



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Coordenação de Processamento e Tecnologias Minerais – COPTM

O USO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO E OS PRINCIPAIS AVANÇOS LEGAIS E TECNOLÓGICOS

Silvia Cristina Alves França
Eng.^a. Química, D.Sc.

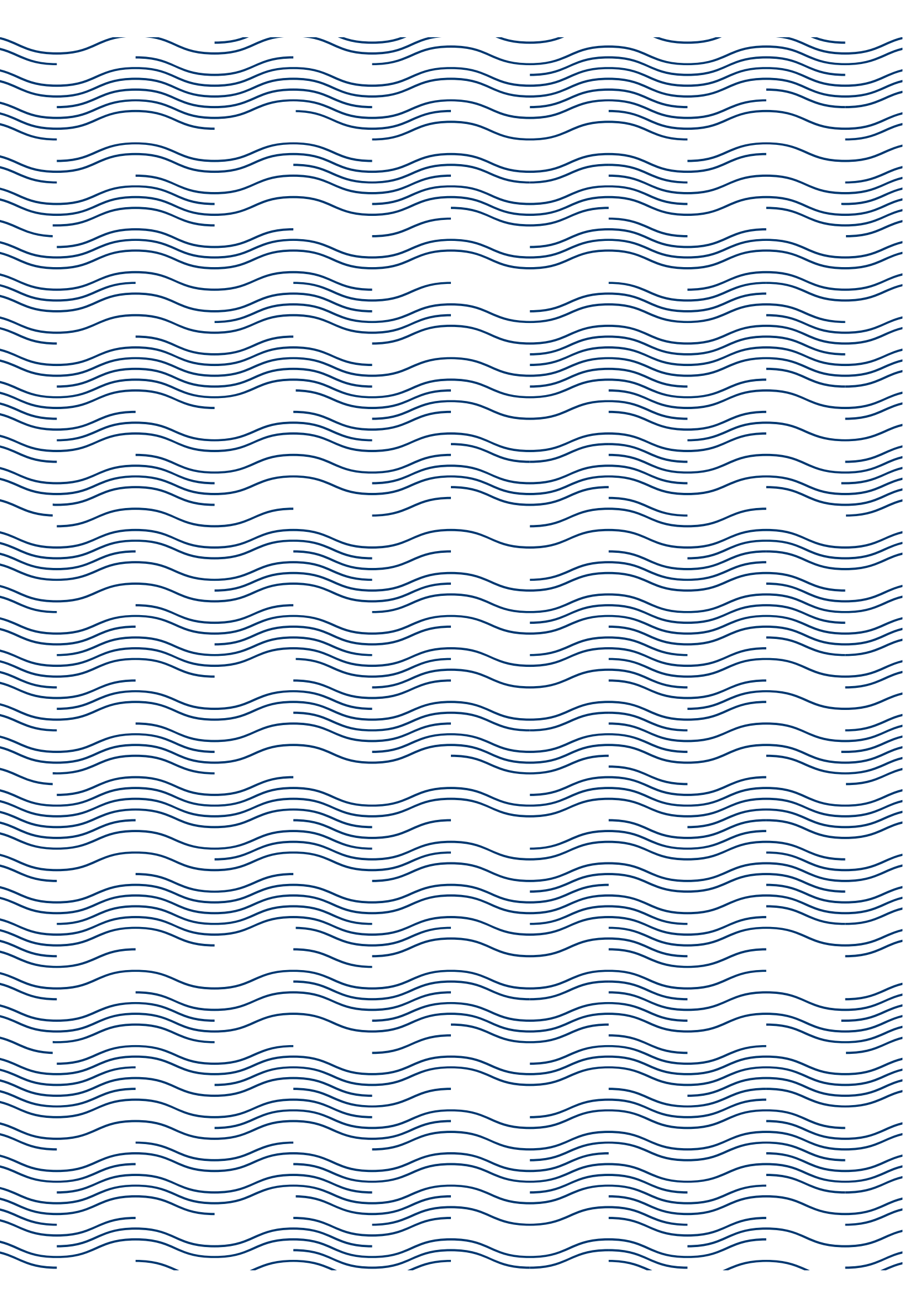
Suellen Cristina Marques
Eng.^a de Materiais, D.Sc.

