



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA**

CELSO GIORDANO TONETTI

**SINERGIA ENTRE O CLIMA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS
GERADOS POR MINAS**

BELÉM

2016

CELSO GIORDANO TONETTI

SINERGIA ENTRE O CLIMA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS POR MINAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Estanislau Luczynski

Belém

2016

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Tonetti, Celso Giordano 1991-

Sinergia entre o clima e os impactos ambientais gerados por minas / Celso Giordano Tonetti. – 2016.

38 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Estanislau Luczynski.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2016.

1. Minas e recursos minerais - Aspectos ambientais. 2. Mudanças climáticas. 3. Controle ambiental em mineração. 4. Sinergias I. Título.

CDD 22 ed.: 338.2

CELSO GIORDANO TONETTI

**SINERGIA ENTRE O CLIMA E OS IMPACTOS
AMBIENTAIS GERADOS POR MINAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: 03/11/16

Conceito: BOM



Prof. Estanislau Luczynski - Orientador
Doutor em Energia
Universidade Federal do Pará



Prof. Evaldo Raimundo Pinto da Silva - Membro
Doutor em Geologia Econômica
Universidade Federal do Pará



Prof. Edson José Paulino da Rocha - Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

Meu profundo agradecimento a todos aqueles que, de uma forma ou outra, deram sua contribuição para que a realização deste trabalho fosse possível.

Antes de mais nada agradeço ao Criador, pelo dom da vida e sabedoria por torna-la útil a sociedade.

Aos meus pais Sandra e Valter, pelos esforços empreendidos para minha formação, sua atenção e cuidados que me levaram a ser a pessoa que sou.

A meus irmãos Adriano e Lorenzo, pelo companheirismo, pelas elevadas discussões intelectuais e pelas memórias de nossa jornada compartilhada que estarão sempre comigo.

A amigas queridas como Elise e Natália, com as quais sempre pude contar com seu apoio e palavras de estímulo tão fundamentais em certos momentos.

A meus colegas de curso com os quais dividi bons e maus momentos ao longo dos anos da graduação e por me fazerem avançar na arte da convivência.

Ao estimado professor Estanislau Luczynski, que tão generosamente aceitou tornar-se meu orientador e que se mostrou incansável no suporte fornecido para desenvolver o tema escolhido: minha profunda gratidão por sua paciência e empenho!

Aos demais professores, em especial, professor Milton Antônio da Silva Matta, Afonso César da Silva Nogueira e Aureliano da Silva Guedes, pela amizade e elevadas contribuições em minha construção enquanto geólogo.

A todos que propiciaram a realização das inúmeras viagens de campo que participei, professores, técnicos e demais auxiliares e que de alguma forma com seus exemplos ajudaram-me a crescer em disciplina e organização.

A todos enfim com quem tive o privilégio de conviver e dialogar e que assim deram sua contribuição para minha formação intelectual e profissional. Muito obrigado!

RESUMO

Estudos desenvolvidos pelas mineradoras, inicialmente no Canadá, apontaram a necessidade de as empresas se prepararem para as mudanças climáticas. Como a atividade mineral é potencialmente poluidora, os eventos climáticos extremos podem ter efeitos sobre a eficiência e produtividade gerando prejuízos. As relações que podem ocorrer entre os processos minerais e o meio ambiente (sinergias) podem gerar impactos ambientais que podem ser mais graves se as mudanças climáticas não forem levadas em consideração. Entre os possíveis impactos ambientais destacam-se o transbordamento ou rompimento de barragens e a dispersão de poluentes por via hídrica ou atmosférica. No Brasil, a mineração desempenha um papel importante na economia. Todavia, apesar da importância do assunto ainda não existem grupos pesquisando o tema, seja da parte das empresas ou do governo.

Palavras-chave: Mineração. Sinergias. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Canadian mining companies are preparing for climate changes and their impacts over mining production trying to diminish their potentially polluting processes because pollution would increase when linked to climate changes or even provoking disasters. Mining exploration and environment and their interactions (synergies) get worsen environmental and social impacts if relegated to a second place. The main impacts are leaking or breaching of tailing dams and the dispersion of pollutants by atmospheric or hydric path. In Brazil, mining plays a significant role for country's economy. However, despite its importance, there is no research group from government or companies about such subject.

