos tópicos 7.1 e 7.2 apresentam a estrutura de referência para a elaboração da análise estratégica de projetos, empreendimentos ou negócios de agregados para a construção civil, em conformidade com metodologia empregada na consagrada *Matriz SWOT* (*Strengths, Weakness, Opportunities and Threats*), cujo esboço simplificado, baseado em PORTER (1986), encontra-se apresentado no diagrama a seguir:

Ambiente Externo	OPORTUNIDADES		AMEAÇAS
Ambiente Interno	FORÇAS		Capacidade Defensiva
	FRAQUEZAS		Vulnerabilidades

Figura 5 – Análise estratégica – Matriz SWOT.

### 7.1. Ambiente Interno

A análise dos fatores intrínsecos ao projeto, empreendimento ou negócio permite identificar e hierarquizar as **forças e fraquezas** que condicionam o seu potencial de desenvolvimento.

**Força** - É a atual condição interna, de caráter estrutural e que contribui e contribuirá consistentemente para a perseguição de objetivos que se somam para o incremento da competitividade:

- localização e características da jazida;
- disponibilidade e condições de acesso a tecnologias atualizadas;
- sistema produtivo habilitado a operar segundo padrões de competitividade, no que se refere à garantia de qualidade e custos;
- experiência do grupo empreendedor;
- reputação e capacidade de articulação do grupo empreendedor;
- indicadores favoráveis de rentabilidade e capacidade de pagamento, além de alta capacidade de geração de valor.

**Fraqueza** - É a atual condição interna, de caráter estrutural, e que dificulta e dificultará, substancialmente, a perseguição dos objetivos permanentes do projeto, empreendimento ou negócio:

- localização e características da jazida;
- dificuldades de suprimento de determinados fatores e produção;
- escassez de mão-de-obra especializada;
- volatilidade de mercado.

### 7.2. Ambiente Externo

Deve-se aqui objetivar a construção de uma visão das evoluções prováveis do ambiente externo, a fim de antecipar *oportunidades e ameaças* que possam se associar ao projeto, empreendimento ou negócio em análise:

- *oportunidades* são situações, tendências ou fenômenos externos, atuais ou potenciais, e que podem contribuir para a realização dos objetivos permanentes do projeto, empreendimento ou negócio e, conseqüentemente, dos interesses do correspondente grupo empreendedor:

condicionamento geológico favorável à expansão de reservas;  
perspectiva de expansão e conquista de novos mercados;  
facilidades de acesso a eficientes estruturas de financiamento;  
perspectivas de melhoria nas atuais infraestruturas econômicas e sociais.

- *ameaças* são situações e tendências ou fenômenos externos ao projeto, empreendimento ou negócio, atuais ou potenciais, que podem prejudicar substancialmente a consecução dos seus objetivos:

perspectivas de agravamento do atual condicionamento regulatório/institucional, especificamente no que se refere a tributação, regimes de acesso à propriedade mineral, comércio exterior etc;

perspectivas de desenvolvimento de processos concorrentes, bem como de produtos substitutivos.

### **7.3. Externalidades sob o Ponto de Vista da Comunidade**

Finalizando a análise do condicionamento estratégico do projeto, empreendimento ou negócio, caberá apreciar as suas externalidades, no que se refere às suas contribuições e eventuais constrangimentos na realização dos interesses das comunidades envolvidas. Como exemplo de aspectos passíveis de consideração, cabe assinalar:

- atendimento a demandas reprimidas, que fortaleçam a integração intersetorial da economia regional, reduzindo dependências além da possibilidade de suprir mercados inter-regionais;
- efeitos de indução ao encadeamento, integração e germinação de novas atividades econômicas, que contribuam para com o processo de desenvolvimento regional;
- contribuição para com o processo de desenvolvimento tecnológico;
- aproveitamento racional do depósito mineral e adequada valorização do seu conteúdo intrínseco;
- geração de oportunidades de emprego, incremento de renda e arrecadação tributária;
- harmonização do empreendimento ao meio natural e humano com o qual irá interagir.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G. e CALAES, G. Estudo do Parque Produtor de Brita da RMRJ: Índices Preliminares de Sustentabilidade. In: VILLAS BÔAS, R.; BEINHOFF, C. (eds.). Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral. Rio de Janeiro: GEF, CBPq/CYTED, 2002, 564 p.
- CALAES, G. - Avaliação Econômica de Propriedades Mineraias. 1995. Apostila para Seminário com a equipe da Gerência de Avaliação de Garantias Reais e de Mineração e Metalurgia do BNDES, Rio de Janeiro, 1995.
- CALAES, G. - O Planejamento Estratégico na Solução de Conflitos Locacionais: O Caso do Parque Produtor de Brita da RMRJ. 2003, 39f. Trabalho final da disciplina Sustentabilidade e Cidade, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional; Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional e Econômica; DG/IGEO/CCMN/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.
- CALAES, G. - Gestão do Negócio de Agregados. In: TANNÚS, M. e CARMO, J. C. (eds.) Agregados para a Construção Civil no Brasil: Contribuições para Formulação de Políticas Públicas. Baló Horizonte, CETEC. 2007, 234 p.
- CALAES, G. - O Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Mineral Sustentável e Competitivo - Dois Caso de Não Metálicos no Rio de Janeiro. 298f. Tese de Doutorado. Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
- CALAES, G. - Competitividade e Sustentabilidade na Indústria Mineral. Palestra apresentada na VII Conferência Internacional sobre Tecnologias Limpas para a Indústria Mineral, Búzios, out./2006.
- CALAES, G., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2002. 245f. Trabalho realizado para o DG/IGEO/CCMN/UFRJ com apoio do CT-Mineral, Rio de Janeiro, 2002.
- CALAES, G., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Desenvolvimento Sustentável do Mercado de Brita no Rio de Janeiro - Brasil: Planejamento Estratégico Participativo na Solução de Conflitos Locacionais. 2003. Trabalho apresentado no III Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2003.
- CALAES, G., MARGUERON, C., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Instrumentação de Políticas Públicas para o Desenvolvimento Sustentável de Arranjos Produtivos de Agregados para Construção. Areia & Brita, São Paulo, nº 33, jan./mar., 2006, p. 30-35.
- CALAES, G., MARGUERON, C., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Reconversão Técnico-Econômica de Pólos Produtores de Agregados, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano Sustentável. Areia & Brita, São Paulo, nº 35, jul/set., 2006, p. 28-34.

- CALAES, G., MARGUERON, C., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Planeamiento Estratégico del Desarrollo Sostenible y Competitivo de la Industria de Gravas de la Región Metropolitana del Rio de Janeiro – II Seminario Internacional Minería, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial - Como Garantizar el Abastecimiento de Materiales de Construcción en las Grandes Ciudades, Asogravas – Asociación Colombiana de Productores de Agregados Pétreos, Bogotá, Colombia, fev., 2006.
- DRM/RJ - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Estudo contratado com GEOMITEC/CONDEP, 1980/81.
- PIQUET CARNEIRO, B., TAVARES, L. M. (2006a). Produção de agregado graúdo para a construção civil. Parte 1: Uma nova concepção de lavra. *Areia & Brita*, São Paulo, nº 34, jun, p. 8-14.
- PIQUET CARNEIRO, B., TAVARES, L. M. (2006b). Produção de agregado graúdo para a construção civil. Parte 2: Novos conceitos no projeto de usinas de beneficiamento. *Areia & Brita*, São Paulo, nº 35, set., p. 20-27.
- PORTER, M. E. - *Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência*. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 1986.
- REVISTA *Areia & Brita*, 1997/2007.



CAPÍTULO

---

---

19

---

# ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE AGREGADOS

Gilberto Dias Calaes

Economista; Pós-graduado em Economia Mineral

Doutor em Geologia Regional e Econômica

Diretor da ConDet Ltda

Bernardo Piquet Carneiro Netto

Engenheiro de Minas; Pós-graduado em

Engenharia Econômica; Especialista em Agregados

para a Construção Civil

Luís Marcelo Tavares

Engenheiro de Minas pela UFRGS

Doutorado em Engenharia Metalúrgica pela

University of Utah, Estados Unidos

Professor Associado COPPE-UFRJ



## 1. INTRODUÇÃO

Conforme assinalado no Capítulo anterior, o planejamento e gestão de projetos e empreendimentos deve ser fundamentado em um consistente Plano de Negócios, o qual investiga, seleciona e define alternativas relacionadas ao objetivo do projeto, empreendimento ou negócio, aos meios a serem mobilizados, aos resultados a serem alcançados e à forma de avaliá-los sistematicamente.

A parte conclusiva de um Plano de Negócios - onde já tenham sido avaliados os parâmetros relacionados ao recurso mineral (pesquisa mineral e seleção da jazida), mercado, tecnologia, recursos humanos, suprimentos, aspectos regulatórios e estimação de custos e preços – consiste de uma análise técnico-econômica que integra todas as informações e conhecimentos adquiridos sobre o projeto ou empreendimento, permitindo determinar se o negócio atende aos interesses do investidor e qual é a sua atratividade comparativamente a outras oportunidades em consideração. Tal determinação é efetuada por meio de indicadores de decisão convenientemente calculados através de simulações econômico-financeiras, com o suporte da técnica do fluxo de caixa descontado.

Supondo-se um projeto/empreendimento de produção de agregados que já disponha de parâmetros convenientemente estimados, a análise econômica a seguir apresentada demonstra a estruturação do modelo de análise, considerando-se a variação de fatores críticos que são frequentemente condicionados por posturas de gestão territorial e ambiental, as quais, por sua vez, influenciam os custos de produção e a qualidade do produto e, conseqüentemente, a rentabilidade e a competitividade do negócio.

Focalizando cenários, modelos e alternativas associadas à **reciclagem** de entulho de construção e demolição (ECD), **co-produto** (areia manufaturada), **escala de produção** e **número de turnos de trabalho** – os resultados de avaliações econômicas de modelos alternativos de produção de agregados para construção civil, apresentados no presente capítulo, evidenciam a sensibilidade dos fatores considerados em processos de tomada de decisão.

Evidenciam também a importância das técnicas de avaliação econômica e dos conceitos e instrumentos de planejamento e gestão, na análise da competitividade e da sustentabilidade, seja na definição de planos de investimento privado ou na formulação e implementação de políticas públicas.

A partir da análise técnico-econômica de modelos alternativos de produção de brita, apresentada em estudo realizado por (CALAES, GURGEL & PIQUET, 2002), foi desenvolvido por (CALAES, 2005) um modelo de simulação mais amplo, aprofundado e atualizado, o qual aborda dois diferentes cenários:

**Cenário A:** não considera o re-processamento de ECD e a produção de areia de brita.

**Cenário B:** considera o re-processamento de ECD e a produção de areia de brita.

Com base no referido modelo de simulação, o presente capítulo apresenta uma nova versão dos estudos anteriores, incorporando:

- uma atualização de valores de investimentos, custos operacionais e preços de agregados;
- novos aperfeiçoamentos na modelagem em Microsoft Excel®;
- uma melhor delimitação de restrições e possibilidades tecnológicas associadas à produção de areia de brita e processamento de ECD, tendo por referência os resultados de recentes projetos de P&D, assim como as experiências de empreendimentos precursores na utilização e aperfeiçoamento de correspondentes tecnologias.
- uma melhor explicitação do modelo técnico-operacional do empreendimento concebido e submetido à simulação e análise econômica.

## **2. CONDICIONAMENTOS TECNOLÓGICOS ASSOCIADOS A AREIA DE BRITA E ECD**

Experiências que resultam de empreendimentos precursores, tais como os das empresas CONVEM (Magé – RJ) e PEDRASUL (Juiz de Fora – MG), assim como de trabalhos realizados por centros de pesquisa (ex.: COPPE/UFRJ, CETEM e IPT) – evidenciam condicionamentos tecnológicos associados à produção de areia de brita e ao processamento de ECD, ressaltando restrições e possibilidades tecnológicas e econômicas que devem ser consideradas ao se avançar estudos e simulações tais como os apresentados no presente capítulo.

### **2.1. Produção de Areia de Brita**

Na produção de areia de brita, destacam-se as questões associadas ao ajuste de faixas granulométricas, devido à presença de fíler oriundo da cominuição da rocha. Buscando assegurar que o volume de fíler não exceda ao limite de 12% especificado pela ABNT (ABNT, 2006), empresas vêm desenvolvendo soluções tecnológicas orientadas para a adoção de métodos de processamento a úmido.

Entretanto, tais rotas de processamento se afiguram inconvenientes, tendo em vista o consumo de água e a emissão e destinação de efluentes líquidos, em áreas de alta densidade populacional como são as áreas de mais intenso consumo de agregados. Por sua vez, no processo via-seca, a utilização de aereoseparadores

– embora se afigure como boa solução técnica para atender à norma da ABNT que limita em 12% a presença de fíler, gerado na cominuição da rocha dura, para obtenção da areia de brita - apresenta alto custo de investimento e operacional.

Mesmo com estas restrições tecnológicas e econômicas, a areia de brita tende a ser obtida predominantemente em processamento por via-seca atendendo o mercado de argamassas. Entretanto - nos casos em que a rocha submetida à cominuição ofereça um comportamento granulométrico com geração de fíler abaixo do mencionado limite de 12% - a areia dela resultante poderá ser destinada aos diferentes segmentos de aplicação na construção civil, com grandes vantagens em relação à areia quartzosa natural. Cumpre ressaltar que o mencionado comportamento granulométrico, no processo de cominuição, é encontrado em algumas formações gnáissicas e basálticas.

## **2.2. Processamento de ECD**

No caso do processamento de ECD, verifica-se que a solução tecnológica que vem sendo desenvolvida em centros universitários e de pesquisa brasileiros, envolve a separação dos diferentes componentes (agregados, aço, madeira, material cerâmico, plásticos, vidro, etc.) em circuito a úmido, evidenciando-se mais uma vez a inconveniência de se promover o uso intensivo de água, além do manuseio e emissão de efluentes líquidos, em regiões densamente povoadas. Mesmo que tal restrição não fosse evidenciada, cumpre ressaltar que os custos de tal processamento afiguram-se elevados.

Diante ao exposto, sobressai a constatação de que a viabilização do processamento de ECD e, portanto, da reciclagem de agregados, depende, essencialmente, de um processo educativo que assegure a separação dos resíduos de construção civil junto à correspondente fonte geradora, ou seja, como atividade inerente à própria construção civil. Evidencia-se, portanto, que a solução ideal não recai no desenvolvimento de circuitos de separação. Ao contrário, depende muito mais de um processo educativo que resulte na organização das operações de separação, na construção civil, assim como da estimulação das empresas produtoras de agregados a empreender a captação e o processamento de ECD.

Além desta perspectiva sujeita aos mencionados aspectos educacionais e organizacionais, o ECD processado via seca tem a sua aplicação restrita ao emprego como base e sub-base de rodovias e certamente, em futuro próximo, como cobertura intercalada de aterro sanitário cuja existência e boa gestão é compromisso que recai sobre as administrações municipais.

### 3. PREMISSAS BÁSICAS

A simulação empreendida encontra-se fundamentada nas seguintes premissas:

#### 3.1. Concepção Técnico-Operacional

O estudo considera os seguintes modelos operacionais:

**Modelo I** - capacidade de 75 t/h; lavra em paredão; perfuração primária e secundária com marteleiros manuais; carga com pás mecânicas de pequeno porte; transporte interno com caminhões convencionais e beneficiamento a seco com britadores de mandíbulas/cônicos e peneiras vibratórias.

**Modelo II** - capacidade de 150 t/h; lavra em bancadas; perfuratriz de carreta no desmonte primário; rompedor hidráulico no desmonte secundário; carga com pás mecânicas de porte médio, transporte interno com caminhões fora de estrada e beneficiamento a seco com britadores de mandíbulas/cônicos e peneiras vibratórias.

**Modelo III** - capacidade 450 t/h; lavra em bancadas; perfuratriz de carreta no desmonte primário; rompedor hidráulico no desmonte secundário; carga com escavadeira com retro ou *shovel* de porte médio; transporte interno com caminhões fora de estrada e beneficiamento a seco com britadores de mandíbulas/cônicos e peneiras vibratórias.

O Quadro 1 sintetiza a concepção dos três modelos de produção considerados.

Quadro 1 – Caracterização dos modelos de produção.

	<b>Modelo I</b>	<b>Modelo II</b>	<b>Modelo III</b>
<b>Capacidade (t/h)</b>	<b>75</b>	<b>150</b>	<b>450</b>
Lavra	Paredão	Bancadas	Bancadas
Perfuração	Marteleiros manuais	Perfuratriz de carreta	Perfuratriz de carreta
Desmonte secundário	Explosivo	Rompedor hidráulico	Rompedor hidráulico
Carregamento	Pás mecânicas de pequeno porte	Pás mecânicas de porte médio	Escavadeira com retro ou <i>shovel</i> de porte médio
Transporte interno	Caminhões convencionais	Caminhões fora de estrada	Caminhões fora de estrada
Beneficiamento	A seco	A seco	A seco
Britagem	Britadores de mandíbula/cônicos	Britadores de mandíbula/cônicos	Britadores de mandíbula/cônicos
Classificação	Peneiras vibratórias	Peneiras vibratórias	Peneiras vibratórias

Fonte: ConDet/MinaServ

Apesar de alheio aos atuais conceitos da engenharia de minas e aos preceitos do ordenamento territorial e do desenvolvimento sustentável – que presidem o aproveitamento de depósitos minerais – o Modelo I (ainda relativamente frequente em boa parte dos empreendimentos de agregados existentes no Brasil) é aqui considerado com a finalidade de evidenciar a sua respectiva perda de eficiência e de produtividade, comparativamente a modelos melhor sintonizados com os atuais paradigmas de competitividade e sustentabilidade.

Buscando explicitar o modelo técnico-operacional tomado como referência e submetido à simulação e análise econômica no presente Capítulo, cumpre ressaltar, em essência, que - com a utilização da boa técnica da engenharia de minas - os Modelos II e III envolvem concepções mais avançadas, cabendo destacar os seguintes fatores de diferenciação de eficiência e produtividade, propostos por (PIQUET CARNEIRO & TAVARES, 2006a e 2006b):

#### **Contexto geral:**

- Elevada produtividade da mão-de-obra e dos equipamentos e consumo mínimo de energia por tonelada de agregado produzido.
- Margem operacional otimizada, de uma forma constante ano a ano, por toda a vida do empreendimento.

**Projeto de lavra:** com custos reduzidos de investimento, além de custos operacionais minimizados e constantes ao longo de toda a vida útil da jazida.

**Carga e transporte:** Escavadeira hidráulica, operando sobre a pilha de minério no carregamento de caminhões “fora de estrada”.

**Deslocamento da usina de beneficiamento:** ao final das reservas de cada bloco de lavra, visando perseguir o mais baixo custo de transporte interno.

#### **Projeto da usina de beneficiamento:**

- Concepção e flexibilidade operacional orientadas para a geração do maior número de produtos, sem a formação de estoques excessivos e permitindo a rebitagem de todos os excedentes de produção dentro do próprio processo.
- Operação em todos estágios de rebitagem em circuito fechado, a fim de garantir a bitolagem do maior número de produtos e a obtenção de características ótimas de forma.
- Utilização de pilhas de estocagem na alimentação de todos estágios de rebitagem, de forma a evitar que a capacidade de processamento do circuito seja reduzida devido a sobrecargas de caráter eventual ou sistemático de algum dos estágios de britagem.

- Dimensionamento de britadores de maneira a garantir a sua operação com câmara cheia (afogado) e com a potência adequada ao material a ser britado.
- Maximização da produtividade e minimização do custo de investimento com a operação da usina em três turnos diários.
- Minimização do consumo de energia e de materiais de desgaste do circuito, pela seleção do tipo de britador mais adequado.
- Racionalização máxima do arranjo físico dos equipamentos, de tal forma a minimizar o comprimento total de transportadores de correia e maximizar a produtividade.

### 3.2. Outras Premissas Adotadas

**Vida Útil:** adotou-se vinte anos como período de vida útil dos empreendimentos.

**Pesquisa Mineral:** os dimensionamentos estimados consideram a necessidade de se conhecer em profundidade o volume de material necessário à programação de lavra ao longo da vida útil de cada modelo produtivo.

**Período de Inversões:** nas situações consideradas, estima-se o prazo de dois anos para a instalação da unidade de produção, incluída a realização da pesquisa mineral.