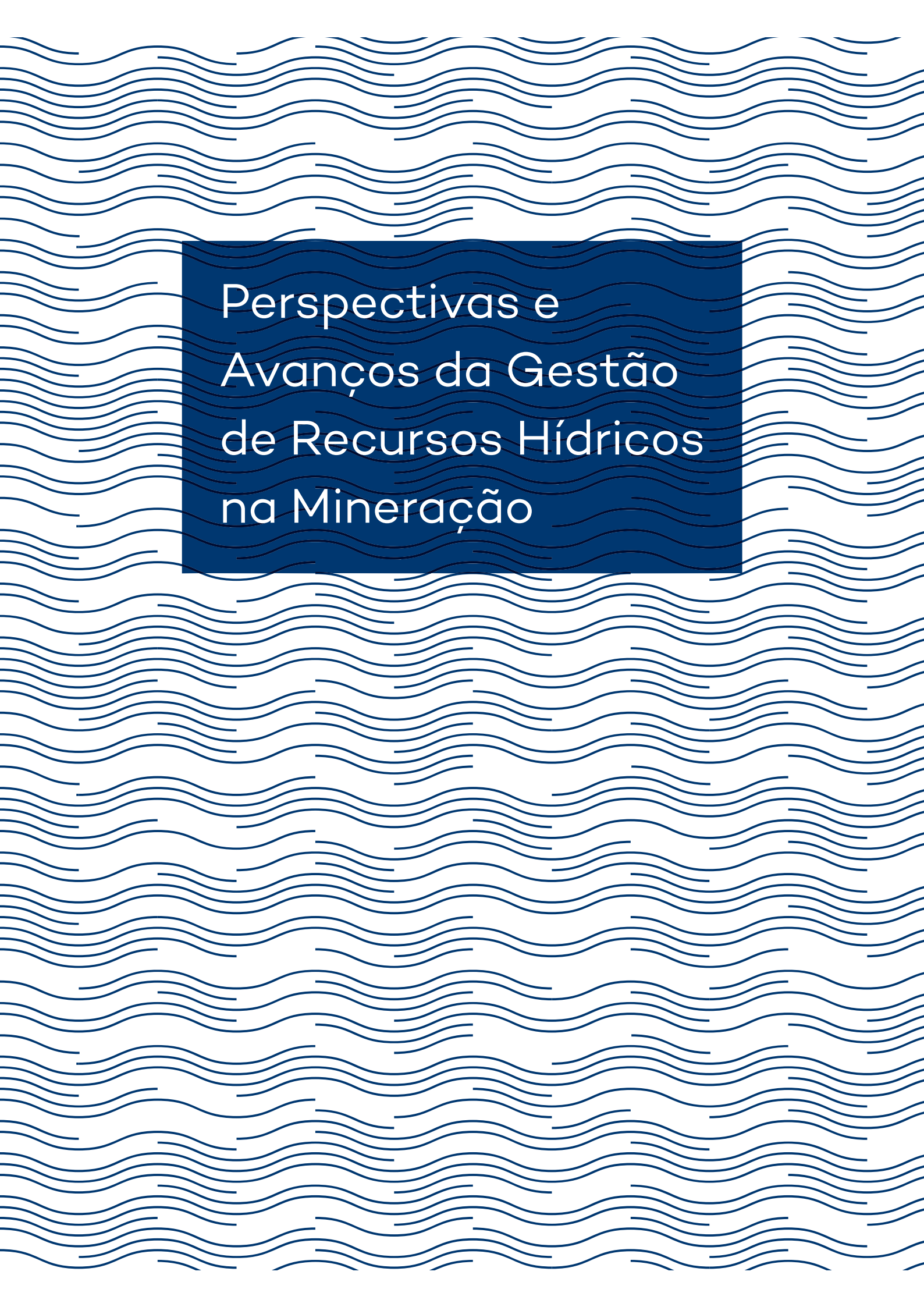
Ariel Wanis
Eng. de Segurança do Trabalho

Rio de Janeiro
Dezembro 2024

CCL0003 00 24 – Capítulo do Livro *Perspectivas e Avanços da Gestão de Recursos Hídricos na Mineração*. ANA/IBRAM, 2024. ISBN: 978 - 85-61993-18-4. PP. 149 a 162

Perspectivas e Avanços da Gestão de Recursos Hídricos na Mineração





Perspectivas e
Avanços da Gestão
de Recursos Hídricos
na Mineração

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente da República

Ministério da Integração e de Desenvolvimento Regional

Waldez Góes

Ministro

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Diretoria Colegiada

Veronica Sánchez da Cruz Rios (Diretora-Presidente)

Filipe de Mello Sampaio Cunha

Ana Carolina Argolo

Nazareno Araújo (Interino)

Marcelo Medeiros (Interino)

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Raul Jungmann

Diretor-Presidente do IBRAM

Fernando Azevedo e Silva

Vice-Presidente do IBRAM

Alexandre Valadares Mello

Diretor de Assuntos Associativos e Mudança do Clima

Julio Cesar Nery Ferreira

Diretor de Sustentabilidade

Paulo Henrique Leal Soares

Diretor de Comunicação

Rinaldo César Mancin

Diretor de Relações Institucionais

Osny Vasconcellos

Diretor Administrativo e Financeiro

CONSELHO DIRETOR

BIÊNIO 2021-2023

Presidente do Conselho:

- Anglo American Brasil
Ana Sanches – Titular

Vice-Presidente do Conselho:

- Lundin Mining
Ediney Maia Drummond – Titular

Conselheiros:

- Alcoa
Eduardo Doria – Titular
Michelle Shayo – Suplente
- Anglo American Brasil
Ivan de Araujo Simões Filho – Suplente

- AngloGold Ashanti
Marcelo Pereira – Titular
Othon de Villefort Maia – Suplente

- ArcelorMittal
Wagner de Brito Barbosa – Titular
Wanderley José de Castro – Suplente

- BAMIN
Eduardo Jorge Ledsham – Titular
Alexandre Victor Aigner – Suplente

- Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração – CBMM
Eduardo Augusto Ayroza Galvão Ribeiro – Titular
Ricardo Fonseca de Mendonça Lima – Suplente

- Copelmi Mineração Ltda
Cesar Weinschenck de Faria – Titular
Roberto da Rocha Miranda de Faria – Suplente

- Embu S.A. Engenharia e Comércio
Daniel Debiazzi Neto – Titular
Luiz Eulálio Moraes Terra – Suplente

- Kinross Brasil Mineração S.A.
Gilberto Carlos Nascimento Azevedo – Titular
Ana Cunha – Suplente