Keywords: Mining. Synergies. Environmental Impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 01- Conforme o IPCC Fourth Assessment Report, Climate Change 2007 (AR4) e que mostra o aumento da temperatura global desde 1840 a 2000.....	12
Figura 02- Mostra a quantidade de desastres naturais ocorridos no Brasil de 1991 a 2010	16
Figura 03- Foto de uma barragem de rejeito.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Apresentação	9
1.2	Objetivo Geral	10
1.3	Objetivos Específicos	10
1.4	Materiais e Metodos	10
2	PANORAMA GERAL DO CLIMA	12
2.1	Mudança Climática Globais	12
2.2	Mudanças Climáticas Na Amazonia	14
2.3	DESASTRES NATURAIS	15
3	PROBLEMATICA ACADEMICA E O CANADA	17
4	DESCOMPASSO ENTRE AS INDUSTRIAS E AS MUDANÇAS CLIMATICAS ..	19
4.1	Impactos ambientais	22
4.2	Antropoceno	26
5	SINERGIA	28
5.1	Sinergias no Brasil e na Amazonia	28
6	COMENTARIOS FINAIS	31
	REFERENCIAS	33
	ANEXOS	36
	ANEXO A- Visualização da Dinâmica dos Efeitos El Niño y La Niña em Escala Mundial.	37
	ANEXO B- Etapas da Mineração e Poluição em cada Etapa	38

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A mineração é uma das mais antigas e importantes atividades para o crescimento das civilizações, servindo de alicerce à ascensão de antigos impérios, além de matéria prima para a era atual em que são utilizadas substâncias cada vez mais raras, o que por sua vez leva a uma necessidade cada vez maior de procura por esses recursos específicos. Uma situação que garante o crescimento da economia nacional, apesar da atual crise. O que é justificado por ser um dos setores-base, pois está relacionado à demanda por infraestruturas e serviços.

Porém esse crescimento não se dá sem custos, pois a necessidades da indústria e o desembolso de capitais vultosos não inibe negligências. O emprego de milhões de dólares na dinamização da produção pode, às vezes, ser infrutífero ou pior, as empresas podem não ser capazes de se adaptar aos eventos climáticos, podendo acarretar acidentes e impactos ambientais.

Portanto, é necessário um tipo de planejamento que faça a indústria mineira suportar as intemperanças do clima. Contudo, conforme relatado na *Síntese das Mudanças Climáticas do IPCC*, publicado em 2014, o padrão climático está passando por mudanças cada vez maiores. Havendo a previsão de aumento da temperatura e mudanças nos regimes de precipitação, mudando sua magnitude, frequência e distribuição geográficas, criando eventos de secas, tempestades e inundações, aumentos dos níveis oceânicos do mundo entre outros eventos extremos.

No decorrer da década passada, houve um aumento nas pesquisas climáticas focadas em mensurar e caracterizar as condições de mudanças climáticas, tentando prever o clima e estabelecer uma relação entre as mudanças e o papel do Homem (BOLIN, 2007; FORD *et al.*, 2009).

Essas alterações ambientais fazem a mineração, principalmente o tipo mais comum, a céu aberto, como a mais suscetível a essas mudanças, aumentando a ocorrência de acidentes e de impactos ambientais ocasionados pela mineração que podem ser catalisados ou potencializados pelo clima se não há investimento em medidas preventivas contra elas. Segundo os relatórios de Stern (2007), as

mudanças ambientais podem afetar em 20% do PIB mundial até 2050 devido aos efeitos negativos sobre a indústria.

Esse trabalho pretende estudar as relações e interações capazes de criar sinergias que podem ser perigosas em várias escalas e não somente à indústria mineira. O estudo ajudará a alertar para futuros problemas para o meio ambiente e a sociedade nessa era que o Homem tem uma acentuada capacidade transformadora do seu entorno.

O trabalho abordará ainda a situação do Brasil, em especial a Região Amazônica, trazendo exemplos locais, discussão sobre os estudos acadêmicos no Brasil, e por fim, uma análise dos impactos ambientais no Brasil e como estão relacionados com as mudanças climáticas.

1.2 Objetivo Geral

Estudar uma possível relação da sinergia das variações climáticas com impactos ambientais gerados pela atividade mineira.

1.3 Objetivos Específicos

- Analisar a relação entre os impactos ambientais produzidos pela atividade mineral e os eventos climáticos.
- Estudar possíveis sinergias entre mudanças climáticas e exploração mineral na Região Amazônica, sejam atuais ou em ocorrências anteriores.
- Discutir a existência de planos de gestão ambiental para o controle ou proteção contra variações climáticas.