**Regime de Operação:** considera-se a operação em regime de 22 dias/mês (264 dias/ano).

- *Alternativa A:* 1 turno de 8 h  $\Rightarrow$  176 h/mes  $\Rightarrow$  2.112 h/ano

- *Alternativa B:* 2 turnos de 8 h  $\Rightarrow$  352 h/mes  $\Rightarrow$  4.224 h/ano

- *Alternativa C:* 3 turnos (2 de 8 h e 1 de 6 h)  $\Rightarrow$  484 h/mes  $\Rightarrow$  5.808 h/ano

**Progressão de Produção:** considerou-se a seguinte progressão comum aos três modelos produtivos:

- *Ano 1:* Ocupação de 50% da capacidade nominal.

- *Ano 2:* Ocupação de 80% da capacidade nominal.

- *Ano 3:* Operação em regime de plena ocupação da capacidade nominal.

**Composição da Produção:** *Pó:* 30%; *Brita 0:* 20%; e *Brita 1:* 50%.

**Preços de Venda:** preços médios FOB com impostos:

- *Pó:* R\$ 30,00 / t;

- *Brita 0:* R\$ 47,00 / t;

- *Brita 1:* R\$ 43,00 / t.



**Base de Preços:** outubro/2011.

**Cenários Alternativos:** Tanto o Cenário A quanto o Cenário B adotam as mesmas premissas básicas retro-assinaladas. Essencialmente tais cenários assim se diferenciam:

**Cenário A:** Considera tão somente a produção de agregados convencionais, em qualquer das combinações Modelo produtivo/Alternativa de regime de trabalho.

**Cenário B:** Mantidas as capacidades instaladas referentes a cada combinação Modelo/Alternativa, no Cenário B é considerada a inserção das seguintes alterações em processos produtivos: i) implantação de um conjunto de rebitagem e peneiramento em circuito fechado (para produção de areia manufaturada); e ii) implantação de uma linha paralela com britador de impacto de eixo horizontal (para processamento de ECD), incorporando-o ao sistema de classificação existente.

Em conformidade com as condicionantes assinaladas no item 1, cumpre ressaltar que as simulações associadas ao Cenário B assumem que as operações de produção de areia de brita e de processamento de ECD sejam realizadas a seco e que os correspondentes produtos sejam destinados a aplicações outras que não edificações estruturadas. Portanto, as simulações realizadas consideram que os produtos areia de brita e agregado reciclado a partir de ECD se destinem, exclusivamente, aos mercados de argamassas, base e sub-base de pavimentação e aterro sanitário.

**Taxa de Desconto:** Admitiu-se, para o cálculo do valor presente, que os empreendimentos em análise sejam estruturados com 100% de capital próprio a um custo de capital de 12,5% a.a.

Diante às premissas consideradas, as simulações desenvolvidas compreendem diferentes situações que resultam da combinação de Cenários, Modelos produtivos e Alternativas de regime de trabalho, conforme evidenciado na Figura 1.

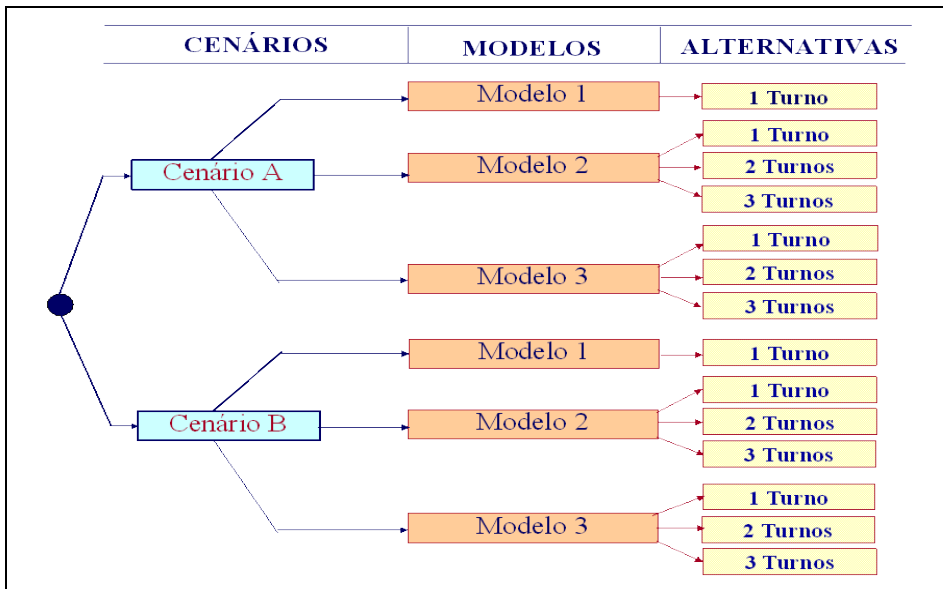


Figura 1 – Árvore de cenários/modelos/alternativas.

Fonte: ConDet/MinaServ

Portanto, resumidamente, o estudo de simulação econômica a seguir apresentado analisa diferentes condicionamentos associados aos seguintes modelos de produção:

**Modelo I:** 75 t / hora

**Modelo II:** 150 t / hora

**Modelo III:** 450 t / hora

O Modelo I corresponde a um padrão de operação em turno único, baixa tecnologia e altos custos. Os Modelos II e III incorporam padrões tecnológicos mais avançados, baseados em técnicas de lavra por bancadas. A ambos foram aplicadas alternativas de regime de trabalho, para explicitar as vantagens econômicas de unidades produtoras de agregados, de alta produtividade, com fundamento em elevada escala de produção e moderna concepção tecnológica:

**Alternativa A:** Operação em 1 turno de 8 horas.

**Alternativa B:** Operação em 2 turnos de 8 horas.

**Alternativa C:** Operação em 3 turnos, sendo 2 de 8 horas e 1 de 6 horas.

Embora a simulação apresentada utilize dados operacionais e econômicos calcados na realidade vigente, os resultados obtidos não são representativos da rentabilidade real de empreendimentos existentes que utilizem técnicas similares às aqui descritas.

## 4. PROGRAMA DE PRODUÇÃO E VENDAS

Segundo os Cenários, Modelos e Alternativas estabelecidos, o programa de produção e vendas encontra-se caracterizado a seguir:

### 4.1. Cenário A

As receitas brutas de vendas para os Modelos de produção considerados foram estimadas com base na adoção de um preço médio em base FOB, com impostos. Para o Cenário A, a Tabela 1 apresenta as estimativas de receita anual de vendas em cada um dos Modelos de produção e Alternativas consideradas.

Tabela 1 – Demonstrativo da composição da receita de vendas – Cenário A.

Produtos	Preço de Venda R\$/t	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
		Produção Mil t/a	Receita R\$ Mil	Produção Mil t/a	Receita R\$ Mil	Produção Mil t/a	Receita R\$ Mil
- Pó	30,00	47,5	1.425	95,0	2.850	285,0	8.550
- Brita 0	47,00	31,7	1.490	63,4	2.980	190,1	8.935
- Brita 1	43,00	79,2	3.406	158,4	6.811	475,2	20.434
• Alternativa A	39,90	158,4	6.321	316,8	12.641	950,4	37.921
• Alternativa B	39,90	-	-	633,6	25.281	1.900,8	75.842
• Alternativa C	39,90	-	-	871,2	34.761	2.613,6	104.283

Fonte: ConDet/MinaServ

### 4.2. Cenário B

Passando ao Cenário B, a Tabela 2 apresenta as estimativas de receita anual de vendas para cada um dos Modelos e Alternativas considerados.

Tabela 2 – Demonstrativo da composição da receita de vendas – Cenário B.

Produtos	Preço de Venda R\$/t	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
		Produção Mil t/a	Receita R\$ Mil	Produção Mil t/a	Receita R\$ Mil	Produção Mil t/a	Receita R\$ Mil
-Agregado Convencional	39,90	110,9	4.424	221,8	8.851	665,3	26.546
- Pó	30,00	33,3	999	66,5	1.995	199,6	5.988
- Brita 0	47,00	22,2	1.043	44,4	2.087	133,1	6.256
- Brita 1	43,00	55,4	2.382	110,9	4.769	332,6	14.302
- Brita de Entulho	30,00 <sup>a</sup>	11,1	333	22,2	666	66,5	1.995
- Areia Manufaturada	43,00 <sup>b</sup>	31,7	1.363	63,4	2.726	190,1	8.174
• Alternativa A	39,82	153,7	6.120	307,4	12.242	921,9	36.715
• Alternativa B	39,82	-	-	614,8	24.484	1.843,8	73.430
• Alternativa C	39,82	-	-	845,4	33.666	2.535,2	100.966

Fonte: ConDet/MinaServ <sup>a</sup>30% inferior ao preço da Brita 1; <sup>b</sup> preço equivalente ao da Brita 1

## 5. INVESTIMENTOS

Para o Cenário A, os investimentos necessários à implantação dos Modelos de produção concebidos, encontram-se sumariados na Tabela 3.

Tabela 3 – Investimentos nos modelos simulados – Cenário A.

R\$ Mil

Investimentos	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
<b>1. Inversões Fixas</b>	<b>11.672</b>	<b>26.442</b>	<b>26.442</b>	<b>26.442</b>	<b>42.365</b>	<b>42.365</b>	<b>42.365</b>
Aquisição de Terrenos/DMs	1.929	4.369	4.369	4.369	7.000	7.000	7.000
Obras Civas	523	1.186	1.186	1.186	1.900	1.900	1.900
Equipamentos	8.807	19.951	19.951	19.951	31.965	31.965	31.965
Instalação e Montagem	413	936	936	936	1.500	1.500	1.500
<b>2. Despesa Pré-Operacion.</b>	<b>986</b>	<b>2.214</b>	<b>2.214</b>	<b>2.214</b>	<b>3.573</b>	<b>3.573</b>	<b>3.573</b>
Pesquisas Minerais	110	230	230	230	397	397	397
Estudos e Projetos	292	661	661	661	1.058	1.058	1.058
Gerência de Implantação	584	1.323	1.323	1.323	2.118	2.118	2.118
<b>3. Capital de Giro</b>	<b>707</b>	<b>1.359</b>	<b>2.551</b>	<b>3.464</b>	<b>3.589</b>	<b>6.973</b>	<b>9.530</b>
<b>4. Compensação Ambiental<sup>a</sup></b>	<b>468</b>	<b>1.061</b>	<b>1.061</b>	<b>1.061</b>	<b>1.700</b>	<b>1.700</b>	<b>1.700</b>
<b>TOTAL</b>	<b>13.833</b>	<b>31.076</b>	<b>32.268</b>	<b>33.181</b>	<b>51.227</b>	<b>54.611</b>	<b>57.168</b>

Fonte: ConDet/MinaServ; <sup>a</sup>4% sobre o valor das Inversões Fixas

Considerando as inversões adicionais para a produção de areia de brita e para o reprocessamento de entulho (ECD), a Tabela 4 apresenta o sumário dos investimentos no Cenário B.

Tabela 4 – Investimentos nos modelos simulados – Cenário B.

R\$ Mil

Investimentos	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
<b>1. Unidade Convencional</b>	13.365	30.015	31.207	32.120	49.527	52.911	55.468
Inversões Fixas	11.672	26.442	26.442	26.442	42.365	42.365	42.365
Despesas pré-operacionais	986	2.214	2.214	2.214	3.573	3.573	3.573
Capital de Giro	707	1.359	2.551	3.464	3.589	6.973	9.530
<b>2. Unid. Reproces. de Entulho</b>	199	199	199	199	199	199	199
Fixas adicionais	181	181	181	181	181	181	181
Pré-operacionais adicionais	18	18	18	18	18	18	18
<b>3. Unid. Areia Maufaturada</b>	1.590	1.686	1.686	1.686	2.167	2.167	2.167
Fixas adicionais	1.445	1.533	1.533	1.533	1.970	1.970	1.970
Pré-operacionais adicionais	145	153	153	153	197	197	197
<b>4. Compensação Ambiental<sup>a</sup></b>	<b>532</b>	<b>1.126</b>	<b>1.126</b>	<b>1.126</b>	<b>1.781</b>	<b>1.781</b>	<b>1.781</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15.686</b>	<b>33.026</b>	<b>34.218</b>	<b>35.131</b>	<b>53.674</b>	<b>57.058</b>	<b>59.615</b>

Fonte: ConDet/MinaSer; <sup>a</sup>4% sobre o valor das Inversões Fixas

O detalhamento das estimativas de investimentos é apresentado nos itens sub-sequentes.

## 5.1. Inversões Fixas

### 5.1.1. Aquisição de Terrenos e Direitos Minerais

Sendo consideradas as necessidades de área para cada Modelo de produção, bem como os preços médios praticados em regiões metropolitanas - os valores das inversões em aquisição de terrenos e direitos minerais encontram-se apresentados a seguir:

Modelos de Produção	Área Necessária (Mil m <sup>2</sup> )	Valor do Terreno e Direito Mineral (R\$ Mil)
Modelo I	150	1.929
Modelo II	400	4.369
Modelo III	1.000	7.000

Fonte: ConDet/MinaServ

### 5.1.2. Obras Civis

As inversões em obras civis compreendem a terraplenagem da área necessária às instalações de produção e serviços de apoio, a construção de estradas de acesso e vias de transporte interno e ainda as edificações requeridas. A Tabela 5 apresenta a síntese dos investimentos com obras civis.

Tabela 5 – Investimentos em obras civis.

Discriminação	R\$ Mil		
	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Área Industrial	275	624	1.000
Escritório e Apoios	165	375	600
Infra-estrutura	83	187	300
<b>TOTAL</b>	<b>523</b>	<b>1.186</b>	<b>1.900</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

### 5.1.3. Máquinas e Equipamentos

A Tabela 6 apresenta a síntese dos investimentos com máquinas e equipamentos.

Tabela 6 – Investimentos em máquinas e equipamentos.

Discriminação	R\$ Mil		
	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Lavra	2.104	4.766	7.636
Beneficiamento	6.057	13.721	21.984
Expedição	481	1.090	1.746
Serviços de Apoio	165	374	599
<b>TOTAL</b>	<b>8.807</b>	<b>19.951</b>	<b>31.965</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

#### 5.1.4. Inversões Fixas Adicionais no Cenário B

Nas condições de Cenário B, os empreendimentos considerados (combinações de Modelos de produção/ Alternativas de número de turnos de operação) exigirão os seguintes investimentos adicionais:

**Unidade de processamento de ECD:** implantação de uma linha paralela com britador de impacto de eixo horizontal (para processamento de ECD), incorporando-o ao sistema de classificação existente.

**Unidade de produção de Areia de Brita:** Implantação de um conjunto de rebitagem e peneiramento em circuito fechado.

#### 5.2. Despesas Pré-Operacionais

Compreendendo os dispêndios necessários à realização de pesquisas minerais complementares, estudos e projetos de engenharia e gerência de implantação, as estimativas de inversões em gastos pré-operacionais, comuns às três alternativas, encontram-se sumarizadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Despesas pré-operacionais – Cenário A.

Discriminação	R\$ Mil		
	Modelo I	Modelo II	Modelo III
<b>1. Pesquisas Minerais</b>	<b>110</b>	<b>230</b>	<b>397</b>
Topografia	9	22	54
Sondagens	11	27	71
- Capeamento	2	5	15
- Rocha	9	22	56
Análises/Ensaio de Beneficiamento	90	181	272
<b>2. Estudos e Projetos</b>	<b>292</b>	<b>661</b>	<b>1.058</b>
<b>3. Gerência de Implantação</b>	<b>584</b>	<b>1.323</b>	<b>2.118</b>
<b>TOTAL</b>	<b>986</b>	<b>2.214</b>	<b>3.573</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

##### 5.2.1. Pesquisas Minerais

**a) Topografia:** Levantamento em escala de 1:1.000 com altimetria:

Modelos de Produção	Área 1.000 m <sup>2</sup>	Custo R\$ Mil
Modelo I	150	9
Modelo II	400	22
Modelo III	1.000	54

**b) Sondagens:**

b.1) Perfuração de Capeamento (com trado manual): Furos com profundidade média de 2 m, em malha de 50 m x 50 m.

b.2) Perfuração de Rocha (com perfuratriz de carreta pneumática): Furos com profundidade média de 20 m, em malha de 100 m x 100 m.

Modelos de Produção	Metragem de Sondagem		Custo (R\$ Mil)		
	Capeamento	Rocha	Capeamento	Rocha	Total
Modelo I	120	300	2	9	11
Modelo II	320	800	5	22	27
Modelo III	800	2.000	15	56	71

**c) Análises e Ensaio:** A fim de fornecer subsídios para a previsão do balanço de massas do circuito projetado, bem como avaliar a qualidade dos produtos a serem gerados, considera-se a realização das seguintes análises/ensaios (PIQUET CARNEIRO, 2006b):

Análises mineralógicas

Abrasão “Los Angeles”

Ensaio de fragmentação de partículas individuais e britabilidade

Índice de trabalho de impacto

Índice de abrasividade de Bond

Densidade “in situ”.

Para realização destes ensaios, considera-se o número de 10 amostras no Modelo I, 20 no Modelo II e 30 no Modelo III:

Modelos de Produção	Análises e Ensaio (R\$ Mil)
Modelo I	90
Modelo II	181
Modelo III	272

### 5.2.2. Estudos e Projetos

Dispêndios estimados em 2,5% das inversões fixas:

Modelos de Produção	Inversões Fixas (R\$ Mil)	Estudos e Projetos (R\$ Mil)
Modelo I	11.672	292
Modelo II	26.442	661
Modelo III	42.365	1.059

### 5.2.3. Gerência de Implantação

Dispêndios estimados em 5% das inversões fixas:

Modelos de Produção	Gerência de Implantação (R\$ Mil)
Modelo I	584
Modelo II	1.322
Modelo III	2.118

### 5.2.4. Despesas Pré-Operacionais Adicionais no Cenário B

Para o Cenário B, as despesas pré-operacionais complementares, relacionadas à implantação da unidade de produção de areia de brita e de processamento de ECD, foram orçadas com base na aplicação do percentual de 10% sobre as correspondentes inversões fixas adicionais.

## 5.3. Capital de Giro

O demonstrativo da composição do capital de giro próprio para os três módulos de produção é apresentado na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Composição dos investimentos em capital de giro – Cenário A.

R\$ Mil

Discriminação	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
<b>Necessidades ou Ativo Circulante</b>	<b>1.213</b>	<b>2.401</b>	<b>4.241</b>	<b>5.611</b>	<b>6.131</b>	<b>11.414</b>	<b>15.377</b>
Caixa Mínimo	162	288	414	498	541	875	1.125
Contas a Receber	718	1.436	2.873	3.950	4.309	8.618	11.850
Estoques	333	677	954	1.163	1.281	1.921	2.402
Materiais de Consumo	56	95	189	260	266	531	730
Produtos em Elaboração	15	31	61	85	91	181	249
Produtos Finais	86	152	305	419	285	570	784
Peças e Materiais de Reposição	176	399	399	399	639	639	639
<b>Recursos ou Passivo Circulante</b>	<b>707</b>	<b>1.359</b>	<b>2.551</b>	<b>3.464</b>	<b>3.589</b>	<b>6.973</b>	<b>9.530</b>
Contas a Pagar	244	433	699	917	810	1.416	1.890
Impostos a Pagar	104	208	416	572	624	1.248	1.715
Desconto de Duplicatas	359	718	1.436	1.975	2.155	4.309	5.925
<b>Capital de Giro Próprio</b>	<b>506</b>	<b>1.042</b>	<b>1.690</b>	<b>2.147</b>	<b>2.542</b>	<b>4.441</b>	<b>5.847</b>

Fonte: ConDet/MinaServ



A descrição das estimativas do capital de giro encontra-se apresentada nos itens seguintes.

### 5.3.1. Necessidades ou Ativo Circulante

**a) Caixa Mínimo:** Considerou-se o valor necessário para custear 10 dias de produção.

R\$ Mil

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Custo anual <sup>1</sup>	Caixa mínimo <sup>2</sup>	Custo anual <sup>1</sup>	Caixa mínimo <sup>2</sup>	Custo anual*	Caixa mínimo
Modelo I	4.286	162	-	-	-	-
Modelo II	7.610	288	10.940	414	13.437	498
Modelo III	14.275	541	23.093	875	29.707	1.125

Obs.: (2) =  $[(1) / 264 \text{ dias/ano}] \times 10 \text{ dias}$

**b) Contas a Receber:** Considerou-se a seguinte política de vendas: i) 50% à vista; ii) 50% com 60 dias de prazo, sendo descontadas 50% das duplicatas com antecipação do prazo total de faturamento.