- Lundin Mining
Luciano Antonio de Oliveira Santos – Suplente

- Mineração Caraíba S.A.
Eduardo de Come - Titular
Antonio Batista de Carvalho Neto - Suplente
- Mineração Paragominas S.A. (HYDRO)
Anderson Baranov - Titular
Paula Amelia Zanini Marlieri - Suplente
- Mineração Rio Do Norte S.A. – MRN
Guido Roberto Campos Germani - Titular
Vladimir Senra Moreira - Suplente
- Mineração Taboca S.A
Newton A. Viguetti Filho - Titular
Ronaldo Lasmar - Suplente
- Mineração Usiminas S.A.
Carlos Hector Rezzonico - Titular
Marina Pereira Costa Magalhães - Suplente
- Minerações Brasileiras Reunidas - MBR
Octavio Bulcão - Titular
Marcelo Sampaio - Suplente
- Mosaic Fertilizantes
Adriana Kupcinkas Alencar - Titular
Emerson Araken Martin Teixeira - Suplente
- Nexa Resources
Jones Belther - Titular
Guilherme Simões Ferreira - Suplente
- Samarco Mineração S.A.
Rodrigo Alvarenga Vilela - Titular
Felipe Starling - Suplente
- Vale
Alexandre Silva D´Ambrosio - Titular
Lauro Angelo Dias de Amorim - Suplente
Marcello Magistrini Spinelli - Titular
Daniella Gonçalves de Barros Silveira de Queiroz - Suplente
Rafael Bittar - Titular
Helga Paula Patrícia Franco - Suplente

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO

Perspectivas e Avanços da Gestão de Recursos Hídricos na Mineração

Brasília – DF
ANA | IBRAM
2024

© 2024 Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Setor Policial, Área 5, Quadra 3,
Edifício Sede, Bloco M
CEP: 70.610-200 – Brasília/DF
Telefone: (61) 2109-5400 / 5252
Endereço eletrônico:
<https://www.gov.br/ana/pt-br>

Disponível também em
www.gov.br/ana/pt-br

© 2024 Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

SHIS QL 12 cj 0 (zero) casa 04, Lago Sul.
CEP:71.630-205 – Brasília/DF
Telefone: (61) 3364-7272
Endereço eletrônico:
<http://www.ibram.org.br>

Comissão de Editoração - ANA

Joaquim Gondim (Coordenador)
Humberto Cardoso Gonçalves
Ana Paula Fiorese
Roxane Pinheiro Alves (Secretária-
Executiva substituta)

EQUIPE EDITORIAL

Supervisão editorial

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Gleyce Anne Cardoso
Fernanda Abreu Oliveira de Souza

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

Cláudia Franco de Salles Dias
Júlio César Nery Ferreira
Maria de Lourdes Pereira dos Santos
Patrícia Helena Gambogi Boson

Produção

Agência Nacional de Águas e Saneamento
Básico – ANA
Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM

Projeto Gráfico, diagramação, capa e ilustrações:

Pablo Frioli

Fotografias

Banco de Imagens ANA
As ilustrações, tabelas e gráficos sem
indicação de fonte foram elaboradas pela
ANA ou IBRAM.

Catálogo na fonte: CEDOC/BIBLIOTECA

A265p Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil).
Perspectivas e avanços da gestão de recursos hídricos na mineração / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Instituto Brasileiro de Mineração. – Brasília : ANA, IBRAM, 2024.
306 p. : il.
ISBN: 978-85-61993-18-4
1. Água – Gestão. 2. Mineração. I. Título. II. Instituto Brasileiro de Mineração
CDU 556.18:622

Elaborada por Fernanda Medeiros – CRB-1/1864

© Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

EQUIPE TÉCNICA E COORDENAÇÃO

Coordenação Geral

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Ana Carolina Argolo Nascimento de Castro
Fernanda Abreu Oliveira de Souza

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

Júlio Cesar Nery Ferreira
Cláudia Franco de Salles Dias

Coordenação Técnica e Executiva

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Fernanda Abreu Oliveira de Souza
Gleyce Anne Cardoso

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

Cláudia Franco de Salles Dias
Patrícia Helena Gambogi Boson
Maria de Lourdes Pereira dos Santos

Elaboração e revisão dos originais

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Aline Cristina Leal Costa Da Silva
Consuelo Franco Marra
Fernanda Abreu Oliveira de Souza
Flavia Carneiro da Cunha Oliveira
Gisela Damm Forattini
Henrique Pinheiro Veiga
Leandro Mendes da Silva
Luis Augusto Preto
Marcelo Araújo da Costa
Marco José Melo Neves
Marcus André Fuckner
Nazareno Araújo
Nelson Neto de Freitas
Patrick Thadeu Thomas
Paula Ribeiro Salgado Pinha
Priscyla Conti de Mesquita
Rogério de Abreu Menescal
Saulo Aires de Souza
Vera Maria da Costa Nascimento

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

Antonio Carlos Bertachini
Ayla Margie de Leão Graig
Bruno Santos Ferraz
Cláudia Franco de Salles Dias
Daniel Pérez Bertachini
David Veiga Soares
Edmar Eufrásio
Giani Aparecida Santana Aragão
Guilherme Alves de Melo
Joaquim Pimenta de Ávila
Júlio Cesar Nery Ferreira
Leonardo S. Oliveira
Maria de Lourdes Pereira dos Santos
Maria Jose Gazzi Salum
Mário Cicarelli Pinheiro -
Patrícia Helena Gambogi Boson
Renata Gaudereto Andries
Tácito Ribeiro de Matos
Tereza C. F. C. M. Filpi
Thaiza C. C. Bissacot
Virginia S. T. Ciminelli
Vítor Rodrigues Quites

