

ESTUDO DE CASO DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO - ANÁLISE COMPARATIVA DAS CATEGORIAS DE IMPACTO

Pedro Palhano de Oliveira

Aluno de Graduação da Eng. Química, 5º período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2014 a julho de 2015,
ppoliveira@cetem.gov.br

Francisco Mariano da Rocha de S. Lima

Orientador, Engenharia Mineral, D.Sc.
flima@cetem.gov.br

Giancarlo Alfonso Lovon Canchumani

Co-orientador, Planejamento Energético, D.Sc.
gcanhumani@cetem.gov.br

Abstract

The mining industry has significant resource consumption and hence a high level of emissions of greenhouse gases, liquid and solid waste. Therefore it is very important to make an assessment of environmental questions of this sector and know, quantify and qualify the resources used, the generated waste and emissions. This context highlights the importance of conducting Life Cycle Assessment studies (LCA), tool that identifies and assesses the environmental aspects associated with these products throughout their life cycle, from cradle to grave. The objective of this document is to present the LCA, based on the ISO 14040 standard, of the production of iron ore pellets from a company in the sector, making a comparison with the results of impact category from Eco-invent database utilizing the ReCiPe End Point methodology. The study was extended to the entire pellet life cycle, which includes mining processes, beneficiation and pelletizing. According to the results obtained for the damage categories Human Health, Ecosystems and Resources the most relevant impact categories are, respectively: Particulate Matter (92.8%), Ecosystem Climate Change (60.8%) and Mineral Depletion (93.5%). It is also noticed that iron pellet process from Eco-invent has higher impacts than the case study in various impact categories, except Terrestrial Ecotoxicity and Agricultural Land Occupation, and similar to Mineral Source Depletion. These results may be joined to others in order to refine analyzes, contributing to a better sense of the impacts generated by the production of iron pellets in the Brazilian reality.

Keywords: Life Cycle Assessment – LCA; Pelletization; Environmental Impact Assessment

Resumo

O setor de mineração tem um consumo relevante de recursos e, conseqüentemente, um nível elevado de emissões de gases com efeito de estufa, efluentes e resíduos sólidos. Por isso, é de grande importância fazer uma avaliação do setor quanto às questões ambientais, sendo necessário conhecer, quantificar e qualificar os recursos utilizados, os resíduos e emissões geradas. Nesse contexto, destaca-se a importância de se realizar estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), ferramenta que identifica os aspectos ambientais e avalia estes associados aos produtos durante todo o seu ciclo de vida, do berço ao túmulo. O objetivo deste estudo é apresentar a ACV, baseado na norma ISO 14040, da produção de pelotas de minério de ferro de uma empresa do setor, fazendo

uma comparação com os resultados das categorias de impactos do banco de dados Eco-invent pela metodologia ReCiPe End Point. O estudo estendeu-se a todo o ciclo de vida da pelota, que inclui processos de mineração, beneficiamento e pelotização. De acordo com os resultados obtidos para as categorias de danos de Saúde Humana, Ecossistemas e Consumo de Recursos as categorias de impactos mais relevantes, respectivamente, são: Material Particulado (92,8%), Mudanças Climáticas no Ecossistema (60,8%) e Depleção Mineral (93,5%). Nota-se também que a pelota de ferro do Eco-invent tem impactos superiores à do estudo de caso em várias categorias de impacto, exceto Ecotoxicidade Terrestre e Uso da Terra Agrícola, e similar para a de Depleção Mineral. Esses resultados poderão ser unidos a outros para que haja um refinamento das análises, contribuindo para uma melhor noção dos impactos gerados pela produção de pelotas de ferro na realidade brasileira.

Palavras chave: Avaliação do Ciclo de Vida - ACV; Pelotização; Avaliação de Impacto Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da mineração do ferro tem grande peso na economia mineral brasileira. Em 2013, o Brasil exportou 329,6 Mt, gerando US\$ 32,5 bi. Ao mesmo tempo, este setor tem consumo elevado de recursos e energia, gerando grandes quantidades de emissões gasosas, líquidas e sólidas, contaminantes do meio ambiente. Nesse contexto, destaca-se a importância de se realizar estudos de Avaliação do Ciclo de Vida - ACV, que é um instrumento de avaliação do impacto ambiental e à saúde associado a um produto ou processo, que compreende etapas. Estas etapas vão desde a retirada das matérias-primas, elementares da natureza, que entram no sistema produtivo (berço) até a disposição do produto final após uso (túmulo).