**CR = (RB x 0,5 x 60) / DP**, onde:

CR = Contas a Receber

RB = Receita Operacional Bruta Anual

DP = Dias de produção no Ano

R\$ Mil

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Receita anual <sup>1</sup>	Contas a receber <sup>2</sup>	Receita anual <sup>1</sup>	Contas a receber <sup>2</sup>	Receita anual <sup>1</sup>	Contas a receber <sup>2</sup>
Modelo I	6.321	718	-	-	-	-
Modelo II	12.641	1.436	25.281	2.873	34.761	3.950
Modelo III	37.921	4.309	75.842	8.618	104.283	11.850

Obs.: (2) =  $[(1) \times 0,5 \times 60 \text{ dias}] / 264 \text{ dias/ano}$

### c) Estoques:

**c.1) Materiais de Consumo:** Foi considerado o estoque em quantidades necessárias ao atendimento de 15 dias de produção dos itens de consumo, compreendendo materiais de perfuração, detonação, telas, combustíveis e lubrificantes, além de pneus (1 conjunto para caminhão e outro para pás carregadeiras) e material rodante (1 conjunto). O custo padrão adotado para a totalidade destes itens corresponde a 48% do custo direto de produção do Modelo I, 50%, do Modelo II e 53%, do Modelo III.

R\$ Mil

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Custo <sup>1</sup> direto/ano	Materiais <sup>2</sup> de consumo	Custo <sup>1</sup> direto/ano	Materiais <sup>2</sup> de consumo	Custo <sup>1</sup> direto/ano	Materiais <sup>2</sup> de consumo
Modelo I	2.062	56	-	-	-	-
Modelo II	3.330	95	6.659	189	9.156	260
Modelo III	8.818	266	17.637	531	24.250	730

Obs.: (2) = [(1) x PCDP x 15]/264 dias/ano, onde PCDP = percentual do custo direto de produção.

**c.2) Produtos em Elaboração:** Considera-se a manutenção de dois estoques intermediários, sendo um de alimentação do britador primário (20% da produção mensal) e o outro, o pulmão intermediário regulador do circuito de rebitagem. Tais estoques encontram-se orçados aos custos diretos de produção de lavra, de acordo com os volumes a seguir indicados:

*c.2.1) Estoque na alimentação do Britador Primário (20% da produção mensal).*

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Produção t/mês <sup>1</sup>	Estoque R\$ mil <sup>2</sup>	Produção t/mês <sup>1</sup>	Estoque R\$ mil <sup>2</sup>	Produção t/mês <sup>1</sup>	Estoque R\$ mil <sup>2</sup>
Modelo I	13.200	12	-	-	-	-
Modelo II	26.400	26	52.800	52	72.600	72
Modelo III	79.200	78	158.400	156	217.800	215

Obs.: (2) = (1) x 0,2 x CUL, onde CUL = Custo unitário de lavra – Modelo I: R\$ 5,45; II: R\$ 4,94; III: R\$ 4,94.

*c.2.2) Estoque Intermediário, Regulador do Circuito de Rebitagem (3 h de produção)*

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Produção t/hora <sup>1</sup>	Estoque R\$ mil <sup>2</sup>	Produção t/hora <sup>1</sup>	Estoque R\$ mil <sup>2</sup>	Produção t/hora <sup>1</sup>	Estoque R\$ mil <sup>2</sup>
Modelo I	75	3	-	-	-	-
Modelo II	150	5	300	9	413	13
Modelo III	450	13	900	25	1.238	34

Obs.: (2) = (1) x NHP x CUP, onde:

NHP = número de horas de produção (3 h)

CUP = Custo Direto unitário de produção – Modelo I: R\$ 13,02/t; II: R\$ 10,51/; III: R\$ 9,26/t

*c.2.3) Valor Total dos Estoques de Produtos em Elaboração.*

Modelos	Estoques de Produtos em Elaboração (R\$ Mil)		
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	15	-	-
Modelo II	31	61	85
Modelo III	91	181	249

**c.3) Produtos Finais:** Para os produtos finais dos Modelos considerados, foram adotados estoques equivalentes a 2% da produção anual, ou seja o equivalente a cerca de 5 dias de produção, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Estoques de produtos finais.

Produtos	Modelo I		Modelo II		Modelo III	
	Produção	Estoques	Produção	Estoques	Produção	Estoques
	Mil t/a	t	Mil t/a	t	Mil t/a	t
Alternativa A	158,4	3.168	316,8	6.336	950,4	19.008
Alternativa B	-	-	633,6	12.672	1.900,8	38.016
Alternativa C	-	-	871,2	17.424	2.613,6	52.272

Fonte: ConDet/MinaServ

O valor dos estoques de produtos finais encontra-se demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Valor dos estoques de produtos finais.

Modelos de Produção	Custo Unitário	Valor do Estoques (R\$ mil)		
	R\$/t <sup>1</sup>	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	27,07	86	-	-
Modelo II	24,03	152	305	419
Modelo III	15,00	285	570	784

Fonte: ConDet/MinaServ; Obs.: <sup>1</sup>Compreende as operações de lavra e de beneficiamento

**c.4) Peças e Materiais de Reposição:** Admitiu-se a manutenção de estoques equivalentes a 2% do valor das inversões em máquinas e equipamentos. Ter-se-á, portanto:

Modelos	Inversões em Máquinas e Equipamentos	R\$ Mil Estoque de Peças e Materiais de Reposição		
		Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	8.807	176	-	-
Modelo II	19.951	399	399	399
Modelo III	31.965	639	639	639

### 5.3.2. Recursos ou Passivo Circulante

**a) Contas a Pagar:** Admite-se o prazo médio de 15 dias para pagamento das despesas que integram o custo de produção.

R\$ Mil

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Custo total/ ano <sup>1</sup>	Contas a pagar <sup>2</sup>	Custo total/ ano <sup>1</sup>	Contas a pagar <sup>2</sup>	Custo total/ ano <sup>1</sup>	Contas a pagar <sup>2</sup>
Modelo I	4.288	244	-	-	-	-
Modelo II	7.613	433	12.298	699	16.135	917
Modelo III	14.256	810	24.919	1.416	33.271	1.890

Obs.: (2) = [(1) x 15 dias] / 264 dias/ano

**b) Impostos a pagar:** Considerou-se o prazo médio de 30 dias para pagamento dos impostos incidentes sobre a receita (ICMS, PIS, COFINS e CFEM), conforme demonstra a Tabela 11.

Tabela 11 – Impostos a pagar.

R\$ Mil

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Impostos total/ano <sup>1</sup>	Impostos a pagar <sup>2</sup>	Impostos total/ano <sup>1</sup>	Impostos a pagar <sup>2</sup>	Impostos total/ano <sup>1</sup>	Impostos a pagar <sup>2</sup>
Modelo I	915	104	-	-	-	-
Modelo II	1.830	208	3.659	416	5.032	572
Modelo III	5.489	624	10.978	1.248	15.095	1.715

Obs.: (2) = [(1) x 30 dias] / 264 dias/ano

**c) Desconto de Duplicatas:** Conforme já assinalado, admite-se que 50% das vendas sejam efetuadas a prazo (média de 60 dias), sendo descontadas 50% das duplicatas com antecipação do prazo total de faturamento. Obtém-se, conseqüentemente, a seguinte estimativa de geração de recursos circulantes em face ao desconto de duplicatas:

$$DD = (RB \times 0,25 \times 60) / DP, \text{ onde:}$$

DD = Recursos de Giro oriundo de Desconto de Duplicatas

R\$ Mil

Modelos	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
	Receita total/ano <sup>1</sup>	Desconto de duplicatas <sup>2</sup>	Receita total/ano <sup>1</sup>	Desconto de duplicatas <sup>2</sup>	Receita total/ano <sup>1</sup>	Desconto de duplicatas <sup>2</sup>
Modelo I	6.321	359	-	-	-	-
Modelo II	12.641	718	25.281	1.436	34.761	1.975
Modelo III	37.921	2.155	75.842	4.309	104.283	5.925

Obs.: (2) = [(1) x 0,5 x 0,5 x 60 dias]/264 dias/ano

## 6. CUSTOS DE PRODUÇÃO

Os custos de produção nos Modelos analisados foram estimados levando-se em conta os regimes de operação considerados e a plena ocupação das capacidades instaladas. Neste item, são descritos os critérios adotados nessa estimativa, bem como a composição dos custos diretos e indiretos e a consolidação do custo total da produção.

A mão-de-obra direta foi dimensionada e orçada segundo operações do processo produtivo e categorias funcionais. Para os regimes de dois ou de três turnos, os custos da mão-de-obra direta foram tomados proporcionalmente à produção, levando-se em consideração os acréscimos previstos na legislação trabalhista. Os custos adotados incorporam encargos de 80%.

### 6.1. Custos Diretos

Encontram-se a seguir apresentadas as estimativas dos custos diretos de produção.

#### 6.1.1. Desenvolvimento e Preparação da Lavra

Considerou-se, em qualquer dos módulos, a necessidade de remoção de 1 m<sup>3</sup> de estéril escarificável para cada 10 m<sup>3</sup> de produção (relação estéril/ material útil de 1/10), utilizando-se pá mecânica na carga e transporte para o “bota-fora” localizado a uma distância inferior a 500 m.

#### 6.1.2. Lavra

A Tabela 12 apresenta a composição do custo direto de produção nas operações de lavra.

Tabela 12 – Composição do custo direto de lavra.

R\$ Mil

Itens de Custos	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. A
Desmonte Primário	240	380	760	1044	1.136	2.271	3.122
Desmonte Secundário	20	41	82	112	122	245	336
Carga	345	658	1322	1820	1.978	3.957	5.434
Transporte	148	283	566	776	850	1.699	2.329
Diversos	110	202	403	554	607	1.215	1.667
<b>Total</b>	<b>863</b>	<b>1.564</b>	<b>3.133</b>	<b>4.306</b>	<b>4.693</b>	<b>9.387</b>	<b>12.888</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

#### 6.1.3. Beneficiamento

A Tabela 13 apresenta a composição do custo direto de produção nas operações de beneficiamento.

Tabela 13 – Composição do custo direto de beneficiamento.

R\$ Mil

Itens de Custos	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. A
Britagem Primária	81	161	321	442	485	969	1.330
Rebritagem	263	526	1.051	1.447	1.567	3.138	4.318
Classificação	69	138	276	380	413	827	1.134
Diversos	13	25	51	71	74	148	204
<b>Total</b>	<b>426</b>	<b>850</b>	<b>1.699</b>	<b>2.340</b>	<b>2.539</b>	<b>5.082</b>	<b>6.986</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

#### 6.1.4. Sumário do Custo Direto

A Tabela 14 apresenta a consolidação dos custos diretos estimados para cada um dos Modelos e Alternativas consideradas.

Tabela 14 – Composição do custo direto de produção.

R\$ Mil

Itens de Custos	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Mão-de-obra	643	656	1.309	1.802	801	1.600	2.197
Decapeamento	69	138	275	378	414	824	1.131
Lavra	863	1.564	3.133	4.306	4.693	9.387	12.888
Beneficiamento	426	850	1.699	2.340	2.539	5.082	6.986
Expedição	61	123	242	334	365	727	999
<b>Custo Direto Anual</b>	<b>2.062</b>	<b>3.331</b>	<b>6.658</b>	<b>9.160</b>	<b>8.812</b>	<b>17.620</b>	<b>24.201</b>
Produção (mil t/ano)	158,4	316,8	633,6	871,2	950,4	1.900,8	2.613,6
<b>Custo direto unitário (R\$/ t)</b>	<b>13,02</b>	<b>10,51</b>	<b>10,51</b>	<b>10,51</b>	<b>9,27</b>	<b>9,27</b>	<b>9,26</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

## 6.2. Custos Indiretos

A composição dos custos indiretos de produção encontra-se apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 – Composição do custo indireto de produção.

Itens de Custos	R\$ Mil/ano						
	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
<b>Mão-de-Obra</b>	<b>1.042</b>	<b>2.087</b>	<b>2.713</b>	<b>3.341</b>	<b>2.261</b>	<b>2.939</b>	<b>3.614</b>
Administração	393	1.051	1.368	1.682	1.051	1.368	1.679
Manutenção	355	355	462	567	454	590	726
Serviços Gerais	31	151	196	240	174	225	277
Almoxarifado	46	173	224	278	174	225	278
Segurança	135	135	176	217	135	176	216
Expedição	28	28	35	46	28	36	46
Vendas	54	194	252	311	245	319	392
<b>Custos Administrativos</b>	<b>1.131</b>	<b>2.088</b>	<b>2.713</b>	<b>3.341</b>	<b>2.861</b>	<b>3.717</b>	<b>4.572</b>
<b>Manutenção</b>	<b>53</b>	<b>107</b>	<b>214</b>	<b>293</b>	<b>322</b>	<b>643</b>	<b>884</b>
<b>Total (R\$ Mil/ano)</b>	<b>2.226</b>	<b>4.282</b>	<b>5.640</b>	<b>6.975</b>	<b>5.444</b>	<b>7.299</b>	<b>9.070</b>
<b>Produção (Mil t/ano)</b>	<b>158,4</b>	<b>316,8</b>	<b>633,6</b>	<b>871,2</b>	<b>950,4</b>	<b>1.900,8</b>	<b>2.613,6</b>
<b>Custo Ind. Unit. (R\$/t)</b>	<b>14,05</b>	<b>13,52</b>	<b>8,90</b>	<b>8,01</b>	<b>5,73</b>	<b>3,84</b>	<b>3,47</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

### 6.3. Custo Total de Produção

A Tabela 16 consolida os custos totais de produção.

Custos	R\$ Mil/ano						
	Modelo I	Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Custo Direto	2.062	3.331	6.658	9.160	8.812	17.620	24.201
Custo Indireto	2.226	4.282	5.640	6.975	5.444	7.299	9.070
<b>Custo Total</b>	<b>4.288</b>	<b>7.613</b>	<b>12.298</b>	<b>16.135</b>	<b>14.256</b>	<b>24.919</b>	<b>33.271</b>
<b>Produção (Mil t/ ano)</b>	<b>158,4</b>	<b>316,8</b>	<b>633,6</b>	<b>871,2</b>	<b>950,4</b>	<b>1.900,8</b>	<b>2.613,6</b>
<b>Custo total unitário (R\$/t)</b>	<b>27,07</b>	<b>24,03</b>	<b>19,41</b>	<b>18,52</b>	<b>15,00</b>	<b>13,11</b>	<b>12,73</b>

Fonte: ConDet/MinaServ

## 7. ANÁLISE DE RENTABILIDADE E GERAÇÃO DE VALOR

Para cada uma das combinações expressas na Figura 1 (Item 3.2, pág. 350), foram determinados os seguintes indicadores de decisão:

**TIR - Taxa Interna de Retorno (IRR - Internal Rate of Return):** evidencia a rentabilidade efetiva do empreendimento.

**PDR - Prazo de Retorno (*Payback*):** evidencia o tempo necessário para recuperação do investimento inicial.

**PDE - Ponto de Equilíbrio (*Break Even Point*):** evidencia o índice de ocupação da capacidade instalada necessário para equilibrar receitas e despesas.

**VPL - Valor Atual Líquido (*Net Present Value - NPV*):** evidencia a capacidade de geração de valor do empreendimento.

### 7.1. Indicadores de Decisão para o Cenário A

A Tabela 17 apresenta os principais parâmetros considerados na simulação do Cenário A.

Tabela 17 – Parâmetros adotados e indicadores de decisão – Cenário A.

Discriminação	Modelo I	Modelos/Alternativas - Cenário A					
		Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Capacidade de Produção (Mil t/ano)	158,4	316,8	633,6	871,2	950,4	1.900,8	2.613,6
Investimentos Totais (R\$ 10 <sup>6</sup> )	13,7	30,7	31,3	31,7	50,1	51,8	53,1
- Inversões Fixas	11,7	26,4	26,4	26,4	42,4	42,4	42,4
- Despesas Pré-Operacionais	1,0	2,2	2,2	2,2	3,6	3,6	3,6
- Capital de Giro	0,5	1,0	1,6	2,0	2,4	4,1	5,4
- Compensação Ambiental	0,5	1,1	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7
Investimento/t de capacidade instalada (R\$/t)	86,49	96,91	49,40	36,39	52,71	27,25	20,32
Receita Bruta (R\$ 10 <sup>6</sup> /ano) <sup>1</sup>	6,3	12,6	25,3	34,8	37,9	75,8	104,3
Custo dos Prod. Vendidos (R\$10 <sup>6</sup> /ano)	4,3	7,6	10,9	13,4	14,3	23,1	29,7
- Custo Direto	2,1	3,3	6,6	9,1	8,8	17,6	24,3
- Custo Indireto	2,2	4,3	4,3	4,3	5,5	5,5	5,5
- Custo Unitário de Produção (R\$/t)	27,15	23,99	17,20	15,38	15,05	12,15	11,36
Depreciação e Amortização	1,2	2,8	2,8	2,8	4,4	4,4	4,4
Lucro Líquido/Receita líquida (%)	0	3,9	23,2	28,85	27,1	36,0	38,4
Lucro Líquido/Investimento total (%)	0	1,4	16,2	26,9	17,7	45,5	65,2
Taxa Interna de Retorno (% a.a.)	1,2	2,7	16,5	24,3	17,8	35,8	46,5
Prazo de Retorno " <i>Pay Back</i> " (anos)	19,3	17,2	5,3	3,7	4,9	2,6	2,1
Ponto de Equilíbrio (%) <sup>a</sup>	110,3	100,3	61,8	48,5	56,4	32,9	25,7
Geração de valor privado-VPL <sup>b</sup> a 12,5% a.a. (R\$M)	-6,7	-13,9	7,9	25,9	17,0	93,0	150,0
Geração de valor social-VPL a 6,0% a.a. (R\$M)	-7,8	-10,2	57,2	107,7	120,7	355,7	531,9

Fonte: ConDet/MinaServ; <sup>a</sup>Ocupação da Capacidade Instalada; <sup>b</sup>VPL = Valor Presente Líquido



Para cada combinação Modelo/Alternativa, a Tabela 17 evidencia os indicadores de decisão a seguir comentados:

**TIR:** Tanto a escala de produção (Modelo produtivo) quanto o regime de operação (Alternativa de número de turnos) exercem sensíveis efeitos sobre a rentabilidade dos empreendimentos em análise. Verifica-se, conforme demonstrado na Tabela 18, que o Modelo I / Alternativa A (75 t/hora, em turno único) e o Modelo II/Alternativa A (150 t/hora, em turno único) apresentam-se antieconômicos. Portanto - diante aos padrões de competitividade e de sustentabilidade adotados na presente simulação - conclui-se pela inviabilidade de se iniciar, hoje, novos empreendimentos, em tais condições. Assinale-se também que a variação da rentabilidade encontra-se condicionada não apenas à escala de produção e ao regime de trabalho, como também à diferenciação do perfil tecnológico considerado nos modelos de produção submetidos à análise econômica.

Tabela 18 – Taxa interna de retorno – Cenário A.

(% a.a.)

Modelos	Cenário A		
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	1,2	-	-
Modelo II	2,7	16,5	24,3
Modelo III	17,8	35,8	46,5

**PDR:** a Tabela 17 evidencia que os PDRs situam-se em patamares superiores a 17 anos nas situações relativas ao Modelo I/Alternativa A e Modelo II/Alternativa A. Nos demais casos, o PDR apresenta-se inferior a 6 anos.

**PDE:** a Tabela 17 expressa os níveis mínimos de ocupação de capacidade instalada requeridos para igualar a receita bruta à soma de impostos sobre vendas, custos diretos, custos indiretos, depreciação e despesas gerais e administrativas. Verifica-se que os Modelos I e II / Alternativa A apresentam PDEs em patamares críticos. Situações com escalas mais elevadas oferecem condições favoráveis à redução da produção em períodos de retração de demanda.

**VPL (à taxa de desconto de 12,5% a.a.):** Da análise dos resultados apresentados na Tabela 19 verifica-se um comportamento de sensíveis variações de VPL à medida em que se desloca entre as Alternativas ou entre os Modelos considerados.

Tabela 19 – Valor presente líquido a 12,5% a.a. – Cenário A.

(R\$ 10<sup>6</sup>)

Modelos	Cenário A		
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	-6,7	-	-
Modelo II	-13,9	7,9	25,9
Modelo III	17,0	93,0	150,1

## 7.2. Indicadores de Decisão para o Cenário B

Os principais parâmetros considerados na simulação do Cenário B, encontram-se apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Parâmetros adotados e indicadores de decisão – Cenário B.