ANM – Agência Nacional de Mineração

Mauro Henrique Moreira Sousa
Eliezer Senna Gonçalves Júnior
Kalyl Gomes Calixto
Luiz Paniago Neves
Yara Barbosa Franco

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

Silvia Cristina Alves França
Suellen Marques Silva
Ariel Wanis

2.7 Reúso de água na mineração

- Silvia Cristina Alves França⁴⁹
- Suellen Marques Silva⁵⁰
- Ariel Wanis⁵¹

2.7.1 Introdução

A água é um importante insumo no âmbito das atividades de mineração – notadamente na área de concentração de minérios na qual é usada, e como meio de transporte. Por ser um recurso extremamente necessário em diversas atividades da indústria mineral, conforme está bem descrito nas seções anteriores desse Capítulo, a água tornou-se a origem de muitas preocupações, devido à sua escassez em algumas regiões do mundo, alteração na qualidade devido ao impactos causados pelo crescimento da população e das atividades industriais, e o aumento da competição por este recurso entre setores da sociedade, especialmente para suprimento às necessidades vitais do ser humano (Lima, 2018; Sampaio et al., 2018). Portanto, a transparência corporativa em torno do uso da água é essencial para a sustentabilidade e licença social da indústria de mineração e metais (ICMM, 2023).

Embora o setor de mineração apresente as menores demandas relativamente a outros setores, como a agricultura, a mineração assume como imperativo a necessidade de redução do consumo, sendo que a adoção de tecnologias que permitam o reúso e a recirculação da água no processo minerário, é posta como fundamental e prioritária (Tabela 7) com vistas a diminuir, cada vez mais, o uso/captação de água nova, promover o uso consciente da água e estabelecer o nível de sustentabilidade da atividade, no Brasil e no mundo.

49 Eng. Química, D.Sc. Tecnologista Sênior III. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. E-mail: sfranca@cetem.gov.br

50 Eng. de Materiais, M.Sc. (Bolsista PCI/MCTI). Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI

51 Eng. de Segurança do Trabalho (Bolsista de projeto). Núcleo Regional do Espírito Santo, Centro de Tecnologia Mineral – NRES/CETEM. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI.

Tabela 7: Consumo de água na produção mineral e índice de recirculação por tipologia mineral

Tipologia mineral	Volume de água consumida por tonelada produzida (m ³ /t)	Recirculação/reciclagem (%)
Minério de ferro (concentrado)	0,18 - 1,0	90
Cobre	2,03	83
Bauxita	3,0	50-90
Caulim	3,93	85
Alumínio	4,9 - 5,2	62
Fosfato	6,6 - 13,8	50-83
Minério de ferro (pelotas)	6,80	91
Aço	85 - 230	95,5

Fonte: Adaptado de CNI & IBRAM (2012); Instituto Aço Brasil (2016)

Na prática do reúso de água industrial, a mineração assume, como importante, a necessidade de conhecer e quantificar as perdas inerentes ao processo, como perdas por evaporação (tanques e barragem de rejeitos), água contida no produto e no rejeito, dentre outras, pois tais informações são essenciais para a quantificação precisa da recirculação e necessidade de captação de água nova para o processo.

Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas – ONU ressalta a grande carência de informações e dados sobre o tratamento e reutilização da água pelos diversos setores usuários; e na mineração não é diferente! Atualmente, não há dados suficientes para estimar globalmente a situação do reúso da água, bem como tendências de consumo e tratamento (UN Water, 2021). Além da falta de informações, a falta de ações conjuntas para redução no consumo de água também preocupa a ONU, preocupação esta manifestada no tema do relatório anual setorial para Água – UN Water 2023, cujo tema refere-se a parcerias e cooperação pela água (Figura 51).



Figura 51: Capa do relatório anual da Organização das Nações Unidas 2023 para a água e o ODS 6, relacionado ao tema.

Portanto, aumentar a quantidade de informações disponíveis sobre o tema é um passo essencial para acelerar os esforços, no que diz respeito à maior aplicação de tecnologias para tratamento de água de processo, que permitam a remoção e/ou controle de reagentes e contaminantes de processo e o seu crescente reúso/recirculação, ou, em último caso, o descarte adequado nos corpos hídricos. A adoção e a disseminação de tecnologias inovadoras e eficientes para uso e reúso/recirculação de água nos diversos setores devem ser encaradas como ações determinantes para a sustentabilidade das atividades econômicas, bem como para o desenvolvimento da sociedade, cuja economia é baseada em um modelo hidroatensivo.

2.7.2 Desafios para uso e reúso de água na mineração

O reúso de água na mineração é um desafio importante para a indústria, pois a água é um recurso natural valioso e escasso. Aqui estão alguns desafios comuns que podem surgir ao tentar aumentar o reúso de água na mineração:

1. Qualidade da água

A água utilizada durante os processos de mineração pode ficar contaminada com produtos químicos, íons solúveis, material particulado, dentre outros. A remoção desses contaminantes da água é fundamental para garantir sua reutilização, portanto o desenvolvimento de métodos eficazes de tratamento e purificação da água é um desafio contínuo.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados valores de alguns parâmetros físicos e químicos da fase aquosa de alguns rejeitos minerais industriais e pro-

duzidos em laboratório, bem como os limites estipulados para descarte por órgãos de controle ambiental.

Tabela 8: Parâmetros de água de processo e descarte (CONAMA e outras agências de controle).