A experiência internacional na realização de ACV da produção do minério de ferro é ainda pouco aprofundada. Em geral, a abordagem ao referido minério é realizada como insumo em estudos de ACV da produção de aço (BURCHART-KOROL, 2013; CHEN; YANG; OUYANG, 2011). Apesar da crescente aplicação da ACV na avaliação de sistemas e produtos em geral, ocorre uma limitação do seu uso para o setor de mineração (AWUAH-OFFEI; ADEKPEDJOU, 2011). Recomenda-se que pesquisas sejam realizadas em parcerias empresas-institutos de pesquisa para o desenvolvimento de uma metodologia específica de ACV em mineração, que permita a análise da sensibilidade e incertezas associadas com a coleta de dados cobrindo as dimensões espacial e temporal. Para Durucan *et al.*, (2006) o número limitado de ACV de mineração é devido à falta do pensamento do ciclo de vida nesse setor industrial.

2. OBJETIVOS

Dentro do contexto explanado, o objetivo do trabalho é apresentar os dados do estudo de caso da ACV da produção de pelotas de minério de ferro da Samarco, fazendo uma comparação com os resultados das categorias de impactos do banco de dados Eco-invent pela metodologia ReCiPe End Point.

3. METODOLOGIA

A ACV é uma ferramenta utilizada para avaliar os efeitos de um produto ou sistema, desenvolvido para atender a uma determinada função. Os efeitos considerados abrangem todos os estágios da vida deste produto, desde a extração (lavra) dos recursos naturais até a disposição final (pelotas de ferro). A base metodológica do estudo é a norma ISO 14040 (ABNT, 2009).

Seguindo a metodologia de ACV, após a definição do objetivo e escopo e elaboração do ICV (Inventário do Ciclo de Vida) através da coleta de dados que representam uma extensa lista de insumos, emissões, efluentes, e outras intervenções ambientais que devem ser interpretados e avaliados numa próxima etapa, AICV (Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida).

O ICV da pelota Samarco foi feito através de visitas técnicas à unidade da Samarco do Porto de UBU em Anchieta/ES, Unidade Germano em Mariana/MG e à sede em Belo Horizonte. Com

auxílio do software SimaPro 8.02, do banco de dados Eco-invent aliado a dados primários coletados nas entrevistas, criou-se o modelo do sistema e suas interações, formando o processo Pelotas de Ferro Samarco. Ver esquema simplificado na figura 1.

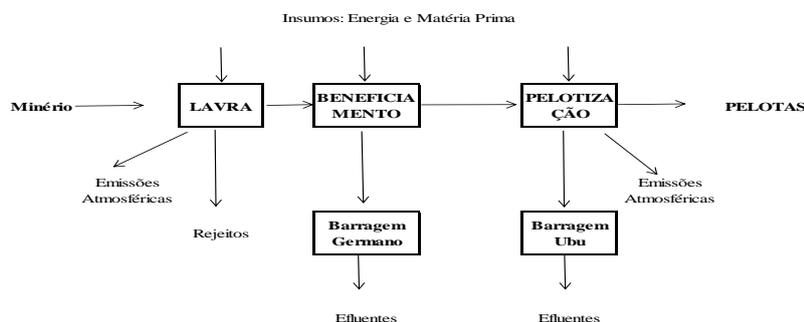


Figura 1: Modelagem do Sistema de Produção Pelota de Minério de Ferro

O processo usado como referência foi o *Iron pellet/production/Alloc Def, U/GLO*, que representa a produção de pelotas de minério de ferro correspondente a um modelo global do banco de dados Eco-invent. Este banco de dados é de nível internacional com mais de 4 mil processos modelados disponíveis. Os principais ajustes aplicados ao modelo de referência são: Substituição do módulo de energia do *grid* europeu para o *grid* brasileiro: eletricidade, média voltagem, *grid* BR; substituição do diesel europeu para diesel BR; Adaptação do módulo de transporte por minerodutos: etapa de transporte de fluido por duto *onshore* (em terra); Considerar fonte de captação de água de corpo hídrico superficial: consumo de água oriunda de rios BR; Alteração do tipo de solo na etapa de ocupação e uso de áreas: transformação, de florestas; Inserção do processo de Descomissionamento; Inserção dos processos relativos aos insumos quantificados pela empresa (LIMA *et al.*, 2015).

Para realizar a AICV é necessária a aplicação de uma metodologia que correlacione o resultado do inventário com os diferentes impactos ambientais. Sendo assim, utilizou-se a metodologia de avaliação de impacto ambiental do ReCiPe v1.08 presente no software SimaPro. Essa metodologia procura harmonizar, nos modelos ambientais, os impactos orientados aos problemas (mid point) e às categorias de danos (end point). Nos últimos anos tem sido usualmente aplicada em substituição aos métodos, até então, comumente usados como o Eco-indicator (GOEDKOOP *et al.*, 2009).