Discriminação	Modelo I	Modelos/Alternativas – Cenário B					
		Modelo II			Modelo III		
	Alt. A	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Capacidade de Produção (Mil t <sup>3</sup> /ano)	153,7	307,4	614,8	845,4	921,9	1.843,8	2.535,2
Investimentos Totais (R\$ 10 <sup>6</sup> )	15,4	32,6	33,3	33,7	52,6	54,5	55,9
- Inversões Fixas	13,3	28,1	28,1	28,1	44,5	44,5	44,5
- Despesas Pré-Operacionais	1,1	2,4	2,4	2,4	3,8	3,8	3,8
- Capital de Giro	0,5	1,0	1,7	2,1	2,5	4,4	5,8
- Compensação Ambiental	0,5	1,1	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8
Investimento/t de capacidade instalada (R\$/t)	100,20	106,05	54,16	39,86	57,06	29,56	22,05
Receita Bruta (R\$ 10 <sup>6</sup> /ano) <sup>1</sup>	6,1	12,2	24,5	33,7	36,7	73,4	101,0
Custo dos Prod. Vendidos (R\$10 <sup>6</sup> /ano)	4,3	7,7	11,2	13,8	14,6	23,8	30,7
- Custo Direto	2,1	3,4	6,9	7,5	9,1	18,3	25,2
- Custo Indireto	2,2	4,3	4,3	4,3	5,5	5,5	5,5
- Custo Unitário de Produção (R\$/t)	27,98	25,05	18,22	16,32	15,84	12,91	12,11
Depreciação e Amortização	1,4	2,9	2,9	2,9	4,7	4,7	4,7
Lucro líquido/Receita líquida (%)	0	0,3	20,8	26,3	24,8	34,2	36,8
Lucro Líquido/Investimento total (%)	0	0,1	13,5	23,5	15,0	41,3	61,1
Taxa Interna de Retorno (% a.a.)	1,1	1,2	14,4	21,8	15,7	33,2	43,6
Prazo de Retorno "Pay Back" (anos)	19,2	19,2	6,0	4,1	5,5	2,8	2,2
Ponto de Equilíbrio (%) <sup>a</sup>	113,7	36,8	21,1	15,9	58,9	34,5	26,9
Geração de valor privado-VPL <sup>b</sup> a 12,5% a.a. (R\$M)	-7,4	-16,0	3,9	20,7	10,4	82,8	137,1
Geração de valor social-VPL a 6,0% a.a. (R\$M)	-11,7	-16,8	46,6	94,1	87,4	288,8	439,9

Fonte: ConDet/MinaServ; <sup>a</sup>Ocupação da Capacidade Instalada; <sup>b</sup>VPL = Valor Presente Líquido.

Para cada combinação Modelo/Alternativa, a Tabela 20 demonstra também os indicadores de decisão a seguir comentados:

**TIR:** Nas condições de Cenário B, verifica-se que, para cada combinação Modelo/Alternativa, a TIR apresenta-se inferior à correspondente situação do Cenário A, conforme demonstrado na Tabela 21.

Tabela 21 – Taxa interna de retorno – Cenário B.

(% a.a.)

Modelos	Cenário B		
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	1,4	-	-
Modelo II	1,2	14,4	21,8
Modelo III	15,7	33,2	43,6

**PDR:** Nas condições do Cenário B, os PDRs situam-se em patamares superiores a 19 anos nas situações relativas ao Modelo I/Alternativa A e Modelo II/Alternativa A. Nos demais casos, o PDR apresenta-se igual ou inferior a 6 anos, conforme evidenciado na Tabela 20.

**PDE:** Da análise da Tabela 20 verifica-se que cada combinação Modelo/Alternativa de Cenário B apresenta PDEs mais severos do que as correspondentes situações de Cenário A.

**VPL (à taxa de desconto de 12,5% a.a.):** Para as condições do Cenário B, os resultados das variações de VPL encontram-se apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 – Valor presente líquido a 12,5% a.a – Cenário B.

(R\$ 10<sup>6</sup>)

Modelos	Cenário B		
	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Modelo I	7,4	-	-
Modelo II	-16,0	3,9	20,7
Modelo III	10,4	82,8	137,1

## 8. COMPARAÇÃO DOS INDICADORES DE CENÁRIOS A E B

Ao se comparar os resultados dos dois Cenários analisados, verifica-se que os valores do Cenário B (com processamento de ECD e produção de areia de brita) apresentam-se inferiores aos do Cenário A, evidenciando uma perda de valor de 32% (Modelo I/Alternativa A), de 57% (Modelo II/Alternativa B) ou de 11% (Modelo III/Alternativa C). Tal perda encontra-se associada ao fato de que, no Cenário B, cada situação considerada possui receitas inferiores e investimentos e custos operacionais superiores aos de correspondentes situações do Cenário A.

As Figuras 2 e 3 evidenciam o comportamento da TIR e do VPL sob efeito das variações consideradas de Cenários, Modelos e Alternativas consideradas.

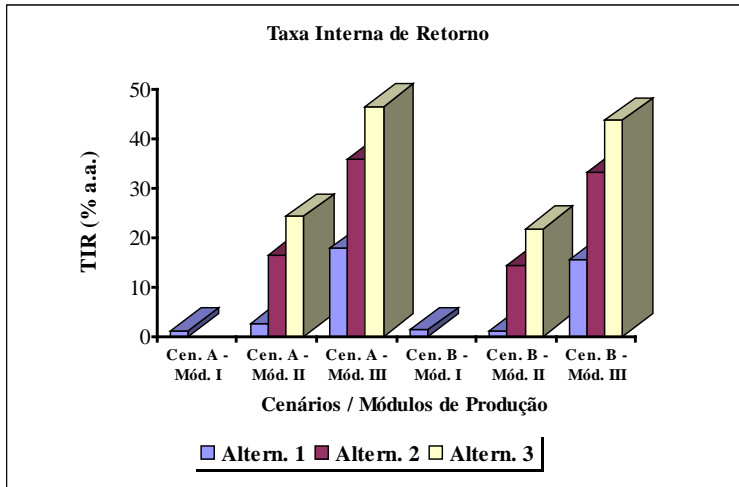


Figura 2 – Taxa interna de retorno.

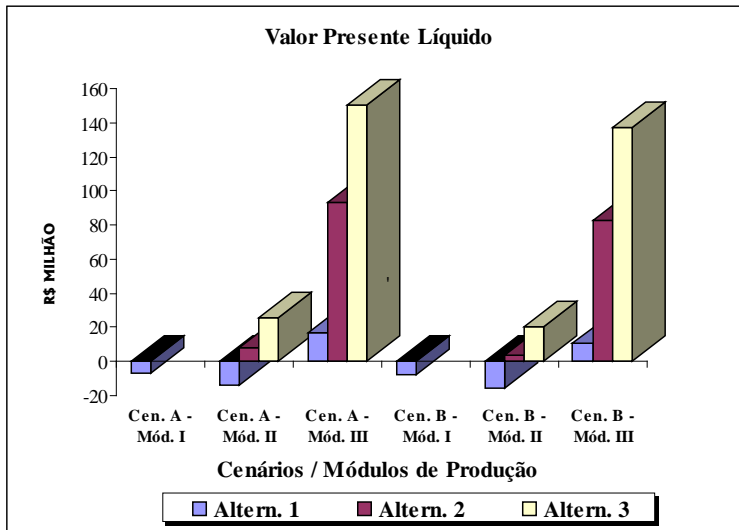


Figura 3 – Valor presente líquido – VPL.

Por sua vez, a Figura 4 apresenta a análise da variação da TIR segundo os Cenários, Modelos produtivos e Alternativas consideradas na simulação empreendida.

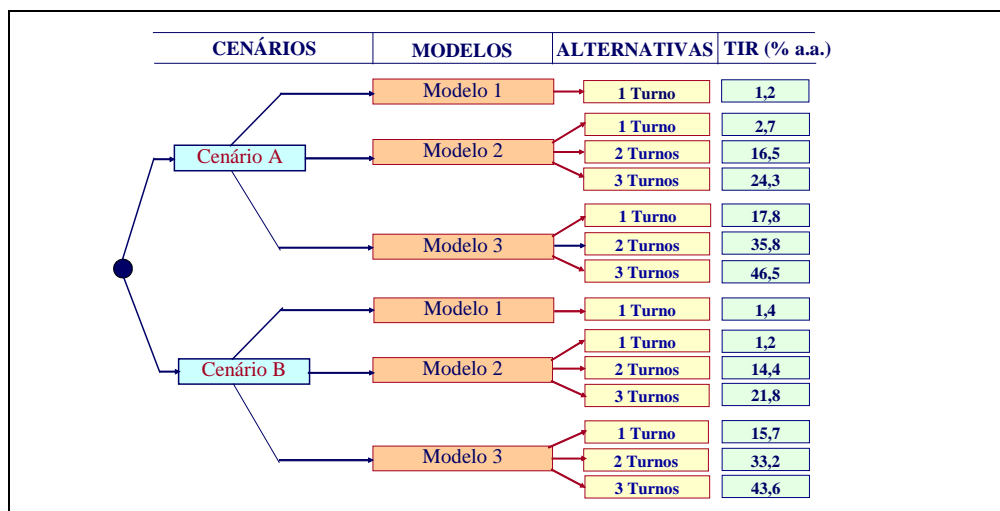


Figura 4 – Variação da TIR nas situações analisadas.

Os resultados obtidos, através de modelo automatizado de simulação e análise econômica especialmente desenvolvido, evidenciaram a importância das decisões relativas à linha de produtos, escala de produção e número de turnos de trabalho, no planejamento de investimentos no setor de agregados para construção.

No item subsequente serão indicados alguns dos mecanismos compensatórios de que se pode lançar mão para neutralizar a perda de valor associada ao virtuoso Cenário B, buscando-se também investigar as bases de conciliação de interesses privados com as diretrizes de políticas públicas associadas ao ordenamento do território e ao desenvolvimento sustentável.

## 9. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR

O presente item apresenta subsídios para formulação e implementação de programas para o desenvolvimento competitivo e sustentável do setor de agregados, nos principais centros urbanos do país.

### 9.1. Reversão Tecnológica e Econômica dos Pólos de Agregados

Na reversão dos atuais conflitos locais e ambientais que envolvem a produção de agregados nas regiões metropolitanas (RMs), ações mitigadoras pontuais devem ser complementadas por medidas de **zoneamento de uso e ocupação do solo**, seja para garantir a segurança e a estabilidade institucional aos produtores, em suas atuais localizações, ou para direcionar consistentes processos de relocação, nos casos de difícil reversão.

Combinadamente com esforços de ordenamento do território, a reversão dos atuais conflitos deverá também ser sustentada por importantes saltos tecnológicos, seja nos processos de lavra e beneficiamento, ou em tecnologia de produto, onde se destacam as oportunidades de produção de areia de brita e de reprocessamento de entulho de construção e demolição (ECD).

É importante ressaltar que diante à inexistência de programas de zoneamento que estabeleçam áreas reservadas para a produção de agregados nas RMs, os agentes de produção sujeitam-se a diferentes percepções de riscos, optando, conseqüentemente, por soluções que minimizem investimentos, mediante o comprometimento de áreas mais reduzidas do que as que seriam requeridas para viabilizar uma lavra por bancadas.

Condicionam-se, portanto, a sítios comprimidos e, conseqüentemente, à adoção de técnicas rudimentares (lavra em paredão e marteletes) associadas a piores condições de trabalho, do que decorre custos mais acentuados de produção com sérios prejuízos seja sob o ponto de vista da posição competitiva da empresa ou dos impactos ambientais associados à sua operação.

A simulação e análise econômica apresentada no item 6 evidenciou a importância das decisões relativas à escala de produção, estilo tecnológico e número de turnos de trabalho, na geração de valor e na rentabilidade de modelos alternativos de produção de brita e, portanto, no planejamento de investimentos no setor de agregados para construção.

Por outro lado, o item 7 estabeleceu a comparação dos indicadores de decisão, obtidos em cada um dos dois cenários considerados, evidenciando que as atividades de produção de areia de brita e de processamento de ECD são redutoras de valor.

Tendo em vista que, nas condições dominantes em grandes centros urbanos, a difusão de tais atividades possui um caráter altamente virtuoso - em termos de ordenamento territorial e de conseqüentes contribuições para o desenvolvimento sustentável - torna-se necessário neutralizar a perda de valor e a conseqüente diferença de atratividade entre os dois cenários, mediante a adoção de mecanismos compensatórios que estimulem as empresas produtoras de agregados a adotarem as práticas de produção de areia de brita e de processamento de ECD. Neste sentido, os seguintes mecanismos de estímulo podem ser considerados, dentre outros:

**Estímulo Fiscal:** Uma das possíveis medidas para estimular o produtor de brita a migrar do Cenário A para o Cenário B é a redução de carga fiscal de tal forma a equiparar a geração de valor de cada empreendimento nas condições de Cenário B à do correspondente empreendimento nas condições de Cenário A.

***Estímulo à captação e transporte de ECD:*** A equiparação de empresas que ingressem no Cenário B às suas correspondentes situações atuais no Cenário A podem também ser estabelecidos através de um processo de captação e transporte de ECD, a ser empreendido mediante serviços a serem prestados por tais empresas.

***Estímulo à formação de áreas de proteção das unidades de produção de brita:*** Tanto o deslocamento entre modelos de produção do Cenário A quanto a migração do Cenário A para o Cenário B podem ser estimulados mediante a concessão de terrenos necessários à formação de áreas de proteção das unidades de produção. O estímulo concebido corresponderá à transferência para produtores, em processo de reconversão, de áreas pertencentes ao poder público ou por este desapropriadas.

## **9.2. Subsídios para Instrumentação de Políticas Públicas**

Tendo em vista a magnitude das questões envolvidas com o suprimento de agregados, bem como os correspondentes impactos e consequências, políticas públicas de desenvolvimento de âmbito nacional, estadual e municipal devem ser formuladas e implementadas, com ênfase nas RMs. Tais políticas devem adotar uma metodologia de planejamento estratégico participativo que assegure pré-requisitos para o desenvolvimento sustentável, a partir de soluções negociadas com os diferentes atores envolvidos.

Conforme já assinalado no Capítulo 20 deste Manual, cumpre ressaltar que o sentido prioritário de uma política de desenvolvimento dos parques produtores de agregados das RMs deve ser o de assegurar o suprimento do produto com um desempenho competitivo que concilie a atividade produtiva com o meio ambiente e o processo de uso e ocupação do solo. A implementação de tal processo impõe a realização de mudanças nos ordenamentos territoriais, de forma a propiciar a localização de empreendimentos em áreas protegidas da ocorrência de conflitos, possibilitando, conseqüentemente, a adoção de tecnologias, escalas e regime de operação sintonizados com os atuais paradigmas de eficiência e produtividade da indústria de agregados.

As políticas públicas aqui sugeridas deverão prever, para cada RM, a definição de programas, sub-programas e projetos alicerçados nos seguintes princípios comuns:

- pólos produtores de agregados para construção civil devem ser enfocados como arranjos produtivos regionais compreendidos pelas respectivas cadeias industriais, envolvendo não apenas as operações de lavra, beneficiamento e comercialização de brita e areia (natural e manufaturada), como também os segmentos de consumo e comercialização intermediária, bem como o de produção secundária (reciclagem de ECD, além de outros possíveis rejeitos).

- os referidos arranjos produtivos devem também compreender a cadeia de apoio constituída por fornecedores de bens e serviços, além dos demais agentes envolvidos, tais como entidades estaduais e federais, prefeituras, representações empresariais (ex.: ANEPAC, IBRAM, sindicatos e federações de indústrias), Centros de Pesquisas, Universidades e Escolas Técnicas.
- cada RM deve ser submetida a estudo de análise ambiental estratégica, que permita conceber e implementar um processo de zoneamento de uso e ocupação do solo, que concilie os interesses dos diferentes atores envolvidos.
- para assegurar a reconversão tecnológica e econômica dos correspondentes parques produtores de agregados, os programas e sub-programas que venham a ser concebidos e implementados nas RMs deverão estabelecer mecanismos de estímulo ao aprimoramento de tecnologias de processo e de produto, envolvendo a desejável produção de areia de brita e o processamento de ECD, além de mudanças de escala de produção e de possíveis relocações.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CALAES, G. - Avaliação Econômica de Propriedades Minerais. 1995. Apostila para Seminário com a equipe da Gerência de Avaliação de Garantias Reais e de Mineração e Metalurgia do BNDES, Rio de Janeiro, 1995.
- CALAES, G. - Gestão do Negócio de Agregados. In: TANNÚS, M. e CARMO, J. C. (eds.) Agregados para a Construção Civil no Brasil: Contribuições para Formulação de Políticas Públicas. Belo Horizonte, CETEC. 2007, 234 p.
- CALAES, G. - O Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Mineral Sustentável e Competitivo – Dois Caso de Não Metálicos no Rio de Janeiro. 298f. Tese de Doutorado. Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
- CALAES, G. - Competitividade e Sustentabilidade na Indústria Mineral. Palestra apresentada na VII Conferência Internacional sobre Tecnologias Limpas para a Indústria Mineral, Búzios, outubro, 2006.
- CALAES, G., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2002. 245 f. Trabalho realizado para o DG/IGEO/CCMN/UFRJ com apoio do CT-Mineral, Rio de Janeiro, 2002.
- CALAES, G., MARGUERON, C., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Simulação e Análise Econômica de Unidades Produtoras de Agregados para Construção. Areia & Brita, São Paulo, nº 32, outubro e novembro, 2005, p. 15-19.



CALAES, G., MARGUERON, C., PIQUET CARNEIRO, B. e GURGEL DO AMARAL, J. A. - Reversão Técnico-Econômica de Pólos Produtores de Agregados, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano Sustentável. Areia & Brita, São Paulo, nº 35, julho e setembro, 2006, p. 28-34.

MINASERV - Simulação e Análise de Módulos Alternativos de Produção de Brita, In: Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, UFRJ/ConDet, 2002, 245 f.

PIQUET CARNEIRO, B., TAVARES, L. M. (2006a). - Produção de agregado graúdo para a construção civil. Parte 1: Uma nova concepção de lavra. Areia & Brita, São Paulo, nº 34, junho, p. 8-14.

PIQUET CARNEIRO, B., TAVARES, L. M. (2006b). - Produção de agregado graúdo para a construção civil. Parte 2: Novos conceitos no projeto de usinas de beneficiamento. Areia & Brita, São Paulo, nº 35, setembro, p. 20-27.

REVISTA Areia & Brita, 1997/2007.



CAPÍTULO

---

---

20

---

# IMAGEM PÚBLICA DO SETOR DE AGREGADOS

Gilberto Dias Calaes  
Economista; Pós-graduado em Economia Mineral  
Doutor em Geologia Regional e Econômica  
Diretor da ConDet Ltda

José Alexandre Gurgel do Amaral  
Engenheiro de Minas e Metalurgia  
Mestre em Meio Ambiente



## 1. INTRODUÇÃO

O setor de agregados minerais possui uma imagem pública distorcida, devido a posturas inadequadas de atores que compreendem a sua cadeia produtiva e, principalmente, à ineficácia de políticas e programas governamentais diante às questões regulatórias e de ordenamento territorial associadas aos pólos produtores de areia, brita e cascalho.

Em razão de uma ampla percepção de seus impactos negativos e da baixa divulgação de seus impactos positivos, o setor é estigmatizado como típico gerador de conflitos de uso e ocupação do solo, aos quais se associam diferenciadas externalidades.

Para superação deste contexto, de um lado, é necessário promover uma larga conscientização da opinião pública como um todo e dos principais atores sociais, em particular, com relação às características do setor, sua importância e essencialidade para a sociedade, seus principais obstáculos e desafios e, principalmente, às soluções capazes de minimizar os seus impactos e externalidades negativas.

Entretanto, a reversão da atual imagem pública do setor, requer o planejamento e a implementação de um conjunto de medidas articuladas visando não apenas o equacionamento dos atuais conflitos de uso e ocupação do solo, como também as mudanças de caráter técnico, gerencial e financeiro que assegurem a reconversão dos atuais pólos produtores de agregados minerais para um novo patamar de elevada produtividade e qualidade de produtos e processos, seja sob a ótica privada ou social.