Parâmetros	Sulfetos metálicos	Não-metálicos	Silicatos	CONAMA (descarte)
Condutividade ($\mu\Omega$)	175 - 675	650 - 17.000	130 - 550	-
Sólidos dissolvidos (ppm)	120 - 4.300	190 - 18.500	1 - 1.100	500
Sólidos suspensos (ppm)	2 - 550.000	4 - 360.000	0,4 - 1.900	<1.000
DQO (mg/L)	15 - 240	2 - 40	0,2 - 36	250
COT (ppm)	8 - 290	9 - 3.100	-	3-10
Óleos e graxas (ppm)	2 - 11	1 - 100	0,03 - 90	20-70
pH	8-11	5-11	5-11	5-9

Fonte: Azevedo *et al.* (2018); CONAMA (2011; 2005).

Tabela 9: Valores de condutividade elétrica em amostras de água e efluentes de laboratório.

Amostras de água e efluente de laboratório (CETEM)	Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25°C)
água de abastecimento público	106,2
água destilada	2,41
efluente após floculação/sedimentação rejeito de Ni	1580
efluente após floculação/sedimentação lama vermelha	3750

Fonte: França *et al.* (2019)

Com base na Tabela 8, muitos parâmetros precisam ser adequados às especificações de reúso e/ou descarte por meio do uso de tecnologias de tratamento de água/efluentes e, provavelmente, diferentes tecnologias devem ser utilizadas para este fim. Da mesma forma, quando se considera o parâmetro condutividade elétrica, pelos valores de apresentados na Tabela 9, é possível perceber que a redução na condutividade residual será um desafio para a possibilidade de recirculação de água de processo.

2. Disponibilidade de fontes alternativas

Além da água de processos, muitas minas dependem do abastecimento de água de fontes externas, como rios e lagos. Encontrar fontes alternativas de água, como água de chuva, e implementar sistemas de captação e armazenamento adequados pode ajudar a reduzir a dependência dessas fontes externas.

3. Infraestrutura e custos

Implementar sistemas de tratamento de água adequados e estabelecer uma infraestrutura eficiente para o reúso de água na mineração pode ser um desafio. Além disso, os custos associados à implantação e manutenção desses sistemas podem ser elevados. É preciso encontrar soluções economicamente viáveis, para que o reúso de água seja uma prática acessível para as empresas de mineração.

Na Figura 52 são apresentados os percentuais de uso de água nas operações de lavra e beneficiamento mineral e as opções de técnicas de tratamento do efluente aquoso que permitem o seu reúso. Com as especificações físico-químicas para descarte cada vez mais restritas, com limites menores para contaminantes, tem-se a necessidade de aplicação de tecnologias mais eficientes (maior custo) para atingir as exigências dos órgãos ambientais; estes fatores reforçam a tendência à adoção de práticas de reúso, adaptadas às diferentes necessidades do processo. Na Tabela 10 são apresentados valores comparativos de parâmetros de qualidade de água adotados no Brasil e na União Europeia.

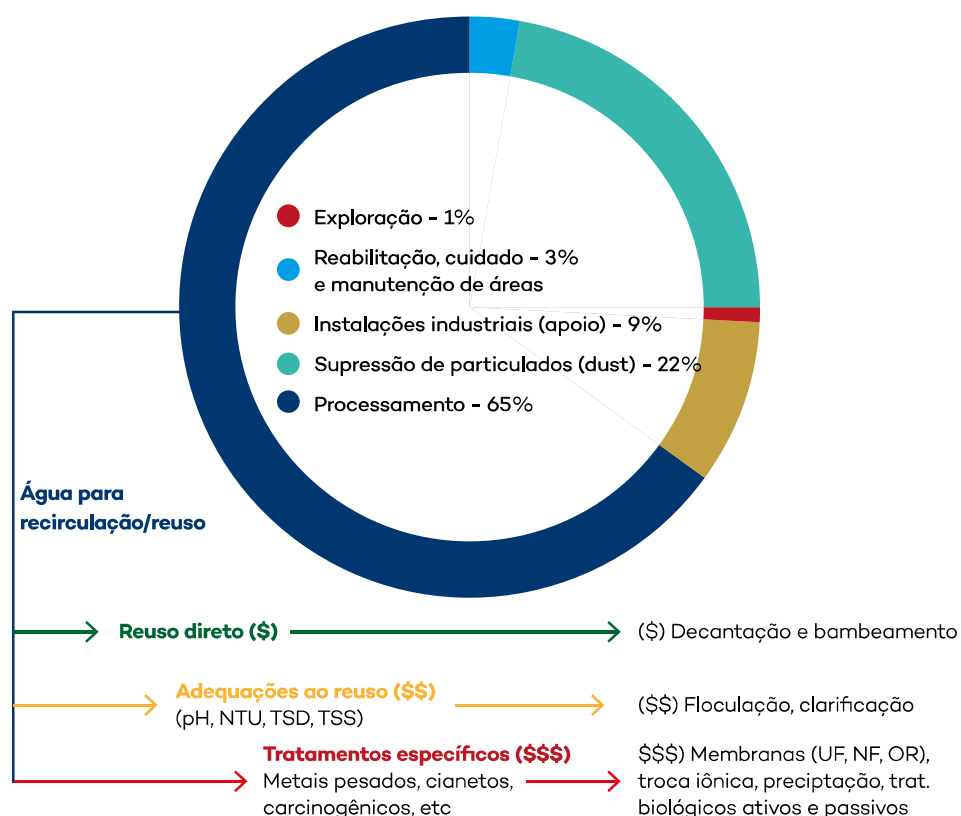


Figura 52: Técnicas para tratamento e reúso de água na mineração. Fonte: França, 2022.