Na metodologia ReCiPe são utilizados as seguintes categorias de impactos ambientais associadas às três categorias de danos:

- Categoria de danos à Saúde Humana (em DALY - *disability-adjusted life year*): Mudanças Climáticas; Depleção de Ozônio; Toxicidade Humana; Formação fotoquímica; Material Particulado; Radiação Ionizante;
- Categoria de danos aos Ecossistemas (em espécies.ano): Mudanças Climáticas Ecossistemas; Acidificação Terrestre; Eutrofização Água; Ecotoxicidade Terrestre, Ecotoxicidade Água e Ecotoxicidade Marinha; Transformação da Terra Natural; Ocupação da Terra Agrícola e Urbana;
- Categoria de danos de Consumo de Recursos (em unidade monetária \$): Depleção de Recursos Minerais; Depleção de Combustíveis Fósseis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1, a seguir, apresenta os resultados da AICV pela metodologia ReCiPe End Point para a pelota Samarco para as categorias de impacto. Pode-se observar que para os impactos das categorias de danos Saúde Humana, Ecossistemas e Consumo de Recursos as categorias de impacto mais relevantes, respectivamente, são: Material Particulado (92,8%), Mudanças Climáticas no Ecossistema (60,8%) e Depleção de Metais (93,5%). Os impactos de Mudanças

Climáticas (7,0%), Ocupação da Terra Agrícola (19,9%), Ocupação de Terra Urbana (7,9%), Transformação da Terra Natural (10,5%) e Depleção Fóssil (6,4%) também são relevantes e foram levadas em consideração para análises seguintes da ACV.

Tabela 1: Resultados da AICV da pelota de ferro Samarco pela metodologia ReCiPe End Point World.

	Categoria de Impacto	Unidade	Total
Saúde Humana	Mudanças Climáticas	DALY	5,3E-05
	Depleção de Ozônio	DALY	2,1E-08
	Toxicidade Humana	DALY	1,4E-06
	Formação fotoquímica	DALY	2,2E-08
	Material Particulado	DALY	7,0E-04
	Radiação Ionizante	DALY	6,0E-08
Ecossistema	Mud. Climáticas Ecossistemas	espécies.ano	3,0E-07
	Acidificação Terrestre	espécies.ano	3,4E-09
	Eutrofização Água	espécies.ano	7,4E-10
	Ecotoxicidade Terrestre	espécies.ano	3,5E-09
	Ecotoxicidade Água	espécies.ano	6,4E-12
	Ecotoxicidade Marinha	espécies.ano	8,2E-12
	Ocupação da Terra Agrícola	espécies.ano	9,7E-08
	Ocupação da Terra Urbana	espécies.ano	3,8E-08
	Transformação da Terra Natural	espécies.ano	5,2E-08
	Recursos Naturais	Depleção Mineral	\$
Depleção de Combustíveis Fósseis		\$	4,0E+00

Para saber em que proporções os impactos do processo em estudo, Pelotas de Ferro Samarco, se distinguiu em relação ao processo usado com base do Eco-invent, *Iron Pellet (GLO)*, gerou-se um gráfico comparativo, apresentando na figura 2, usando-se a metodologia ReCiPe End Point do SimaPro.

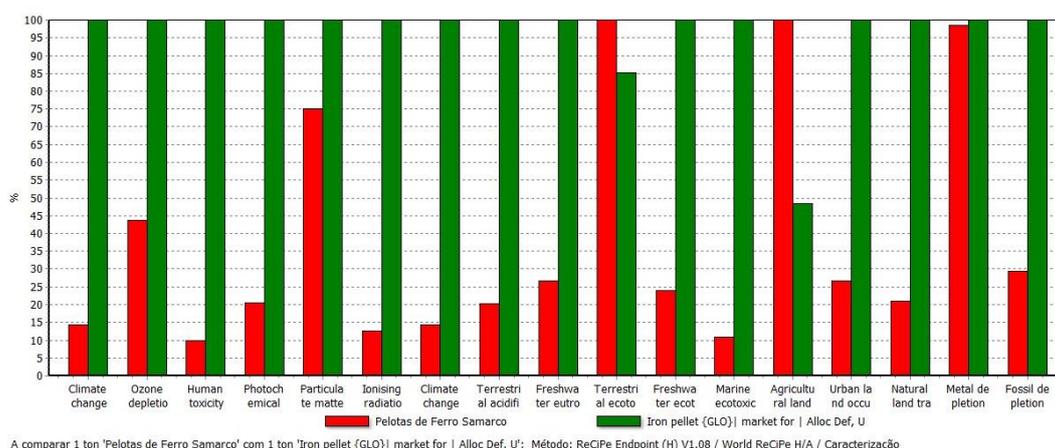


Figura 2: Resultado do AICV comparativa entre a Pelota de Ferro Samarco e pelota do Eco-invent (*Iron Pellet (GLO)*) pela metodologia ReCiPe End Point.