O presente capítulo busca estabelecer uma compreensão do setor de agregados minerais, mediante a descrição do seu perfil, de suas características e da sua importância para a sociedade. Busca também verificar os fatores determinantes da imagem negativa que estigmatiza os pólos produtores de agregados minerais, assim como as perspectivas e tendências de evolução do setor. A partir de tais compreensões, são recomendadas as bases para a formulação e implementação de planos de reversão da atual imagem pública do setor.

## 2. O SETOR DE AGREGADOS MINERAIS

Visando favorecer a boa compreensão das questões relacionadas à imagem pública dos pólos produtores de agregados minerais, a caracterização a seguir apresentada procura abordar o panorama mundial do setor, o perfil de sua cadeia de produção e os principais indicadores do mercado brasileiro.

## 2.1. Panorama Mundial

A produção industrial de agregados graúdos (brita) foi iniciada na Inglaterra, no início do século XIX e se expandiu aceleradamente, a partir do surgimento do britador mecânico, por volta de 1860. Até o final do século XIX, o lastro ferroviário era a principal utilização da pedra britada.

No início do século XX, já se utilizava a pedra britada na produção do concreto e, a partir de 1920, nos EUA, a construção e pavimentação de rodovias passa a ser o segmento de mais intensivo consumo de brita.

Na atualidade, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, após a água. A propósito, particularizando os insumos minerais de mais intensivo consumo pela atual civilização, verifica-se a liderança dos agregados minerais (brita, areia e cascalho):

Tabela 1 – Insumos minerais mais consumidos no mundo.

Insumos Minerais	Kg/habitante/vida
Brita	4.704
Areia e cascalho	3.750
Petróleo	3.650
Ferro e aço	520
Cimento	300
Alumínio	24

Fonte: Cuichierato, 2011

Atualmente, cada habitante do planeta consome 3,5 t de agregados por ano. Nos EUA, o consumo per capita de agregados é da ordem de 9 t/ habitante/ ano e, na Europa Ocidental, de 6 a 10 t/habitante/ano.

Tabela 2 – Consumo percapita de agregados comparado a outros materiais.

Material	Europa	EUA	China	Índia	Mundo	Brasil		
						2008	2015	2030
Agregados (t)	6/10	9	Nd	Nd	3,5	2,5	3,6	7,0
Cimento (kg)	400/1200	425	900	136	393	270	372	726
Aço (kg)	400/700	396	330	52	202	126	198	401
Alumínio (kg)	20/30	30	7,8	1,1	5,7	4,9	6,5	12,8

Fonte: Cuchierato, 2011

Face à continuada expansão da população mundial, acompanhada da intensificação da taxa de urbanização, o suprimento de agregados para atendimento às necessidades de expansão dos centros urbanos passou a ser uma questão em destaque na agenda do planejamento urbano e do desenvolvimento sustentável. Diante a este contexto, sobressaem as seguintes principais tendências e perspectivas no panorama mundial da produção e consumo de agregados minerais:

- concentração da produção em grandes grupos verticalizados;
- automação intensiva e gestão avançada;
- racionalização dos fluxos de transporte;
- aproveitamento de cavas de extrações para outros usos econômico-sociais;
- produção de materiais alternativos com pressão decrescente sobre o recurso natural;
- intensificação da reciclagem de entulho de construção e demolição;
- participação de Universidades, Instituições públicas e Redes sociais, na solução de desafios e conflitos da produção e consumo de agregados com o desenvolvimento sustentável.

Internacionalmente, o setor de agregados minerais se notabiliza pela comercialização de produtos de baixo preço unitário e de alto custo de transporte. Consequentemente, a proximidade em relação aos centros de consumo constitui o principal fator de decisão locacional das unidades produtoras. Diante a tal condicionante, o setor de agregados atende tipicamente a mercados domésticos, não sendo um setor voltado a trocas internacionais, a não ser no caso de algumas regiões do mundo, tais como a Europa Ocidental, onde unidades de produção de um país apresentam relativa proximidade em relação a pólos de consumo de outros países, além de contar com alternativas de transporte de alta eficiência e baixo custo (ex: transporte fluvial no Rio Reno).

## **2.2. Cadeia de Produção**

A cadeia industrial de suprimento de agregados minerais encontra-se inserida no macro-setor da construção civil, o qual deverá evoluir a sua participação no PIB nacional de 8,3%, em 2009, para 9,5%, em 2022, conforme assinala o relatório “Brasil 2022: planejar, construir, crescer” – publicado pela ConstruBusiness 2010 (9º Congresso Brasileiro da Construção) e desenvolvido por LCA Consultores e FGV Projetos para o Departamento da Indústria e Construção da FIESP.

O referido relatório indica que, em 2009, os investimentos em construção atingiram R\$ 244 bilhões (46% do total de investimentos realizados no país ou 9% do PIB), um grande salto em relação a 2005, quando o total de investimentos foi de R\$ 168 bilhões. Esse crescimento da cadeia de construção permitiu a geração de 1,46 milhões de novos postos de trabalho, entre 2005 e 2009.

Segundo o estudo, em 13 anos (2009 a 2022), será necessário construir 23 milhões de moradias, ou o equivalente à média de 1,8 milhões de moradias por ano, mobilizando recursos financeiros correspondentes a R\$ 204 bilhões/ano, significativamente superior aos R\$ 98 bilhões, aplicados em 2009.

O estudo prevê ainda que, no período 2009 a 2022, o setor da construção civil apresentará um crescimento à taxa de 6,1% a.a., com a criação de 3,3 milhões de novos postos de trabalho, elevando a ocupação de mão-de-obra dos 6,9 milhões de 2009 para 10,2 milhões, em 2022.

No Brasil, a produção de agregados minerais conta com cerca de 3.100 empresas (2.500 de areia e 600 de brita), que dispõem de cerca de 70 mil postos de trabalho diretos, (48 mil na produção de areia e 22 mil, na de brita) e cerca de 250 mil indiretos. Segundo a ANEPAC, o valor bruto da produção de agregados minerais no Brasil foi da ordem de R\$ 22,6 bilhões, em 2010, ou o equivalente a 0,615% do PIB.

O transporte diário de agregados no país é da ordem de 2,3 milhões t, mobilizando uma frota da ordem de 22 mil caminhões, que percorrem cerca de 5,7 milhões km/dia, segundo a ANEPAC, que estima ainda o consumo de óleo diesel em cerca de 780 milhões l/ano.

Os pólos produtores e consumidores de agregados minerais devem ser entendidos como sistemas de mercado constituídos de duas cadeias de integração:

**Cadeia Principal**, abrangendo:

- **Produção Primária:** Compreende as operações de extração, transporte interno, britagem, moagem, classificação, comercialização e distribuição da brita e areia para construção.
- **Consumo Intermediário:** Compreende os segmentos produtores de concreto asfáltico, concreto usinado e artefatos de concreto.
- **Produção Secundária:** Compreende as operações de captação, transporte, tratamento para reciclagem de materiais secundários/ resíduos (ex.: “entulhos” de construção e demolição), comercialização e distribuição de agregados e disposição dos rejeitos finais.

**Cadeia de Apoio:** Compreende os fornecedores de bens e serviços, envolvendo os setores metal-mecânico, automotivo, de serviços industriais, logística de transporte e de utilidade pública.



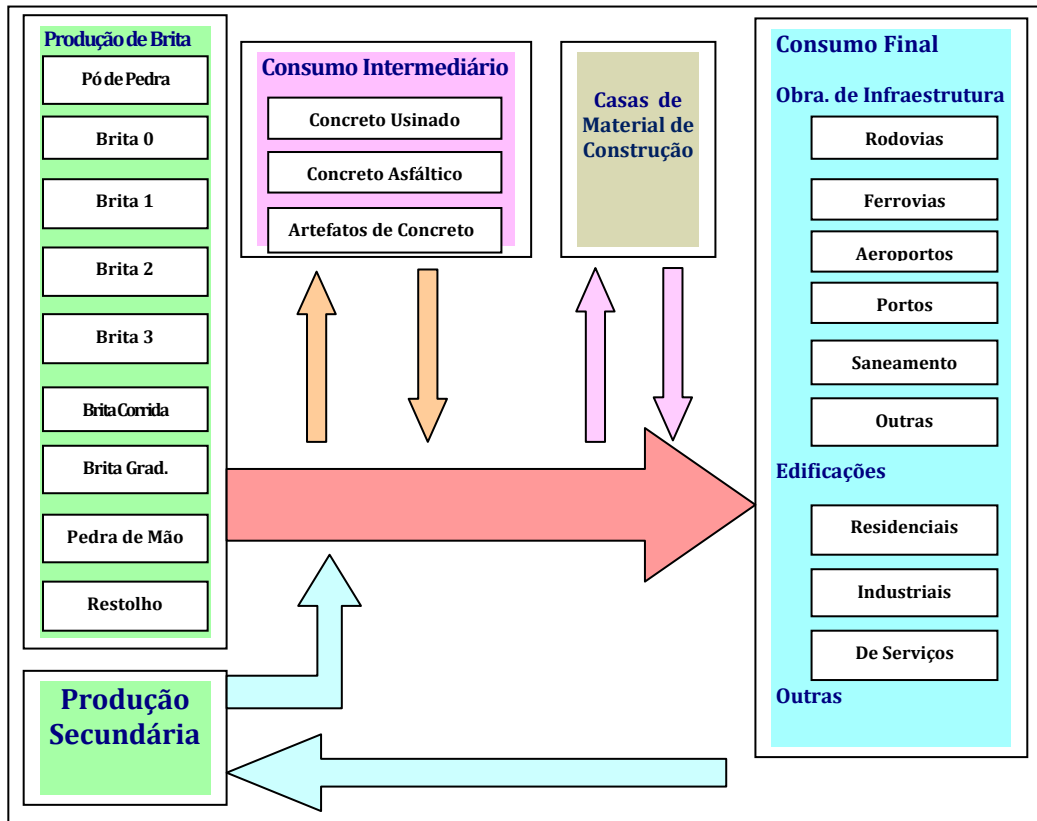


Figura 1 – Cadeia industrial de produção de agregados minerais.

Fonte: Calaes et all, 2001

Conforme a Ilustração 1, a produção de agregados minerais é direcionada para o consumo final através de três vetores:

- via consumo intermediário;
- através de casas de materiais de construção, ou
- diretamente às obras de infra-estrutura e edificações.

O setor de agregados minerais é representado nacionalmente pela ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil e a nível estadual por Sindicatos de Produtores de brita e de areia. A ANEPAC representa diretamente 80% dos 3100 produtores do país, 12 sindicatos e associações. A maioria das empresas do setor encontra-se constituída como *sociedades de responsabilidade limitada*, dedicadas exclusivamente à produção de agregados minerais, poucas sendo aquelas que atuam em outros segmentos da cadeia da construção civil, tais como produção de artefatos de concreto, de concreto asfáltico e de concreto usinado, ou ainda como construtoras/incorporadores e empreiteiras de obras civis.

### 2.3. Mercado Nacional

A produção brasileira de agregados em 2010 (estimada pela ANEPAC em 632 milhões t) confirma a posição de liderança deste bem mineral, em termos de maior volume de produção e consumo no país. A título de comparação, a produção brasileira de minério de ferro e a de petróleo, em 2010, foram da ordem de 370 milhões t e de 100 milhões t, respectivamente.

Ainda segundo a ANEPAC, em 2010, 48% da produção brasileira de agregados minerais foi realizada no Sudeste, 20%, no Nordeste, 16% no Sul, 9% no Centro-Oeste e 7%, no Norte, conforme evidenciado na Tabela 3, a qual destaca a liderança do Estado de São Paulo, com 26,6% da produção nacional, seguido por Minas Gerais, com 10,6%, Rio de Janeiro (8,7%), Paraná (6,1%), Rio Grande do Sul (5,7%), Bahia (5,6%), Santa Catarina (4,2%), Pernambuco (3,7%), Ceará (3,0%) e Pará (2,8%). Destaca também que os 10 maiores produtores responderam por 77% da produção de 2010 e que as demais 17 unidades da federação, conjuntamente, por 23% da produção brasileira realizada naquele ano.

Não considerando os baixos fluxos de comercialização interestadual e, portanto admitindo que o consumo estadual seja aproximadamente igual à correspondente produção, a Tabela 3 fornece também as estimativas de consumo per capita de agregados minerais, evidenciando, para o país como um todo, o indicador de 3,3 t/habitante/ano. As regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul são as de maior consumo per capita, com 4,0, 3,8 e 3,7 t/habitante/ano, respectivamente, enquanto as regiões Norte e Nordeste apresentaram, em 2010, índices de 2,7 e 2,4 t/habitante/ano.

Ainda da análise da Tabela 3, verifica-se que Distrito Federal, Rondônia, Santa Catarina, São Paulo e Goiás, apresentam-se como as unidades da federação de maior consumo per capita em 2010, enquanto Paraíba, Ceará, Maranhão, Piauí e Alagoas evidenciam os menores.

Tabela 3 – Produção brasileira e consumo per capita de agregados minerais – 2010.

Estado/Região	Produção		População		Superfície			Consumo per capita	
	10 <sup>6</sup> t	%	10 <sup>3</sup> habit.	%	10 <sup>3</sup> Km <sup>2</sup>	%	Hab/km <sup>2</sup>	t/hab./ano	ordem
Acre	1,9	0,3	734	0,38	164	1,93	4,47	2,6	17 <sup>a</sup>
Amapá	1,7	0,3	670	0,35	143	1,68	4,69	2,5	18 <sup>a</sup>
Amazonas	9,6	1,5	3.484	1,83	1.559	18,33	2,23	2,8	14 <sup>a</sup>
Pará	17,7	2,8	7.581	3,97	1.248	14,68	6,07	2,3	22 <sup>a</sup>
Rondônia	6,9	1,1	1.562	0,82	238	2,80	6,58	4,4	02 <sup>a</sup>
Roraima	1,1	0,2	450	0,24	224	2,63	2,01	2,4	21 <sup>a</sup>
Tocantins	4,3	0,7	1.383	0,73	278	3,27	4,98	3,1	13 <sup>a</sup>
<b>Região Norte</b>	<b>43,2</b>	<b>6,8</b>	<b>15.864</b>	<b>8,32</b>	<b>3854</b>	<b>45,32</b>	<b>4,12</b>	<b>2,7</b>	<b>IV<sup>a</sup></b>
Alagoas	6,7	1,1	3.120	1,64	28	0,33	112,33	2,1	27 <sup>a</sup>
Bahia	35,4	5,6	14.017	7,35	565	6,64	24,82	2,5	19 <sup>a</sup>
Ceará	19,2	3	8.452	4,43	149	1,75	56,76	2,3	24 <sup>a</sup>
Maranhão	14,4	2,3	6.575	3,45	332	3,90	19,81	2,2	25 <sup>a</sup>
Paraíba	8,7	1,4	3.767	1,97	56	0,66	66,7	2,3	23 <sup>a</sup>
Pernambuco	23,4	3,7	8.796	4,61	98	1,15	89,63	2,7	15 <sup>a</sup>
Piauí	6,7	1,1	3.118	1,63	252	2,96	12,4	2,1	26 <sup>a</sup>
Rio Grande do Norte	8,4	1,3	3.168	1,66	53	0,62	59,99	2,7	16 <sup>a</sup>
Sergipe	5,2	0,8	2.068	1,08	22	0,26	94,35	2,5	20 <sup>a</sup>
<b>Região Nordeste</b>	<b>128,1</b>	<b>20,3</b>	<b>53.081</b>	<b>27,83</b>	<b>1.555</b>	<b>18,29</b>	<b>34,14</b>	<b>2,4</b>	<b>V<sup>a</sup></b>
Distrito Federal	14,6	2,3	2.570	1,35	5,79	0,07	444,07	5,7	01 <sup>a</sup>
Goiás	22,5	3,6	6.004	3,15	340	4,00	17,65	3,7	05 <sup>a</sup>
Mato Grosso	10,8	1,7	3.035	1,59	903	10,62	3,36	3,6	08 <sup>a</sup>
Mato Grosso do Sul	7,9	1,2	2.449	1,28	357	4,20	6,86	3,2	12 <sup>a</sup>
<b>Região Centro Oeste</b>	<b>55,8</b>	<b>8,8</b>	<b>14.058</b>	<b>7,37</b>	<b>1.606</b>	<b>18,88</b>	<b>8,75</b>	<b>4,0</b>	<b>I<sup>a</sup></b>
Espírito Santo	13	2,1	3.515	1,84	46	0,54	76,25	3,7	06 <sup>a</sup>
Minas Gerais	67,2	10,6	19.597	10,27	587	6,90	33,41	3,4	10 <sup>a</sup>
Rio de Janeiro	55,1	8,7	15.990	8,38	44	0,52	365,23	3,4	09 <sup>a</sup>
São Paulo	168,1	26,6	41.262	21,63	248	2,92	166,25	4,1	04 <sup>a</sup>
<b>Região Sudeste</b>	<b>303,3</b>	<b>48</b>	<b>80.364</b>	<b>42,13</b>	<b>925</b>	<b>10,88</b>	<b>86,88</b>	<b>3,8</b>	<b>II<sup>a</sup></b>
Paraná	38,4	6,1	10.445	5,48	199	2,34	52,4	3,7	07 <sup>a</sup>
Rio Grande do Sul	36,1	5,7	10.694	5,61	269	3,16	39,79	3,4	11 <sup>a</sup>
Santa Catarina	26,7	4,2	6.248	3,28	96	1,13	65,29	4,3	03 <sup>a</sup>
<b>Região Sul</b>	<b>101,3</b>	<b>16</b>	<b>27.387</b>	<b>14,36</b>	<b>564</b>	<b>6,63</b>	<b>48,56</b>	<b>3,7</b>	<b>III<sup>a</sup></b>
<b>Brasil</b>	<b>631,7</b>	<b>100,0</b>	<b>190.754</b>	<b>100,00</b>	<b>8.504</b>	<b>100,00</b>	<b>22,43</b>	<b>3,3</b>	<b>-</b>

Fonte: ANEPAC/ Areia e Brita nº 54; IBGE

Visando a boa compreensão sobre o comportamento do mercado, cumpre assinalar que a demanda de brita é condicionada principalmente pelo fluxo de investimentos em obras de infraestrutura econômica regional, envolvendo transporte, energia e saneamento, bem como de infraestrutura urbana e metropolitana, envolvendo pavimentação de vias públicas, adução de água e saneamento, dentre outras. A demanda de brita é também condicionada pelo fluxo e composição de edificações residenciais, industriais e de serviços.

O fluxo de obras de infraestrutura é função da evolução e composição de orçamentos públicos, o qual, por sua vez, é condicionado pelo comportamento geral da economia e pelo direcionamento estratégico das políticas públicas. Por outro lado, o fluxo de edificações é função de **variáveis demográficas** (evolução e distribuição regional da população) e de **variáveis econômico-sociais** (distribuição do PIB e da renda).

Neste sentido, é importante destacar o elevado índice de concentração da população em áreas urbanas que se verifica no Brasil (84%, segundo o Censo Demográfico de 2010, do IBGE), assim como os significativos movimentos de redistribuição funcional e regional da renda, que determinam significativas mudanças na intensidade e na distribuição geográfica do consumo nacional de agregados minerais.

Cabe também assinalar que, dos 5.565 municípios existentes no país, 608 apresentam população superior a 50.000 habitantes, evidenciando-se, portanto, como pólos de maior propensão ao consumo de agregados minerais. Dentre estes, sobressaem 283 com mais de 100 mil habitantes, 133 com mais de 200 mil, 38 com mais de 500 mil e 15 com mais de 1 milhão de habitantes.

Cumprindo ainda ressaltar a existência de dois processos aparentemente contraditórios de **desconcentração regional** e de **concentração urbana**, os quais, combinadamente, determinam a ocorrência de um fenômeno de **desconcentração concentrada**, que constitui a base para a compreensão das tendências, além de fundamento para o planejamento estratégico do setor de agregados para construção civil.

### 3. O MARCO LEGAL

A imagem distorcida que caracteriza a percepção da opinião pública com relação à produção e o consumo de agregados minerais deve-se em parte à compreensão imperfeita dos principais dispositivos regulatórios que regem o setor.