Tabela 10: Parâmetros de qualidade para descarte de água/efluentes industriais.

Parâmetros	Concentrações mínimas	
	Brasil (Conama 430, MMA 2011)	União Européia (tendência)
SO ₄ (mg/L)	250	50
N _{tot} (mg/L)	20	3 - 5
coletores de flotação (aminas) (µg/L)	-	0,9 µg/L
DQO (mg/L)	60	10
U (µg/L)	20	0,17
Se (µg/L)	300	5

Fonte: UNWater (2019); IMWA (2017); Conama (2011)

4. Mudanças na legislação

Questões de manutenção e segurança referentes às barragens de rejeito convencionais impulsionam, positivamente, a conscientização quanto à remoção máxima de água de concentrados e rejeitos, permitindo o seu reúso no processo.

De fato, a intensificação das práticas de desaguamento de rejeitos para disposição de forma mais segura influencia, sobremaneira, o reúso de água nas atividades de lavra e beneficiamento. Reagentes químicos de alta performance e equipamentos com sistemas operacionais cada vez mais eficientes permitem a produção de concentrados pastosos e/ou tortas minerais com teores de água cada vez menores, permitindo o aumento da recirculação e reúso de água de processo e a consequente redução na captação de água nova.

Jansson (2018) aponta os ganhos na adoção de tecnologias de desaguamento mais eficientes, em termos de reúso de água e impactos (*footprints*) da operação. Na Tabela 11 são apresentados os percentuais de água possíveis de recirculação e a redução dos impactos gerados pela atividade a depender do tipo de tecnologia de desaguamento utilizada.

Tabela 11: Tipos de tecnologias aplicadas na geração de rejeitos e seus benefícios em termos de reúso de água e impactos ambientais.

Tecnologia	Água contida no rejeito (%)	Água passível de recuperação (%)	Impacto (<i>footprint</i>) (%)
Espessamento convencional	60-70	-	100
Espessamento de alta taxa	40-50	<10	72
Espessamento de pasta	30-35	25	53 (disposição em cava ou em superfície)
Filtragem	10-20	70	12 (disposição em pilhas ou formação de praças - superfície)

Na Figura 53 são apresentadas duas abordagens de desaguamento de rejeitos e formas de disposição, com relação direta na quantidade de água recirculada para o processo de beneficiamento e afins.



Figura 53: Disposição de rejeitos: (a) rejeito espessado de níquel sulfetado, Fortaleza de Minas-MG, 2011; (b) rejeito filtrado de minério de ferro, complexo de Itabira, MG, 2023. Fotos: Silvia França.

Outra abordagem em diferentes operações de desaguamento, suas combinações e as possíveis vazões de água de processo a serem recirculadas foi proposta pela empresa Outotec (Illi, 2018). A proposta, como bem demonstra a Figura 54, considera o fluxograma de operações portuárias de desaguamento e embarque de concentrado mineral. Neste caso, a remoção de água é ainda mais importante, devido às especificações de limite de umidade transportável (TML – *Transportable Moisture Limit*), que mede o percentual de umidade da carga para garantir que não haja liquefação do material durante o transporte e suas implicações.

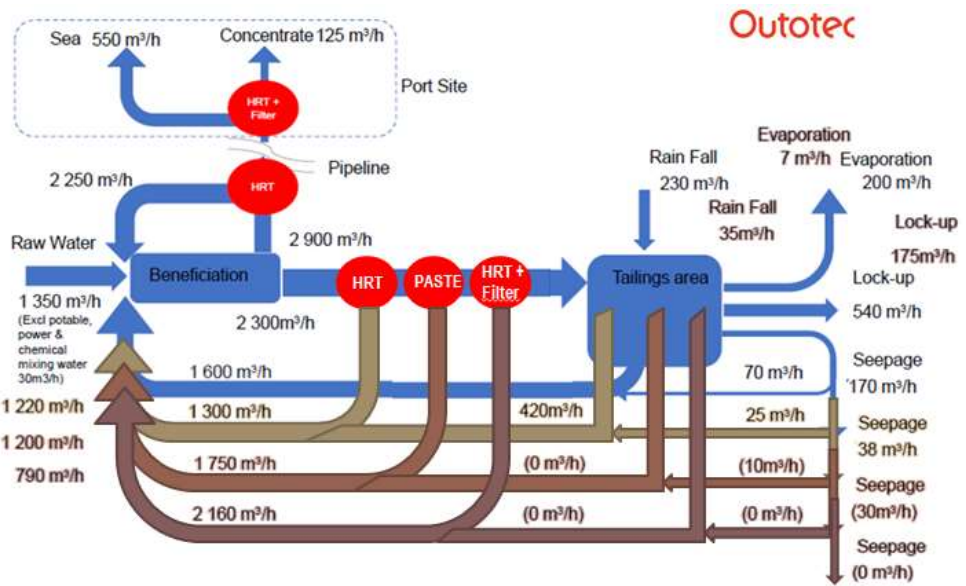


Figura 54: Fluxograma com opções de operações de desaguamento para potencializar o reúso de água de processo.
 Fonte: M. Illi/*Water Treatment Outotec*, 2018.

No Fluxograma da Figura 54 são apresentadas duas alternativas de espessamento (espessador de alta taxa ou espessador de pastas) e ainda uma combinação de espessamento de alta taxa e filtragem. Adotando-se esta última combinação, é possível reduzir as perdas por infiltração de 170 para menos de 30 m³/h e com a maior recuperação de água, chega-se a reduzir em 60% a necessidade de água nova no processo de beneficiamento.