Na figura 2, observa-se que as categorias de impacto mais relevantes do modelo de pelotização do estudo, vistos na tabela 1, comparadas com o *Iron Pellet (GLO)* apresentam diferenças percentuais de 21,6% para Material Particulado, 82,2% em Mudanças Climáticas e 1% em Depleção Mineral. Além disso, denota-se que a pelota de ferro do Eco-invent tem impactos superiores à pelota Samarco em várias categorias de impacto, exceto Ecotoxicidade Terrestre e Ocupação da Terra Agrícola.

Para a categoria de Depleção de Metais as colunas são praticamente iguais, pois o percentual de ferro na entrada de lavra e na saída da pelotização é o mesmo nos dois modelos. A pequena diferença existente decorre de sub-processos que computam outros recursos minerais, não inseridos na modelagem do estudo de caso. Já para a Ocupação da Terra Agrícola, ocorre um impacto maior devido às áreas necessárias para a produção de amido de milho e mandioca especificadas na modelagem da pelota Samarco e que não estão modelados no Eco-invent.

Sabe-se que ambos os modelos têm a queima de diesel como maior contribuinte para a categoria de Mudanças Climáticas no Ecossistema. Porém o fato da *grid* energética utilizada pelo modelo brasileiro ter, em maior proporção, a energia de hidroelétricas, promove um amortecimento nesse impacto e também na Depleção de Combustíveis Fósseis. A modelagem do transporte via minerodutos e uso de correias também contribui para a redução deste impacto, já que o modelo do Eco-invent utiliza transporte via caminhões a diesel. A Ocupação da Terra (seja urbana ou agrícola) é bem inferior na modelagem Samarco devido à recuperação de 80% da área da mina, considerada como 50% na modelagem do Eco-invent.

5. CONCLUSÕES

A ferramenta de ACV está sendo cada vez mais incorporados aos processos de decisão em empresas, revelando sua importância na quantificação de impactos ambientais e na avaliação das melhorias do ciclo de vida de processos, produtos e atividades.

A comparação com o estudo da produção de pelotas de ferro do Eco-invent indica que a pelota de minério de ferro em estudo apresenta impactos, na sua maioria, inferiores aos do Eco-invent. Entre outros motivos cabe ressaltar o uso da eletricidade de *grid* e o uso de correias transportadoras dentro da mina e do mineroduto para o transporte ao invés de caminhões movidos a diesel.

Com o auxílio dos dados primários, esses resultados poderão ser unidos a outros para que haja um refinamento das análises, contribuindo para uma melhor noção dos impactos gerados pela produção de pelotas de ferro na realidade brasileira.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Francisco Mariano, meu orientador, assim como aos Drs. Giancarlo Lovón e Marcelo Araújo, pelo convívio e pela troca de ideias. Ao CNPq, pelo incentivo e concessão da bolsa de iniciação científica. À minha família e amigos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estruturas**. NBR ISO 14040.2009.

AWUAH-OFFEI, K.; ADEKPEDJOU, A. Application of life cycle assessment in the mining industry. **International Journal Life Cycle Assessment**, v 16, p.82–89, 2011.

BURCHART-KOROL, D.. Life cycle assessment of steel production in Poland: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v 54, p. 235-243, 2013.

CHEN, B.; YANG, J. X.; OUYANG, Z.Y.. Life Cycle Assessment of Internal Recycling Options of Steel Slag in Chinese Iron and Steel Industry. **Journal of Iron and Steel Research, International**, v 18, n.7, p.33-40, 2011.

DURUCAN, S. E. Mining life cycle modelling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, v 14, p.1057–1070, 2006.

GOEDKOOP M.; HEIJUNGS R.; DE SCHRYVER A.; STRUIJS J.; VAN ZELM R. **ReCiPe 2008 / Report I: Characterization**. Holanda. Ministerie van VROM, Den Haag, 2009.

LIMA, F.; CANCHUMANI, G.; ARAÚJO, M.; OLIVEIRA, P. et al. Avaliação do Ciclo de Vida - ACV da produção de minério de ferro, considerando os aspectos energéticos e ambientais. **Relatório Técnico**, CETEM, 2015.