Cabe ressaltar que, embora não disponha de um marco legal específico, a produção de agregados minerais é subordinada aos seguintes principais processos regulatórios:

- Regime de Acesso e Aproveitamento de Recursos Minerais
- Regime Tributário
- Ordenamento Territorial e Gestão Ambiental

### **3.1. Regime de Acesso e Aproveitamento de Recursos Minerais**

No Brasil, os recursos minerais são bens da União e constituem propriedade distinta da do solo (norma consagrada desde 1891). Além de normas específicas contidas na Constituição Federal, o ordenamento legal da mineração brasileira é estabelecido pelo Código de Mineração (Decreto-Lei 227, de 28/02/67) e extensa legislação complementar, que disciplinam o regime de acesso e aproveitamento dos recursos minerais, além de dispor sobre os direitos e obrigações de outorgados, incluindo o compromisso com a conservação e a recuperação ambiental da área minerada.

As atividades de pesquisa e lavra de bens minerais são legalmente outorgadas por autorização ou concessão da União. Por se enquadrar entre as substâncias de uso imediato na construção civil, os agregados minerais contam com um sistema alternativo (Registro de Licenciamento Mineral), no qual as Prefeituras exercem o controle, porém, sem se sobreporem à legislação federal. Portanto, o investidor interessado em obter direito mineral orientado para a produção de agregados minerais, pode optar entre os regimes de Autorização de Pesquisa/Concessão de Lavra ou o de Licenciamento Mineral.

Entretanto, com a comprovação da viabilidade de um empreendimento produtor de agregado mineral, juridicamente estruturado através do Regime de Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra, o empresário passa a dispor de maior estabilidade e segurança para realização de investimentos e condução de seus interesses, além de maior facilidade para a captação de recursos financeiros, seja através de financiamentos ou do levantamento de capital societário/acionário.

### **3.2. Regime Tributário**

Os principais tributos que incidem sobre o setor extrativo mineral brasileiro podem ser divididos em encargos sobre o faturamento e sobre o lucro. A Tabela 4 evidencia o tratamento tributário vigente para os agregados minerais.

Tabela 4 – Estrutura básica da tributação sobre a mineração.

Principais Impostos	Alíquotas Básicas	
	Geral	Agregados
<b>Sobre a Receita:</b>		
ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços	12% a 18%	12%
CFEM - Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais	0,2% a 3%	2%
PIS - Programa de Integração Social	0,65% <sup>a</sup> / 1,65% <sup>b</sup>	0,65% <sup>a</sup> / 1,65% <sup>b</sup>
COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social	3% <sup>a</sup> / 7,6% <sup>b</sup>	3% <sup>a</sup> / 7,6% <sup>b</sup>
<b>Sobre o Lucro:</b>		
CSLL - Contribuição Social sobre o Lucro Líquido	9,0%	9,0%
IRPJ - Imposto de Renda das Pessoas Jurídicas	15% a 25%	15% a 25%

Fonte: ConDet; Observação: <sup>a</sup>Regime de Incidência Cumulativa; <sup>b</sup>Regime de Incidência Não Cumulativa

### 3.2.1. ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

A alíquota geral do ICMS, nas vendas internas, é de 18% (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) ou de 17% nos demais Estados do país e no Distrito Federal. Nas vendas interestaduais a alíquota é de 12%.

A incidência de ICMS sobre areia e brita apresenta oscilações ao longo do tempo e diferenciações entre as unidades da federação.

No início dos anos 90, no Estado do Rio de Janeiro, a alíquota de ICMS nas vendas internas de brita era de 18% e, em São Paulo, de 12%. Objetivando a equiparação com São Paulo, o Sindibrita-RJ promoveu, junto à Secretaria da Fazenda do Estado, homologação de um acordo junto ao CONFAZ, com a redução de um terço da base de cálculo nas vendas internas da pedra britada. Este convênio (CONFAZ nº 13, de 1º de maio de 1994) vem sendo prorrogado sucessivamente, contando com a adesão de quatorze Estados.

Independentemente ao Convênio CONFAZ nº 13/94, alguns Estados têm implementado benefícios adicionais, através de dispositivos específicos. Tal é o caso dos Estados de Goiás (alíquota de 3%), do Ceará (alíquota de 7,5%) e Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, nos quais a alíquota do ICMS é de 7% sobre o valor das vendas internas. Assinale-se ainda que nos Estados de Goiás, Paraná, Minas Gerais e Santa Catarina, a alíquota reduzida se aplica também à areia, além da pedra britada.

Com esforços integrados a Sindicatos de Produtores e Federações de Indústrias, além de outras entidades, a ANEPAC reivindica a prorrogação continuada do incentivo da redução de 1/3 da base de cálculo do ICMS sobre a pedra britada, bem como a extensão de tal dispositivo para a areia de construção.

### 3.2.2. CFEM - Compensação Financeira pela Exploração Mineral

O Art. 20 da Constituição Federal assegura aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios e à União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

A produção de areia, brita e cascalho é sujeita ao recolhimento de CFEM, com base na alíquota de 2% aplicável sobre a receita líquida.

A receita proveniente da arrecadação da CFEM é distribuída 23% para os Estados e o Distrito Federal; 65% para os Municípios produtores; 10% para o DNPM e 2% para o Fundo Setorial de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Mineração, conforme estabelecido na Lei 9.993, de 24/07/2000.

### 3.2.3. Outros Tributos sobre a Receita de Vendas

Incidem ainda sobre a receita de vendas, o PIS (Programa de Integração Social) e a COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social).

### 3.2.4. Impostos sobre o Lucro

Assim como nos demais setores de atividades econômicas, sobre o lucro de empreendimentos produtores de agregados minerais é recolhida a Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL) e o Imposto de Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ).

## 3.3. Ordenamento Territorial e Gestão Ambiental

Estudos realizados por Calaes *et al.*, (2002) assinalam que as questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável dos pólos produtores de agregados minerais encontram-se predominantemente condicionadas pelo ordenamento do território, ou seja pelos processos de uso e ocupação do solo e pelo sistema de acesso à propriedade mineral, em estreita interação com tecnologia de **processo** (lavra e beneficiamento), bem como de **produto**, em que se destacam as alternativas de produção de areia de brita (AB) e de re-processamento de entulho de construção e demolição (ECD).

Destacam também que, no Brasil, as questões ambientais, entre elas o modelo de uso e ocupação do solo pela indústria de mineração, são regulamentadas por um conjunto de valores, princípios, leis e regulamentos codificados sob a *legislação ambiental* e sob a *legislação com repercussão ambiental*.

**legislação ambiental:** conjunto de normas jurídicas que reconhecem o ambiente como o bem jurídico a ser protegido. Exemplo: a Lei nº 6.938 de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente;

**legislação com repercussão ambiental:** na qual o bem jurídico que se objetiva proteger não é mais o *ambiente como um todo*, mas outros bens jurídicos específicos, tais como a propriedade, a saúde pública, determinados recursos naturais, culturas originais, sítios e áreas de interesse histórico, etc. Exemplos: Código de Mineração, Código Florestal e Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, dentre outros diplomas legais.

O **Princípio Essência** ambiental da legislação brasileira constitui-se no “*direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado*”, conforme explicitado na Constituição Federal de 1988:

**(artigo 225, caput):** “*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público ...*”.

Os referidos estudos ressaltam ainda que a legislação ambiental brasileira, adicionalmente ao Princípio Essência, nutre-se nos denominados **Princípios Base**, que estabelecem o fundamento sobre o qual o “*direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado*” se constrói. Eles estruturam a organização e as atividades específicas na sociedade, para alcance do direito fundamental. No principal, os juristas costumam individualizar os seguintes Princípios Base: *Cooperação, Poluidor-Pagador e Prevenção*.

Em sintonia com os princípios retro-assinalados, sobressaem, no Brasil, os seguintes níveis de competência para **legislar: competência exclusiva e competência concorrente**.

Como exemplo, a Constituição Federal estabelece que a competência para legislar sobre **recursos minerais** é exclusiva da União. Portanto, os Estados e os Municípios não podem legislar sobre matérias e aspectos relacionados com os recursos minerais.

Os mencionados estudos desenvolvidos por Calaes *et al.*, (2002) lembram que no sistema de **competência concorrente**, que é adotado na legislação ambiental brasileira, a União, os Estados e os Municípios têm a competência para legislar concorrentemente. A regra para a ação concorrente é a da “*norma mais restritiva*”. Neste caso, a União deverá se ater às Normas Gerais. Aos Estados fica reservada a ação suplementar em relação às Normas Gerais e, na inexistência destas, a **competência plena**. Aos Municípios fica reservada a ação suplementar aos Estados e a **competência plena** para os assuntos de interesse local e **de planejamento e controle do uso do solo urbano**. Portanto, os municípios



possuem plena competência para legislar sobre matérias relacionadas ao zoneamento, ou seja aos processos de uso e ocupação de seus correspondentes territórios.

Conforme disposto no Art. 21, Inciso IX da Constituição Federal, compete à União elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenamento do território e de desenvolvimento econômico e social. Em sintonia com o fundamento constitucional, o Ministério da Integração Nacional vem empreendendo estudos visando o estabelecimento de Política Nacional de Ordenamento Territorial, tendo emitido o documento “Subsídios para a definição da Política Nacional de Ordenamento Territorial – PNOT”.

Segundo Sintoni (2007), “o conceito de Ordenamento Territorial contém implicitamente a idéia de organizar a ocupação, uso e transformação do território com o objetivo de satisfazer as demandas econômicas, sociais e ambientais e, desta forma, pressupõe um modelo de governabilidade que possibilite a conjugação das ações de governo com o mercado e com a sociedade civil para que exista a capacidade de implementação e administração dos processos decisórios incorporados nas políticas territoriais”.

Dado que os principais problemas que incidem sobre o setor de agregados minerais e que prejudicam a sua imagem pública encontram-se relacionados a conflitos de ordenamento territorial – conclui-se que a correção das percepções negativas da sociedade em muito dependerá das políticas e programas que vêm sendo discutidos na esfera federal, bem como das Leis Orgânicas dos Municípios e dos dispositivos que regulamentam os correspondentes Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano.

#### **4. A IMPORTÂNCIA DO SETOR**

Os agregados minerais são materiais praticamente insubstituíveis, sobretudo na composição do concreto e da massa asfáltica que, por sua vez, são produtos largamente empregados na construção civil e nos serviços da pavimentação que compõem a infraestrutura urbana e de transporte interurbano e interestadual.

Consequentemente, a preservação do equilíbrio no mercado em cada um dos pólos de demanda, bem como a continuada reconversão da estrutura produtiva a patamares tecnológicos de maior produtividade privada e social são diretrizes de grande significado para o setor produtivo e, principalmente, para a sociedade por ele atendida.

#### 4.1. Características e Peculiaridades

Da mistura da areia, brita e cascalho, com o cimento, obtém-se o concreto e a argamassa essenciais para a construção civil e, com o betume, a massa asfáltica indispensável para a pavimentação de estradas e vias urbanas, além de outras obras de infraestrutura.

A areia e o cascalho são extraídos de rios e lagos ou das áreas de várzeas. A brita é produzida a partir de depósitos de rochas duras, com localização e características compatíveis com as exigências de mercados a serem atendidos.

As principais características e peculiaridades do setor de agregados minerais encontram-se apresentadas a seguir:

**Relativa abundância de recursos naturais** - As fontes de suprimento (depósitos minerais de areia, de cascalho e de rocha dura para brita) são relativamente abundantes, poucas sendo as regiões do país que apresentam relativa escassez desses recursos naturais.

**Rigidez locacional** - Sendo geradores de produtos de baixo valor contido - e que, portanto, não suportam altos custos de transporte - os depósitos produtores de agregados minerais tendem a se localizar o mais próximo possível do mercado consumidor. Por esta razão, apesar da relativa abundância de fontes de matérias primas, as unidades de produção se notabilizam pela sua específica rigidez locacional, determinada pela proximidade em relação aos pólos de demanda.

**Especificidade/Complexidade tecnológica** - As atividades do setor de agregados minerais requerem um delicado esmero científico e tecnológico, seja no conhecimento e seleção de depósitos compatíveis com as exigências de mercado; no desenvolvimento de processos e na implantação de unidades de produção sintonizadas com elevados padrões de qualidade e produtividade; na gestão de produção direcionada para a busca incessante de melhores indicadores de competitividade e sustentabilidade; ou ainda na comercialização de produtos, buscando orientar e assistir os clientes com as melhores soluções de atendimento.

**Ordenamento territorial** - O elevado conteúdo tecnológico do setor se faz presente também na superação de desafios de ordenamento territorial assim como na busca de melhores soluções para a mitigação de conflitos de uso e ocupação do solo e de impactos ambientais, de forma a prevenir a ocorrência de externalidades negativas e de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

**Recursos exauríveis/Ciclo de vida** - Na busca das melhores soluções de ordenamento territorial e de implementação de cuidados ambientais, deve-se ter em consideração que cada depósito de areia, de cascalho ou de rocha dura para brita terá um ciclo de extração temporário, ao final do qual a área deverá estar

preparada para reutilização, seja como reserva ecológica, área de lazer e entretenimento, empreendimento imobiliário, local de deposição de resíduos inertes ou qualquer outro fim de interesse da sociedade.

**Capital intensivo** - Embora - no contexto da indústria mineral - seja considerado um segmento rude e pouco dinâmico, além de constituído predominantemente por pequenas e médias empresas, o setor de agregados minerais passa por grandes transformações, seja na mudança de seu perfil empresarial, na incorporação de avançados equipamentos e tecnologias de produção, ou ainda na adoção de modernos métodos de gestão da produção e *marketing* de produto. Portanto, o setor de agregados minerais vem se tornando de capital intensivo.

#### 4.2. Agregados Minerais e Desenvolvimento Socioeconômico

Areia, brita e cascalho são matérias primas essenciais para a edificação e o aperfeiçoamento de infraestruturas urbanas e regionais. Por esta razão, a produção, a comercialização, o transporte e a utilização de agregados minerais são essenciais para a qualidade de vida. Conseqüentemente, o consumo per capita de agregados é indicador de desenvolvimento socioeconômico, expresso em infraestruturas de transporte, habitação, saneamento, educação e saúde. Em sentido oposto, o baixo consumo per capita de agregados minerais pode indicar regiões ou países com infraestruturas e serviços sociais insuficientes ou inadequados.

A importância do setor para a sociedade pode também ser aferida pela intensidade de utilização de seus produtos em obras de infraestrutura essenciais para a qualidade de vida, conforme sugere os indicadores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Indicadores de utilização de agregados.

Obra de Infraestrutura	Unidade	Consumo de Agregados ( t )
Metrô <sup>a</sup>	km	50.000
Rodovia pavimentada <sup>a</sup>	km	9.800
Via com 10 m de largura <sup>b</sup>	km	3.000
Edificações <sup>a</sup>	1.000 m <sup>2</sup>	1.360
Habitação popular <sup>b</sup>	50 m <sup>2</sup>	68

Fonte: <sup>a</sup>FIPE/ USP, apud Cuichierato, 2011; <sup>b</sup>Calaes, 2005

Nos EUA, segundo estimativas constantes de publicação do *American Geological Institute*, uma casa de padrão médio consome cerca de 390 t de agregados, incluindo aproximadamente 100 t requeridas para pavimentação de metade da rua em frente à mesma.



Figura 2 – Uso de agregados na habitação.

Fonte: ConDet (2005), a partir de Langer, Drew e Sachs (2004), em publicação do AGI

Embora o setor de agregados minerais seja de grande importância para a sociedade, sua capacidade de contribuição para o desenvolvimento pode ser substancialmente alargada na medida em que sejam mitigadas e contornadas as suas externalidades negativas e expandidas as suas externalidades positivas, conforme sugerem os exemplos assinalados no tópico subsequente.

### 4.3. Exemplos Notáveis

No Brasil, exemplos notáveis de harmonização da mineração com o meio ambiente e com o uso e ocupação do solo já podem ser verificados em diferentes pólos produtores de agregados minerais, conforme registrado em diferentes edições da revista *Areia & Brita* – publicação regular da ANEPAC:

**Espírito Santo** - por iniciativa de produtores locais de agregados minerais, uma área de 160 ha foi destinada à construção do Parque da Mantegueira, com o objetivo de melhorar a articulação da mineração com a comunidade.

**Paraná** - Na RM de Curitiba, a empresa Areal Costa implementou um projeto de recuperação das áreas de onde extraiu areia por cerca de quarenta anos. Como resultado foi inaugurado, em 2001, o Parque Ecológico Costa. Em Curitiba, o famoso Teatro de Arame e o complexo cultural adjacente encontram-se edificados em área de uma antiga pedreira de brita.

**Rio Grande do Sul** - No Vale do Taquari, a Sociedade dos Mineradores de Areia do Jacuí (SMARJA) foi constituída pela união de pequenos mineradores de areia, que, isoladamente não teriam condições de se adequar e cumprir a legislação ambiental e mineral. A SIMARJA foi considerada, pela Revista Brasil Mineral, como a 1ª mineradora de areia do Rio Grande do Sul e a 3ª do Brasil, em 2008 e

2009, em volume de produção (Areia e Brita, nº 54, Jul a Set/2011). Dentre outros aspectos virtuosos, no sistema operacional da SMARJA, destaca-se a utilização do transporte fluvial.

**Santa Catarina** - No Baixo Vale do Rio Itajaí-Açu e na Bacia do Rio Itapocu, foram implementadas experiências alicerçadas em amplo entendimento que resultou na assinatura de dois Termos de Compromisso de Ajustamento de Conduta – TAC, envolvendo o MPF, o MPE-SC, o Sindicato da Indústria de Extração de Areia - SIEASC, além de entidades federais e estaduais responsáveis pelo licenciamento da extração de areia, bem como correspondentes Prefeituras e Associações de moradores.

**São Paulo/Pólo produtor de areia do Vale do Paraíba (PPAVP)** - No PPAVP - o maior do país e que atende a mais de 60% da demanda de areia da RMSP – sensíveis melhorias das condições ambientais, a partir de 1997, encontram-se associadas: i) à opção, adotada em 1995, de transferência do regime de licenciamento para o de concessão de lavra - de maior estabilidade; ii) a legislações específicas introduzidas pela Secretaria de Estadual de Meio Ambiente; iii) à conscientização quanto à importância do planejamento da produção de agregados, para o aproveitamento racional dos correspondentes recursos minerais; e iv) à instituição de zoneamentos específicos com a delimitação de áreas de proteção e de prevenção de conflitos.

**São Paulo/Pólos produtores de areia de Taubaté e do Vale da Ribeira** - O primeiro dispõe de um viveiro de mudas nativas para apoio aos trabalhos socioambientais integrados ao Núcleo de Recuperação de Áreas Mineradas. No segundo destaca-se a iniciativa do projeto Viva – Ribeira, que reúne treze empresas da região de Registro e Sete Barras, as quais destinam 3% de suas rendas líquidas para atividades junto à comunidade.

**São Paulo/Capital e RMSP** - Dentre outras experiências virtuosas, destacam-se os seguintes casos de uso sequencial das instalações de antigas unidades de produção: i) antiga cava da Pedreira Itaquera hoje utilizada como depósito de resíduos inertes; ii) Parque Vila Lobos; e iii) Raia Olímpica da USP.

**São Paulo/Parque Tizo** - Trata-se de um parque urbano estadual proposto pelo Instituto Embu de Sustentabilidade, para proteção de espécies da flora e da fauna existentes na área, bem como para servir como ambiente de pesquisa sobre a Mata Atlântica, além de intensificar a conscientização com relação à importância do meio ambiente.

Os exemplos retro-apresentados demonstram a possibilidade de harmonizar a produção de agregados minerais com o desenvolvimento sustentável, mediante a adoção de medidas de prevenção, mitigação e restauração de impactos ambientais, de tal forma a satisfazer, a um só tempo, o atendimento às demandas de materiais essenciais à qualidade de vida e às exigências de conservação e restauração do capital natural.

## 5. OBSTÁCULOS, DESAFIOS E TENDÊNCIAS

O perfil estratégico, abordado no presente item, busca analisar os obstáculos e desafios, assim como as tendências e perspectivas associadas ao setor de agregados minerais, de forma a favorecer a boa compreensão dos problemas relacionados à sua percepção desfavorável perante a opinião pública, assim como a fundamentar as correspondentes soluções requeridas para reversão da sua atual imagem negativa.

Cumpra ressaltar que os obstáculos e desafios que condicionam o comportamento do setor são associados a fatores internos (sujeitos à intervenção das próprias empresas) e externos, independentes à deliberação e atuação das mesmas. Aos fatores internos associam-se Forças & Fraquezas e, aos externos, Oportunidades & Ameaças.