5. Envolvimento das partes interessadas

Garantir o envolvimento e comprometimento das partes interessadas, com uma abordagem abrangente e colaborativa, combinando esforços da indústria, governos, comunidades locais e especialistas em meio ambiente. Este trabalho de engajamento coordenado é crucial para impulsionar a adoção das práticas de reúso de água na mineração, estabelecer parcerias e colaborações para desenvolvimento de soluções conjuntas e, desta forma, garantir a sustentabilidade da atividade.

6. Conscientização e regulamentação

Promover a conscientização sobre os benefícios do reúso de água na mineração e estabelecer regulamentações claras e rigorosas podem incentivar as empresas a adotarem práticas mais sustentáveis. É importante educar e conscientizar sobre as práticas de reúso de água e seus impactos positivos no meio ambiente e nas comunidades.

2.7.3 Melhores práticas para o reúso de água

É tendência mundial do setor de mineração o uso de novas tecnologias para aumentar a eficiência das operações de desaguamento, por meio do uso de reagentes químicos e equipamentos que promovem a separação sólido-líquido mais eficiente. Paralelamente, é perceptível a preocupação com a quantificação mais precisa das perdas de água no processo (evaporação, infiltração, água contida em produtos e rejeitos, dentre outras), visando a maior recirculação, redução na dependência de captação de água nova e minimização de impactos ambientais. Tais ações têm sido incentivadas, tanto por questões ambientais quanto pela necessidade de garantir a sustentabilidade dos empreendimentos, uma vez que a escassez de água é um desafio enfrentado em várias regiões do mundo.

Embora não se tenha conhecimento preciso do percentual de reúso de água na mineração, de forma geral, muitas empresas têm desenvolvido projetos e sistemas de gerenciamento de água para alcançar altos percentuais de reúso. Alguns empreendimentos têm relatado índices de reúso superiores a 90%, com metas de atingir 100% em poucos anos, o que demonstra o compromisso do setor em buscar soluções sustentáveis para o uso dos recursos hídricos.

A seguir são citadas algumas tendências e ações do setor mineral para o reúso de água:

- Aprimoramento das operações unitárias de agregação de partículas (coagulação e floculação), por meio do uso de reagentes químicos adaptados às especificidades dos tipos de minérios, bem como de desaguamento com equipamentos mais eficientes como espessadores de alta taxa e espessadores de pasta, além do uso de filtros cerâmicos, filtros prensa com diafragma, que permitem aumento na recuperação de água de processo.
- Uso de tecnologias avançadas para tratamento da fase aquosa dos rejeitos minerais, como a filtração por osmose reversa e a ultrafiltração, permite a remoção de contaminantes da água, tornando-a adequada para reúso. Esses sistemas são capazes de remover partículas sólidas, íons, metais pesados e outros contaminantes prejudiciais ao processo.
- Uso de tecnologias de dessalinização de água: em regiões onde a água doce é escassa, a dessalinização pode ser uma opção viável para o uso/reúso de água na mineração. Sistemas de dessalinização por osmose reversa ou destilação podem remover o sal e outros minerais da água salobra ou do mar, tornando-a adequada para uso em processos de mineração.

- Sistemas de reciclagem: alguns sistemas de reciclagem avançados estão sendo introduzidos na mineração para maximizar o reúso de água. Esses sistemas capturam e tratam a água utilizada em diferentes processos, como o resfriamento de equipamentos, a lavagem de minério e a supressão de poeira, garantindo que a água seja reutilizada ao invés de ser descartada.
- Parcerias e compartilhamento de recursos: em alguns casos, a mineração pode se beneficiar de parcerias com outras indústrias ou comunidades para compartilhamento de recursos hídricos. Isso permite o aproveitamento de água proveniente de outras fontes, como estações de tratamento de esgoto ou sistemas de água municipais.

Diversas empresas, no Brasil e no mundo, estão focadas no compromisso de aumentar a taxa de reúso de água nas operações de lavra e beneficiamento mineral, desde o aumento na taxa de reúso à disponibilização de água tratada para as comunidades circunvizinhas, e os exemplos são numerosos.

Importante destacar, por ser peculiar, as boas práticas efetivadas pelos pequenos produtores de minerais industriais no Semiárido Nordeste, local de grande escassez de água, também utilizam operações de agregação de particulado fino e sedimentação em tanques sucessivos, para tratamento da água de processo e posterior reúso (Figura 55). Em algumas empresas usa-se a mucilagem da palma forrageira como floculante, para aumentar a eficiência do processo de separação sólido-líquido e, conseqüentemente, a taxa de recirculação da água para o processo de beneficiamento.



Figura 55: Tanques de sedimentação para reúso de água de processo, Juazeirinho, Paraíba. Foto: Suellen Marques.

Assim como as do setor de rochas ornamentais, que também tem apresentado planos de ação para redução no consumo de água nova, com o aumento nas taxas de recirculação de água, por meio do uso de tratamento da água utilizada para o corte de blocos (floculação) e uso de filtros prensa para a separação sólido-líquido e reúso da água (Figuras 56 e 57). A grande maioria das empresas, cuja atividade seja o desdobramento de blocos ou o polimento de chapas, está adotando o sistema de desnível do piso para escoamento de água por gravidade até canaletas para transporte da água e resíduos sólidos do corte até tanques de armazenamento, onde são adicionados polímeros floculantes e posterior separação sólido-líquido, para então recircular a água tratada ao processo (França et al., 2023).