### 5.1. Forças & Fraquezas

Na análise do perfil estratégico do setor de agregados minerais sobressaem os seguintes fatores que condicionam as suas principais forças e fraquezas.

Recursos e Reservas Minerais

Capacidade Instalada e Estrutura de Produção

Capacidade Gerencial

Estrutura do Mercado Produtor

Comercialização

**Recursos e Reservas** - A competitividade do setor produtivo de agregados minerais é condicionada ao acesso a propriedades minerais (de areia natural, rocha dura para brita e de cascalho), localizadas próximas aos pólos de demanda e possuidoras de características compatíveis com as especificações de mercado.

**Capacidade Instalada e Estrutura de Produção** - Estando subordinados a freqüentes e amplas flutuações de demanda, os pólos produtores de agregados minerais sujeitam-se a intensas variações dos níveis de ocupação de capacidades instaladas. Por outro lado, exigências ambientais crescentes, referentes à emissão de particulados, bem como rigorosas especificações de qualidade dos produtos deverão exigir mudanças radicais em processos de beneficiamento e escalas de produção. Assinalem-se ainda as restrições e impedimentos existentes, em determinados pólos produtores, relativas à operação em mais de um turno de trabalho, o que resulta em perda de capacidade produtiva, queda de produtividade e aumento de custos.

**Capacidade Gerencial** - Refletindo a cultura dominante de organizações geridas pelo proprietário, pelo sócio controlador ou pelos descendentes destes, a estrutura que prevalece dentre as empresas do setor é relativamente simples, sendo baseada na divisão de responsabilidades, nem sempre nítida, segundo as

funções administrativa e financeira, produção e comercialização. Grande parte das empresas apresenta estruturas organizacionais de baixa eficácia, com o preenchimento de funções gerenciais com profissionais pouco especializados.

**Estrutura do Mercado Produtor** - Nos principais pólos produtores de agregados minerais evidencia-se a tendência à concentração da produção em menor número de empresas, em consequência de mudanças tecnológicas orientadas para escalas crescentes de produção. Por outro lado, alterações na composição da produção refletem uma nítida tendência de intensificação do consumo de frações finas, devido ao emprego crescente do concreto usinado, bem como do concreto asfáltico e dos pré-moldados.

**Comercialização** - Em geral, as empresas do setor pouco utilizam estratégias de promoção e marketing, sendo também raros os casos em que o atendimento *pré-venda* envolve a análise de adequação do produto às especificações do cliente, ou em que o *pós-venda* inclui a gestão de entrega e/ou visita técnica para analisar a adequação do produto à finalidade de sua aquisição.

## 5.2. Oportunidades & Ameaças

Embora subsistam importantes ameaças a serem contornadas, o setor de produção de agregados minerais conta com significativas oportunidades que poderão contribuir para um salto de desenvolvimento, com base em melhorias de produtividade. Encontram-se, a seguir assinaladas, as principais oportunidades e ameaças associadas aos seguintes fatores:

Mercado

Regimes de Acesso e Aproveitamento da Propriedade Mineral

Meio Ambiente e Processos de Uso e Ocupação do Solo

Tributação

Sistema Institucional

Estímulos Fiscais e Financeiros

### 5.2.1. Mercado

a) Mercado Consumidor: Diante às perspectivas de que a construção civil venha a ser um dos alicerces do desenvolvimento do país, admite-se uma perspectiva de crescimento acelerado do consumo nacional de agregados minerais, devido a:

Atual demanda reprimida, seja em termos de habitações ou de obras de infraestrutura;

Perspectivas de alargamento da base de demanda, mediante a redistribuição da renda.

Perspectivas de expansão da intensidade de consumo.

Obras de infraestrutura associadas à realização da Copa de 2014 e Olimpíadas de 2016.

b) Mercado Produtor: A análise de cenários previsíveis para a oferta futura permite constatar que, a persistir o atual quadro de evolução natural e desordenada do mercado, muitos produtores de agregados minerais terão agravadas as suas atuais condições de conflito com a expansão urbana. Destes, muitos deverão ser expurgadas do mercado.

Oportunidades:

- As perspectivas sócio-político-econômicas relacionadas à construção civil conformam cenários favoráveis à expansão do mercado brasileiro de agregados minerais.
- Mediante melhorias de produtividade e com o suporte de competentes soluções logísticas, determinados produtores de agregados minerais poderão se tornar competitivos no atendimento a demandas de outros pólos de produção e consumo.
- As tendências com relação a materiais substitutivos ou concorrentes não configuram ameaças; ao contrário sinalizam oportunidades.

Ameaças:

- Dificuldades associadas à implementação das reformas estruturais e à reformulação de políticas públicas de desenvolvimento social e de ordenamento territorial.

### 5.2.2. Regimes de Acesso e Aproveitamento da Propriedade Mineral

Duas questões afiguram-se relevantes no processo de viabilização de novas extrações de areia natural, de rocha dura para brita e de cascalho: i) Agilidade do processo de outorgas e de acesso à propriedade mineral; ii) Comportamento exercido pelas autoridades locais, nos Registros de Licenciamento.

Oportunidades:

- Agilização do acesso à propriedade mineral, mediante: i) Reforma Institucional do setor; e ii) Mais estreita cooperação entre representações governamentais e empresariais.

Ameaças:

- Possibilidade de agravamento das questões institucionais referentes ao relacionamento da mineração com o meio ambiente;
- Perspectivas de alongamento do atual processo de reforma institucional do setor mineral.



### 5.2.3. Meio Ambiente e Processos de Uso e Ocupação do Solo

Face à expansão da população mundial e à sua continuada concentração em áreas urbanas, assim como à crescente escassez e complexidade do suprimento de recursos minerais - os conflitos da atividade mineral, com os processos de uso e ocupação do solo, vêm se intensificando em todo o mundo.

Oportunidades:

- Possibilidade técnica e perspectivas institucionais favoráveis à conciliação da produção de agregados minerais com o meio ambiente e o processo de uso e ocupação do solo.
- Produção de areia manufaturada.
- Reciclagem de entulhos de construção e demolição.
- Reciclagem de materiais secundários (ex.: escória de aciaria) e, neste caso, a possível moagem dos finos excedentes, para fins agronômicos.
- Possibilidade de substituir, nos circuitos de beneficiamento, o atual processo (via úmida) de contenção das emissões de particulado, por processo via seca, com a garantia de atendimento às especificações da ABNT.
- Possibilidade, neste caso, de aproveitamento dos finos capitados nos equipamentos de controle de emissões, como produtos comercializáveis.

Ameaças:

- Inexistência de Planos Diretores de Desenvolvimento Metropolitano.
- Deficiências de Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano.
- Custos de recomposição/ recuperação ambiental poderão inviabilizar muitas UPs.

### 5.2.4. Tributação

A complexidade do sistema tributário, a alta carga incidente sobre a receita de vendas, bem como o *efeito cascata*, dos encargos relativos a COFINS e PIS, são fatores que pressionam a estrutura de custos do setor de agregados minerais.

Oportunidades:

- Possibilidade de uniformização e consolidação de alíquotas e base de cálculo do ICMS.
- Possibilidade de que a CFEM seja conceitualmente entendida e operacionalizada como mecanismo compensatório de redução de alíquotas de ICMS e de articulação do setor com os Planos e Programas de Ordenamento Territorial.
- Simplificação do processo tributário.

#### Ameaças:

- Alta carga tributária incidente sobre a receita ocasiona efeitos regressivos, com maiores impactos sobre as pequenas e médias empresas.

#### 5.2.5. Sistema Institucional

Ainda no que se refere aos fatores externos que condicionam oportunidades e ameaças associadas ao setor, cumpre destacar os seguintes aspectos de natureza institucional:

**Deterioração do Clima de Investimentos** - Os encargos que hoje recaem sobre as empresas do setor, tais como horários limitados de operação, licenciamentos com renovação condicionada, suspensão de atividades, além de outros - têm ocasionado um clima de inquietação e de insegurança junto aos empresários, muitos dos quais têm sido levados a contrair investimentos, encerrar suas atividades ou a transferir as suas unidades de produção para outros locais, onde os mencionados problemas tendem a se repetir.

**Círculo Vicioso das Relocações Desprotegidas** - As relocações isoladas que vêm ocorrendo ao longo das últimas décadas em determinados pólos produtores de agregados minerais não têm conduzido à superação dos impasses já que, ao se reinstalarem em áreas originalmente sem conflitos de uso e ocupação do solo, as empresas se veem pouco a pouco sujeitas às mesmas pressões com que conviviam anteriormente, devido à expansão urbana frequentemente desordenada e desprovida de Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano.

**Convergência de Capacitações** - Entidades de ensino e pesquisa e de desenvolvimento científico e tecnológico, bem como organismos reguladores, instituições de fomento e outras agências governamentais de âmbito federal, estadual e municipal, sediadas nas principais RMs do país, reúnem competências que podem e devem ser direcionadas para a solução dos conflitos de ordenamento territorial e ambiental que se evidenciam nos pólos produtores de agregados minerais.

**Estímulos Fiscais e Financeiros** - O setor de agregados minerais ressenete da falta de linhas de financiamento ajustadas às suas requisições específicas. No sistema BNDES, sobressaem dificuldades relacionadas ao tamanho mínimo da operação, bem como à negociação de garantias. No Banco do Brasil, existem linhas para micro, pequenas e médias empresas, as quais não vêm sendo convenientemente demandadas pelo setor.

#### Oportunidades:

- Utilização do arcabouço institucional existente para impulsionar o desenvolvimento do setor.

- Articulação mais intensiva da ANEPAC e dos Sindicatos regionais/estaduais de produtores de agregados minerais com outras instituições.
- Perspectivas associadas a determinados programas governamentais, tais como o *PAC* e o *Minha Casa - Minha Vida*.
- Aprimoramento da convergência e coordenação de esforços dos diferentes agentes envolvidos.
- Concepção e desenvolvimento de instrumentos alternativos de suporte à estruturação financeira do setor.

Ameaças:

- Contingências políticas podem degradar o contexto institucional.
- Instabilidade institucional aumenta a percepção de riscos e inibe investimentos.
- A inexistência de fontes de recursos financeiros com prazos e custos sintonizados com as peculiaridades do setor inibe investimentos, compromete a produtividade e a qualidade e conseqüentemente impacta os custos finais dos produtores de agregados minerais.

### 5.3. Tendências e Perspectivas

As atuais perspectivas tecnológicas que caracterizam o segmento produtor de agregados minerais, em particular, e o setor de materiais de construção, como um todo, permitem salientar duas tendências dominantes: uma de **Verticalização** e outra de **Implantação de novas Unidades Produtoras de Concreto e de Artefatos** com escalas e localizações de maior eficácia em termos de competitividade e de sustentabilidade.

As seguintes inovações em curso nos pólos produtores de agregados para construção notabilizam as atuais tendências tecnológicas e correspondentes impactos e externalidades:

**Na Lavra de Rocha Dura para Brita:** Aumento da razão de carga e utilização de novos sistemas e dispositivos nas operações de detonação com reduções de custos, maior produtividade e maior homogeneidade, tendo, como **externalidades negativas**, o aumento das ondas de choque e de sobrepressão e, como **externalidades positivas**, a redução de ruídos e da vibração.

No Beneficiamento:

- A britagem no interior da cava resulta em redução da frota de caminhões e na redução de custos, tendo, como externalidade positiva, a redução do uso de combustíveis e da emissão de gases de efeito estufa.

- Aproveitamento de finos dos processos de produção de brita para produção de areia para construção, com melhor atendimento ao mercado consumidor, especialmente em RMs sujeitas a suprimentos de longa distância, bem como naquelas onde a substituição da areia natural pela areia de brita ocasionará externalidades positivas, mediante uma menor pressão sobre o capital natural.

Assinale-se que a produção de areia de brita evidencia interessantes perspectivas, quer seja entendida como **sub-produto** (oriundo dos finos de britagem) ou como **co-produto** (a partir da própria rocha dura).

**a)** No primeiro caso, a transformação de finos da britagem (pó de pedra), em areia de brita, é uma tendência que vem se afirmando em diferentes pólos produtores. Devido ao formato predominantemente lamelar ou alongado das partículas contidas nas frações mais finas do pó de pedra, o mercado mais afeiçoado ao *subproduto areia de brita* é o da pavimentação com concreto.

**b)** No segundo caso, ensaios desenvolvidos – com a utilização de novos processos e equipamentos especiais – têm propiciado a obtenção de areia de brita com partículas arredondadas. As características do *co-produto areia de brita* atendem a rigorosas especificações de diferentes segmentos do mercado da construção civil.

### Principais Tendências

Três grandes tendências tecnológicas condicionam as rotas presumidas de emprego dos agregados minerais:

- Alteração do perfil de sua utilização como matéria prima da construção civil
- Substituição da brita como insumo na produção do concreto
- Redução na intensidade de uso do concreto na construção civil.

**a) Alteração do perfil de utilização de agregados minerais:** A presente tendência compreende duas vertentes: **i)** De um lado, a perspectiva de intensificação do consumo de agregados nos segmentos de consumo intermediário (concreto usinado, concreto asfáltico e artefatos de concreto); e **ii)** de outro, as exigências dos processos produtivos de tais segmentos, em termos de suprimento de material fino, o que resulta na redefinição de rotas de processamento e do perfil econômico de produtores de brita.

**b) Substituição da brita como insumo na produção do concreto:** Os agregados leves (ex: argila expandida) deverão ganhar terreno na substituição da brita, assim como a escória de aciaria, além de outros resíduos industriais inertes. Destaca-se ainda, a perspectiva de substituição do agregado mineral pelo agregado reciclado, mediante o processamento de entulhos de construção e de demolição.

**c) Redução na intensidade do uso de concreto na construção civil:**

A perspectiva de uma maior utilização de perfis metálicos sinaliza uma tendência de redução na intensidade do uso de concreto na construção civil, embora se reconheça a existência de barreiras a esta transformação, determinadas pela inércia de projetistas e construtores, atualmente condicionados pela cultura tecnológica predominante na construção civil brasileira.

**6. A IMAGEM PÚBLICA ATUAL**

A atual imagem do setor perante a opinião pública encontra-se intimamente associada aos impactos causados pelas suas atividades de produção e transporte até o consumo, com ênfase em percepções por vezes exacerbadas sobre as **externalidades negativas** do setor, assim como em incipientes reconhecimentos sobre as suas **externalidades positivas**.

Inicialmente, cabe assinalar que a produção de agregados minerais cria dois impactos distintos, a saber:

- os relacionados com as atividades de extração, processamento e transporte até o consumo intermediário (unidade de produção de concreto usinado, de concreto asfáltico ou artefatos de concreto) ou o consumo final; e
- os relacionados com a exaustão do capital natural, representado pelas reservas minerais de rocha dura para brita e de areia natural, recursos energéticos e materiais auxiliares relevantes estrategicamente.

A abordagem apresentada nos itens subsequentes refletem os resultados de um estudo realizado por ConDet (2002), para a UFRJ/ CNPq/ CT-Mineral, o qual incluiu um levantamento de informações junto a 31 unidades produtoras (UPs) de agregados minerais situados no pólo produtor da RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Constatou-se, no referido levantamento, que cerca de 70% das UPs estão inseridas em uma densa malha urbana, tendo sido também evidenciada a prevalência de uma situação de “gargalo no tráfego”, ocorrendo no período diurno e no perímetro vizinho a cerca de metade dos “locais de operação” das UPs.

Essas evidências, consideradas em conjunto com as demais constatações relativas a poluição aérea (material particulado em suspensão), poluição sonora, vibrações e o desconforto difuso como fatores ambientais significantes, conduz a um ambiente de potencial conflito com a vizinhança constituída predominantemente por residências.

Os resultados do levantamento realizado na RMRJ permitem concluir que os impactos e incômodos que atingem a população afetada pelas UPs dos pólos produtores de agregados minerais constituem os fatores determinantes da

imagem negativa que se irradia por toda a sociedade, notadamente nos grandes centros urbanos e RMs, onde tais processos de conflito são mais nítidos e onde a difusão pela mídia os torna mais percebidos.

Tendo em vista a natureza do levantamento realizado na RMRJ, suas principais constatações oferecem bases de referência para a compreensão da questão da imagem pública dominante em pólos produtores de outras RMs, assim como do país como um todo.

## 6.1. Localização e Infraestrutura

O referido levantamento evidenciou as principais questões relacionadas à localização e infraestrutura das quais se originam as percepções responsáveis pela formação de uma imagem predominantemente negativa por parte da opinião pública.

### 6.1.1. Aspectos Locacionais

Constatou-se que 78% das UPs encontram-se assentadas em **área urbana**. Dentre estas, 39% situam-se em zonas **residenciais**. Na análise quanto ao processo de urbanização vizinho às UPs, constatou-se uma ligeira predominância de **ocupação já consolidada**, seguida por **estágio de loteamento**, e, em terceiro lugar, por **estágio inicial de ocupação**. Constatou-se também a maior incidência dos seguintes fatores que condicionam e/ou que deverão condicionar a atual localização das UPs:

- Facilidade de acesso
- Proximidade de centro consumidor
- Disponibilidade de infraestrutura
- Disponibilidade e proximidade de mão-de-obra

### 6.1.2. Energia, Comunicação e Transporte

Constatou-se que todas as UPs encontram-se ligadas a redes públicas de energia elétrica e de telecomunicações. A maioria das UPs dispõe de serviços alternativos de comunicações (interna e externa), assim como de ligação à Internet.

No que se refere à infraestrutura de transporte, verificou-se que as condições gerais de acesso e de escoamento são favoráveis. Entretanto, 55% das UPs acusaram a existência de gargalos que subtraem eficiência no processo de escoamento da produção. Tal situação ocorre nas vias mediatas, que alcançam diretamente a região de localização das referidas UPs. Evidenciou-se a existência de oportunidades de aprimoramento e fortalecimento das condições gerais de transporte e escoamento da produção.

Sob o ponto de vista ambiental, a situação de gargalo de tráfego, ocorrendo no perímetro e junto à área de localização, constitui-se em mais um elemento que contribui para o desconforto difuso percebido pela população residente na área urbana adjacente às UPs.

## 6.2. Aspectos Ambientais

O levantamento realizado pela ConDet (2002) para a UFRJ/CNPq/CT-Mineral permitiu também ressaltar os principais aspectos ambientais associados à ocorrência de percepções negativas por parte da opinião pública.

### 6.2.1. Suprimento de Água, Efluentes Líquidos e Drenagem

Constatou-se a predominância de abastecimento de água a partir de **poços**, lançamentos de esgoto em **fossas** e drenagem via **valeta a céu aberto**.

Verificou-se que em 40% das UPs, a água de drenagem superficial do terreno (*run off*) é descartada diretamente nos corpos receptores sem a decantação (poços/bacias) dos sólidos em suspensão (finos de rocha, transportados pela água da chuva e pela água dos molhamentos, a partir das frentes de lavra, das vias internas e das instalações de britagem & peneiramento).

Em algumas UPs equipadas com poços/bacias de decantação, constatou-se que a limpeza do poço não havia sido realizada, o que resultava na passagem direta da água para o corpo receptor.

Em 4 UPs verificou-se que o esgoto sanitário é descartado diretamente nos corpos receptores através de “vala negra”.

### 6.2.2. Licenciamento e Controle da Poluição

No que se refere ao licenciamento ambiental, constatou-se que 96% das UPs possuía licença de operação (LO), tendo portanto conhecimento das restrições ambientais explicitadas pelo Administrador Público em relação a suas atividades. Verificou-se também que 65% das UPs haviam submetido à FEEMA (atual INEA) o PCA e somente para uma delas havia sido exigida a elaboração do EIA/RIMA.

Para o controle da poluição do ar por emissão de material particulado, constatou-se a prática dominante de “molhamento” das frentes de lavra e dos pátios e vias internas, por carros-pipa (ou dispositivos similares) e por bicos aspersores, nos pontos de transferência de correias transportadoras. Não foi evidenciada a adoção da prática de molhamento nas pilhas de finos (para prevenir o arraste eólico) e somente em uma UP foi constatado o dispositivo tipo “molha pneus” para os veículos de expedição de produtos (para prevenir o arraste de finos para as vias externas adjacentes, no perímetro da área de localização).

Para o controle da poluição sonora, verificou-se a adoção predominante de malhas e cargas adequadas de fogo, bem como do uso de linhas silenciosas. Não foi verificada alguma ação de minimização do nível de ruído sobre os processos de britagem, classificação e transporte. No caso do transporte, evidenciou-se o ruído originado no escapamento dos veículos móveis utilizados (caminhões e pás-carregadeiras, com destaque para o ruído da primeira “caçambada” no caminhão).