Figura 56: Canaletas para coleta de água do corte das chapas.
Fotos: Ariel Wanis.

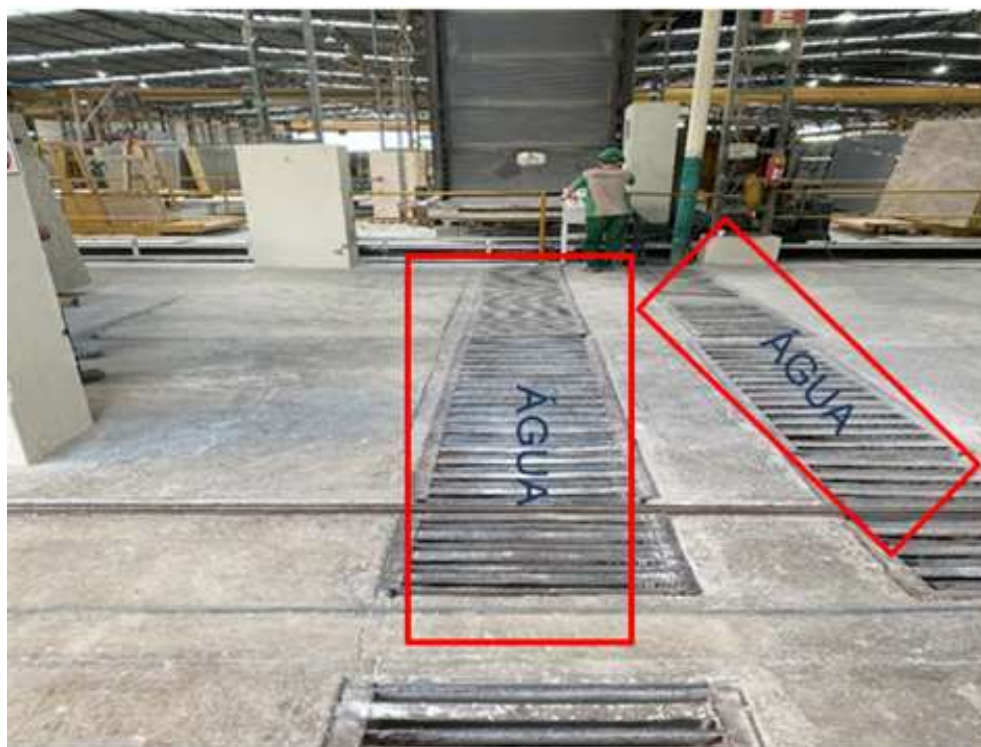


Figura 57: Filtro prensa para a separação sólido-líquido eficiente, que permite reúso de água imediato. Fotos: Ariel Wanis.

2.7.4 Políticas Públicas para Reúso de Água na Mineração

O Governo Federal tem criado programas e projetos com foco na redução do uso da água nos diversos setores. A exemplo, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação apoia um projeto para a realização de diagnóstico sobre tecnologias utilizadas para captação, uso, reúso e descarte da água na lavra e beneficiamento de minérios no Brasil. O projeto é coordenado pelo Centro de Tecnologia Mineral - CETEM e conta com a parceria do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, ambas Unidades de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI (França *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2022).

O referido projeto tem como objetivo realizar o levantamento de informações técnicas operacionais (de campo) para produção de um diagnóstico sobre as tecnologias utilizadas para captação, uso, reúso e descarte da água na lavra e beneficiamento de minérios no Brasil, bem como os percentuais de reúso praticados. Outros projetos são voltados para tecnologias de desagumamento mais eficientes, que permitam a disposição segura de rejeitos e o aumento no reúso de água de processo (Trampus e França, 2019).

Existem várias políticas públicas e programas em todo o mundo que incentivam o reúso de água na mineração. Contudo, é importante ressaltar que tais políticas variam de país para país, dependendo das condições locais e dos recursos hídricos disponíveis. O IBRAM lançou em 2020 um documento sobre políticas públicas para o setor mineral, que engloba a gestão dos recursos hídricos. Alguns exemplos de políticas públicas são relacionados a:

1. Regulamentações de licenciamento ambiental

Muitos países têm leis e regulamentações específicas que exigem que as empresas de mineração implementem práticas de reúso de água. Tais regulamentações promovem a conscientização e a responsabilidade ambiental.

2. Incentivos fiscais e financeiros

Alguns governos oferecem incentivos fiscais, como redução de impostos, para empresas de mineração que desenvolvam e adotem sistemas de reúso de água. Além disso, fundos de investimento podem ser disponibilizados para apoiar projetos de infraestrutura de reúso de água na indústria mineral.

3. Colaboração público-privada

Políticas que incentivam a colaboração entre empresas de mineração e agências governamentais ou organizações não governamentais podem desempenhar um papel importante no estímulo ao reúso de água. Essas parcerias podem envolver compartilhamento de conhecimento, tecnologia e recursos financeiros.

4. Certificações e padrões ambientais

Algumas certificações, como o ISO 14001 (Sistema de Gestão Ambiental), estabelecem diretrizes e normas para a gestão sustentável da água na mineração. O cumprimento desses padrões pode ser um requisito para operar em certos mercados ou para obter financiamento.

É fundamental que as operações de mineração adotem um enfoque sustentável em relação ao uso da água, considerando não apenas as exigências regulatórias, mas também os impactos ambientais e sociais. Além disso, a pesquisa constante por tecnologias mais avançadas e por soluções inovadoras também é essencial para o avanço do reúso de água na mineração.