Constatou-se ainda a existência de um programa de monitoramento da poluição sonora e das vibrações geradas no processo de desmonte, conduzido pela SINDIBRITA, com a utilização de adequados equipamentos de medição.

### 6.3. Percepções Dominantes da Opinião Pública

Ainda com base no levantamento efetuado (ConDet, 2002), constatou-se que 67% das pessoas entrevistadas na vizinhança das 31 UPs, afirmaram existir **problemas causados pelas pedreiras**. Esse fato - associado à constatação de que apenas 32% dos vizinhos consultados afirmaram existir algum procedimento nas UPs para recepção de reclamações - conduz à percepção de que o setor vive uma situação de conflito potencial com a vizinhança, não o reconhecendo formalmente, e, portanto, não o internalizando ao próprio negócio.

#### 6.3.1. Organização do Setor

Sob o ponto de vista organizacional, as seguintes principais questões alicerçam a imagem que a opinião pública possui (explicitada ou não) em relação ao setor de agregados minerais.

**Recursos Humanos:** Possuindo uma mão-de-obra predominantemente especializada, o setor requer esforços continuados de capacitação, o que não vem ocorrendo.

**Tecnologia:** Muitas empresas operam com tecnologias defasadas devido, principalmente, à inibição de investimentos, em consequência à instabilidade institucional.

**Qualidade e Produtividade:** Desatualização e baixa eficiência tecnológica comprometem a qualidade e a produtividade. A maioria das empresas não atende às exigências e especificações do mercado consumidor.

**Capacitação Gerencial:** Poucas empresas possuem gestão profissionalizada e a maioria opera com práticas gerenciais obsoletas.

**Marketing:** Apesar do bom conhecimento do mercado, o setor não adota postura de atendimento ao cliente comprometida com a regularidade e com as especificações e normas de qualidade e de metrologia.



### 6.3.2. Incômodos e Danos Causados

Os fatores **ruído, vibração e material particulado em suspensão** (poeira) evidenciam-se como as principais causas de incômodos causados.

Na qualificação das consequências de tais incômodos, os entrevistados destacaram danos à saúde (doença respiratória na família, danos materiais, danos pessoais, danos à infraestrutura urbana, além de danos aos recursos naturais e à paisagem).

Entre as doenças apontadas, a convergência é para as **bronquites**, associadas e não associadas às **alergias**. A percepção da doença indicada é coerente com o fator "material em suspensão (poeira)" apontado como uma das causas de problemas nas UPs de brita.

No que se refere aos danos materiais, sobressaem "rachadura nos rebocos" dos imóveis e, secundariamente, "quebra de vidros". Tais danos são consistentes com os fatores **vibração e sobre-pressão**.

Já nos quesitos "**danos à infraestrutura**" e "**danos aos recursos naturais**" as respostas da vizinhança evidenciaram uma baixa incidência.

Finalmente, em relação ao "**dano à paisagem**" constatou-se a percepção de sua existência em 50% das manifestações levantadas.

## 7. UMA NOVA PERCEPÇÃO

Conforme já assinalado, face à relativa abundância de depósitos de areia e de rocha dura para brita, nas diversas regiões do país, as unidades produtoras (UPs) tendem a se localizar, frequentemente, o mais próximo ao mercado. Problemas relacionados às políticas de uso e ocupação do solo vêm provocando sucessivos conflitos de localização, à medida que ocorre o "sufocamento" das unidades produtoras, pelo avanço desordenado da urbanização, notadamente nas grandes cidades e em suas Regiões Metropolitanas (RMs).

Neste contexto, o setor convive com uma série de impasses de ordem locacional e ambiental, com decorrentes impactos negativos, quer seja sob o âmbito privado ou social. Sob o ponto de vista privado, a questão requer a racionalização de métodos de trabalho, desenvolvimento de processos produtivos e aperfeiçoamento de produtos, de tal forma a atenuar as deseconomias sócio-ambientais associadas à atividade produtiva.

Por outro lado, sob o ponto de vista social, faz-se necessário estabelecer, para cada uma das RMs onde tal problema assume maior criticidade, uma ação institucional de maior eficácia, através de Planos de Ação fundamentados em estratégias integradas e orientadas segundo as seguintes questões-objetivo:

- Como as empresas devem ser estimuladas técnica e gerencialmente de forma a melhor contribuírem para a mitigação dos atuais impactos e para a harmonização dos conflitos existentes e previsíveis ?
- Que medidas de Política Pública devem ser adotadas para aperfeiçoar a evolução do mercado de agregados minerais e para estimular o desenvolvimento tecnológico e gerencial das empresas ?
- Quais são as estratégias de comunicação a serem consideradas para a criação de uma nova percepção da opinião pública em relação ao setor ?

### **7.1. Reconversão Sustentável**

Mediante a elaboração de diagnósticos multidisciplinares, tornar-se-á possível identificar - nos pólos de produção e consumo de agregados minerais de cada uma das RMs do país - os principais impasses existentes, bem como conceber e estruturar as soluções requeridas, através de ***Planos Integrados de Desenvolvimento do Setor de Agregados Minerais***.

Os referidos Planos de Ação, a serem implementados em cada uma das RMs do país, deverão subsidiar as empresas produtoras e instituições privadas e governamentais direta ou indiretamente relacionadas ao setor, na implementação de medidas de superação dos atuais impasses, notadamente no que se refere à redução dos conflitos existentes, da atividade produtiva com a expansão urbana e o meio ambiente.

Tais Planos de Ação deverão ser sintonizados com os pressupostos e diretrizes da ***Agenda 21***, a qual recomenda a construção de planos - seja a nível global, regional ou local - fundamentados em processos de planejamento participativo, de forma a propiciar o surgimento de novos vetores de desenvolvimento, a partir de soluções negociadas com a participação dos diferentes atores envolvidos. Cabe lembrar que a Agenda 21 é o principal documento que resultou da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

### **7.2. Planejamento Participativo**

O Plano de Ação relativo a cada RM do país deverá ser concebido segundo os pressupostos, objetivos e demais elementos de planejamento assinalados a seguir:

Pressupostos:

- O setor produtivo de agregados minerais deve ser tratado como um arranjo produtivo regional, compreendendo a respectiva cadeia industrial e envolvendo não apenas as operações de lavra, beneficiamento e comercialização de brita e areia (natural e manufaturada), como também

os segmentos de consumo e comercialização intermediária, além do segmento de produção secundária (reciclagem de ECD e de outros possíveis rejeitos).

- Os referidos arranjos produtivos deverão também compreender a cadeia de apoio constituída por fornecedores de bens e serviços, além dos demais agentes envolvidos, tais como entidades estaduais e federais, prefeituras, representações empresariais (ex.: ANEPAC, IBRAM, sindicatos e federações de indústrias), Universidades e Escolas Técnicas.
- Cada RM deverá ser submetida a estudo de planejamento estratégico, envolvendo a análise de ambiente interno e externo ao setor, de tal forma a evidenciar suas forças e fraquezas, suas oportunidades e ameaças e, conseqüentemente, definir os objetivos a serem alcançados, as estratégias a serem consideradas e ações prioritárias a serem implementadas.

**Objetivos** - O sentido prioritário de uma política de desenvolvimento dos parques produtores de agregados das RMs deve ser de assegurar o suprimento do produto com um desempenho competitivo que concilie a atividade produtiva com o meio ambiente e o processo de uso e ocupação do solo. A implementação de tal processo impõe a realização de mudanças nos processos de ordenamentos territoriais, de forma a propiciar a localização de empreendimentos em áreas protegidas quanto à ocorrência de conflitos, possibilitando, conseqüentemente, a adoção de tecnologias, escalas e regime de operação sintonizados com os atuais paradigmas de eficiência e produtividade da indústria de agregados.

**Estratégias** - As estratégias a serem formuladas deverão orientar os meios disponíveis e a forma de aplicá-los com vistas à consecução dos objetivos específicos. As estratégias propostas deverão ser relacionadas aos objetivos estabelecidos além de articuladas com ações específicas.

**Ações Propostas** - Cada estratégia proposta será desdobrada em ações específicas. Para cada uma destas, deverão ser indicadas as respectivas responsabilidades de execução, bem como as estimativas de recursos financeiros (fontes e usos) e de prazos requeridos. A seleção de ações prioritárias deverá ser fundamentada na busca da melhor relação benefício/custo.

**Metas Propostas** - Para as estratégias estabelecidas e ações selecionadas como prioritárias, deverão ser definidas metas quantitativas, a serem alcançadas nos próximos 20 (vinte) anos. As estimativas de expansão do mercado produtor e consumidor de agregados minerais em cada RM, deverão ser indicadas em conformidade com cenários alternativos a serem estabelecidos.

**Cronograma Físico-Financeiro de Implementação** - O Plano de Ação deverá ser expresso em Cronograma de Implementação, a ser elaborado segundo as ações propostas. Tal cronograma físico-financeiro deverá conter a programação dos recursos requeridos para execução das ações prioritárias, custos associados, bem como resultados a serem alcançados.

**Efeitos Previsíveis** - O Plano de Ação deverá conter a apreciação dos efeitos que deverão decorrer da implementação das ações propostas, tais como: expansão de investimentos; melhorias de produtividade, de competitividade e de sustentabilidade; geração de trabalho e renda; arrecadação de tributos; integração da cadeia produtiva e contribuições para o desenvolvimento regional sustentado.

Conforme se verifica, a construção de uma nova percepção da opinião pública, em relação ao setor de agregados minerais, requer a implementação de mudanças a serem impulsionadas através de um processo de planejamento participativo adequadamente estruturado, e que deverá resultar nas seguintes proposições comuns às diferentes RMs a serem abordadas:

**Elaboração de Análises Ambientais Estratégicas (AAEs)** - Com foco sistêmico, em cada RM, a correspondente AAE deverá aprofundar avaliações nas áreas de maior propensão ao desenvolvimento da Cadeia de Produção de Agregados Minerais (CPAMs).

**Elaboração de Planos Diretores de Desenvolvimento (PDDs) das RMs** - tendo as correspondentes AAEs como fundamento, os PDDs deverão ser entendidos como pré-requisitos básicos para a subsequente elaboração de respectivos Planos Diretores de Zoneamento da CPAM da RM (PDZ/CPAM/RM).

**Elaboração de Planos Diretores de Zoneamento das Cadeias de Produção de Agregados Minerais (PDZ/CPAMs)** - a definitiva harmonização dos conflitos da atividade de produção de agregados com a expansão urbana, em cada uma das RMs do país, só será alcançada a partir do momento em que se dispuser de correspondentes PDZ/CPAMs consistentemente desenvolvidos e efetivamente implementados.

Preconiza-se, portanto, que - com a implementação integrada das três ações aqui priorizadas - qualquer decisão de localização e licenciamento de atividade inerente à CPAM de cada RM passará a ser conduzida com suporte em mecanismos efetivos de disciplinamento e conciliação de interesses públicos e privados, do que resultará a abertura de amplos espaços de reversão da imagem da opinião pública, partindo da atual situação estigmatizada de impactos negativos, para um novo contexto de transparência e de clara e pró-ativa percepção das contribuições dos pólos produtores de agregados minerais para o desenvolvimento sustentável.

### **7.3. Programa de Comunicação**

Castro (2011), em matéria publicada na revista *Brasil Mineral*, nº 309, Jul/2011, assinala que o setor de agregados precisa cuidar do gerenciamento de sua reputação, devendo entender ser este um fator essencial para assegurar a sua competitividade e sustentabilidade. Ressalta também que, através de suas

representações setoriais, os produtores de agregados minerais precisam comunicar-se adequadamente com os demais atores que integram a cadeia produtiva do setor.

Destaca ainda que uma imagem positiva gera confiança e lealdade entre os consumidores, cria orgulho entre os colaboradores, além de atrair investidores. Afirma também que a construção de uma imagem positiva pode significar a melhoria de relacionamento com as comunidades e organizações da sociedade civil, além de edificar um “colchão de boa vontade”, a ser utilizado em momentos de crise com públicos-chave, tais como a imprensa.

Enfatiza que crises de imagem devem ser superadas e revertidas com uma abordagem séria e bem fundamentada, na percepção de que, na **era da transparência** – estimulada pelo crescimento e popularização das redes sociais e pela organização da sociedade civil – ninguém mais pode se julgar imune ao escrutínio da opinião pública. As gestões corporativas de empresas e setores da economia tornam-se cada vez mais conscientes da importância de se adaptar a este novo contexto

## 8. CONCLUSÃO

A construção de uma nova percepção da opinião pública, em relação ao setor de agregados minerais, requer a adoção de um esforço persistente de promoção de mudanças institucionais e de caráter técnico, gerencial e financeiro. Tais mudanças devem ser estruturadas através de um processo de planejamento **eficaz**, respaldado pela utilização de métodos robustos e consistentes, além de **efetivo**, mediante a participação, a difusão de conhecimento e o estímulo à melhor compreensão do setor, por parte da sociedade, para o que se faz também necessário adotar uma consistente estratégia de comunicação.

Diante a esta perspectiva, cabe assinalar a recente constituição, pela ANEPAC, de um grupo de trabalho para discutir e implementar um planejamento de médio e longo prazo para comunicação do setor de agregados minerais com a sociedade. É interessante constatar que as estratégias que estão sendo formuladas encontram-se fundamentadas na demonstração da importância da areia e brita para a sociedade, conforme expresso no *slogan* que preside o programa de comunicação daquela instituição: **“Construindo o Presente: Criando o Futuro”**.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALBUQUERQUE, G. e CALAES, G. Estudo do Parque Produtor de Brita da RMRJ: Índices Preliminares de Sustentabilidade. In: VILLAS BÔAS, R.; BEINHOFF, C. (eds.). *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Mineral*. Rio de Janeiro: GEF, CBPq/CYTED, 2002, 564 p.
- BRAND, P. - La Construcción Ambiental del Bienestar Urbano. Caso de Medellín, Colombia. In: *Economía, Sociedad y Territorio*. [S.l.], 2001. vol. III, p. 1-24.
- CALAES, G., NETTO, B. e AMARAL, J. - *Estudo do Parque Produtor de Brita da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. 2002. 245 f. Trabalho realizado para o DG/IGEO/CCMN/UFRJ com apoio do CT-Mineral, Rio de Janeiro, 2002.
- CALAES, G., NETTO, B. e AMARAL, J. - *Desenvolvimento Sustentável do Mercado de Brita no Rio de Janeiro - Brasil: Planejamento Estratégico Participativo na Solução de Conflitos Locacionais*. 2003. Trabalho apresentado no III Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 2003.
- CALAES, G. D. - *O Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Mineral Sustentável e Competitivo – Dois Caso de Não Metálicos no Rio de Janeiro*. 298f. Tese de Doutorado. Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
- CASTRO, F. R. - Um Fator de Competitividade. In: *Brasil Mineral*, Nº 309, Jul./2011, p.28-29.
- CUICHIERATO, G., *A Demanda Gerada pela Obras de Infra-estrutura para a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016 – As possibilidades para o setor de mineração, infraestruturas e construção civil geradas pelos grandes eventos de 2014 e 2016 no Brasil*, 2011.
- KULAI, Y. *Análise do Mercado de Matérias Primas Mineraias: Estudo de Caso da Indústria de Pedras Britadas do Estado de São Paulo*. 2001. 144f. Tese de Doutorado. Escola de Politécnica da USP, São Paulo, 2001.
- LANGER, W., DREW, L. e SACHS, J. – *Aggregates and the Environment*. American Geological Institute in cooperation with U.S. Geological Survey, AGI Environmental Awareness Series, 2004, 64 p.
- REVISTA Areia & Brita, n(1997-2011).
- SINTONI, A. – Ordenamento Territorial da Mineração de Agregados. In: *Areia & Brita/ ANEPAC*, Nº 40, Out./Dez., 2007, p. 26-30
- WACKERNAGEL, M. - “La Huella Ecológica de las Ciudades. Como Asegurar el Bienestar Humano dentro de los Limites Ecológicos?”. Paper utilizado na disciplina *Sustentabilidade e Cidade*, cursada no IPPUR/UFRJ; Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional e Econômica; DG/IGEO/CCMN/UFRJ; 1996, 9 p., mim.
- Sites: <http://www.anepac.org.br>  
<http://www.dnpm.gov.br>  
<http://www.fiesp.com.br/construbusiness/pdf/apresentacoes/ConstBusiness2010Portugues.pdf>

## SIGLAS

AAE - Análise Ambiental Estratégica

AGI - *American Geological Institute*

ANEPAC - Associação Nacional de Produtores de Agregados para a Construção Civil

CFEM - Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

ConDet - Consultoria de Empreendimentos Ltda.

CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária

CPAM - Cadeia de Produção de Agregados Minerais

CSLL - Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional

CT-Mineral - Fundo Setorial de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Mineração

DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

ECD - Entulho de construção e demolição

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EUA - Estados Unidos da América

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (atual INEA)

FGV - Fundação Getúlio Vargas

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

INEA - Instituto Estadual do Ambiente (antiga FEEMA)

IRPJ - Imposto de Renda das Pessoas Jurídicas

LCA - LCA (Luciano Coutinho) Consultores

LI - Licença de Instalação

LO - Licença de Operação

LP - Licença Prévia

MIN - Ministério da Integração Nacional

MPE - Ministério Público Estadual

MPF - Ministério Público Federal

OTGM - Ordenamento Territorial Geo-Mineiro

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PCA - Plano de Controle Ambiental

PDD - Plano Diretor de Desenvolvimento

PDZ - Plano Diretor de Zoneamento

PIB - Produto Interno Bruto

PIS - Programa de Integração Social

PNOT - Política Nacional de Ordenamento Territorial

PPAVP - Pólo Produtor de Areia do Vale do Paraíba

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

RJ - Rio de Janeiro

RM - Região Metropolitana

RMRJ - Região Metropolitana do Rio de Janeiro

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SC - Santa Catarina

SP - São Paulo

SIEASC - Sindicato da Indústria de Extração de Areia de Santa Catarina

SINDIBRITA - Sindicato dos Produtores de Brita

SMARJA - Sociedade dos Mineradores de Areia do Jacuí

TAC - Termo de Ajuste de Conduta

UCAM - Universidade Candido Mendes

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UPs - Unidades de produção

USP - Universidade de São Paulo



## GLOSSÁRIO

---

**Refratários** – entende-se por refratários, os materiais usados para resistir aos efeitos térmicos, químicos e físicos que ocorrem nas indústrias metalúrgicas, químicas, cerâmicas, dentre outras.

**Anóxica** – reação sem a presença de oxigênio.

**Diapiros** – dobra anticlinal, cujo núcleo, em geral salino, perfura as camadas superiores.

**Anisotrópico** – sólido cristalino cujo módulo de uma propriedade física varia em função da direção cristalográfica.

**Euédrico** – mineral monocristalino cuja morfologia externa é constituída pelas faces naturais de crescimento.

**Enantiomorfo** – dois cristais são enantiomorfos quando um é a imagem especular do outro.

**Epitaxial** – processo controlado de deposição de camadas atômicas sobre um substrato para a obtenção de filmes finos monocristalinos a partir de precursores líquidos ou gasosos.

**Geódo** – cavidades rochosas oriundas de formações vulcânicas ou sedimentares, formadas lentamente a partir de soluções hidrotermais mantidas a pressão e temperatura relativamente baixas, sendo constituídas por zonas de bandejamento e/ou cristais crescidos a partir da superfície interna.

**Piezeletricidade ou Piezoeletricidade** – efeito observado em alguns cristais que, quando sujeitos a esforços ou deformações mecânicas, adquirem uma polarização elétrica entre suas faces opostas (efeito direto). Estes mesmos cristais se deformam sob ação de forças internas quando são submetidos a um campo elétrico (efeito inverso).

**Ressonador** – sistema que possui uma ou várias frequências próprias, e que pode, em razão disto, entrar em ressonância.

Dispositivo constituído por uma cavidade aberta para o exterior que possui uma ressonância predominante a uma frequência determinada: caixa de ressonância.

Corpo capaz de vibrar e entrar em ressonância.

**Sonotrodo** – peça metálica com perfil geométrico exponencial, cônico ou reto usada para transmissão e amplificação de uma onda ultrassônica.

**Transdutor** – dispositivo que permite uma conversão ou transferência de sinais, desde que pelo menos um dos sinais, seja de natureza elétrica, p.ex., som ou luz, em sinais elétricos de saída e vice-versa.