1.4. Materiais e Métodos utilizados

A metodologia utilizada nesse trabalho de conclusão de curso se constitui de algumas etapas que serão descritas brevemente a seguir.

Inicialmente será feita uma revisão bibliográfica sobre o tema, enfocando as sinergias do clima e impactos ambientais gerados por minas, junto com um levantamento de dados e ocorrências dos desastres ambientais causados pela

mineração e as mudanças climáticas no Mundo, e no Brasil, e potencialmente na Região Amazônica.

Posteriormente realizou-se uma revisão teórica sobre os dados e informações sobre artigos canadenses que estão correlacionados diretamente ao tema, os quais foram utilizados como uma base teórica para entender os fenômenos que ocorrem no Brasil e na Amazônia.

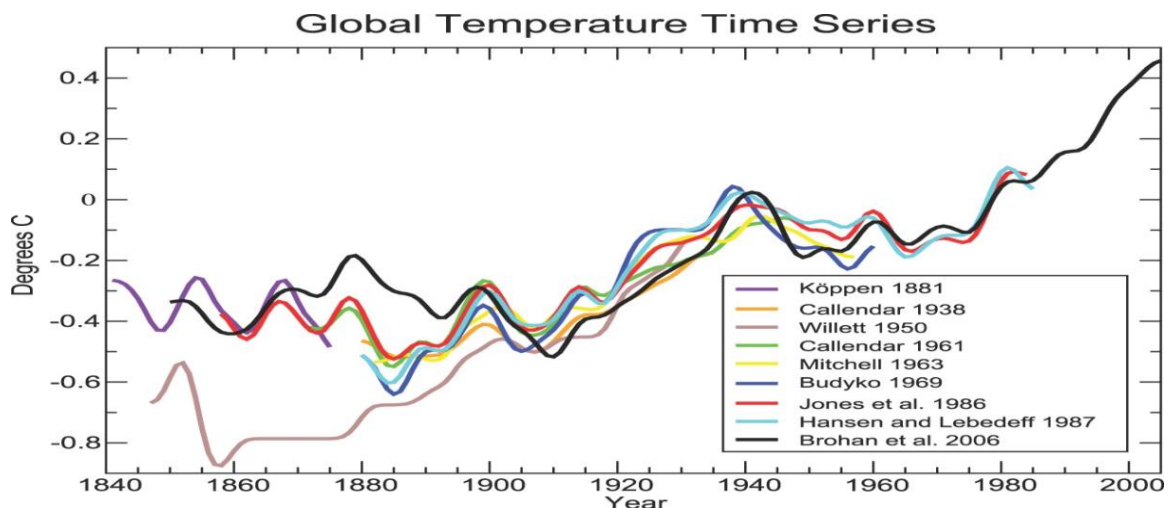
De posse dos dados obtidos foi montado uma discussão sucinta sobre o tema enfocado com a apresentação de propostas para o futuro estudos sobre a relação entre o clima e atividades mineiras justificando os estudos na região Amazônica.

2 PANORAMA GERAL DO CLIMA

2.1 Mudanças Climáticas Globais

De acordo com o relatado na *Síntese das Mudanças Climáticas do IPCC*, registram-se mudanças globais a taxas consideráveis desde 1950, e nas três últimas décadas esse efeito vêm se acentuando cada vez mais. A parte mais diretamente visível dessas mudanças é o aumento da temperatura global, junto com as elevações do nível e temperatura dos oceanos quando comparados a dados obtidos desde 1840 dos mais diversos conjuntos de análises e fontes como visto na Figura 01, o que dá ideia um crescimento da temperatura, mesmo que oscilante, está comprovadamente ocorrendo (PACHAURI & MEYER 2014).

Figura 01 - Conforme o **IPCC** Fourth Assessment Report, Climate Change 2007 (AR4) e que mostra o aumento da temperatura global desde 1840 a 2000



Fonte: Pachauri e Meyer (2014)

Contudo, a energia acumulada pela Terra não está sendo armazenada pela atmosfera, mas sim absorvida e percebida no aumento da temperatura oceânica, em cerca de 90%, conforme dados compilados desde 1970, mas podendo ainda ter ocorrido em anos anteriores. O aumento das precipitações em altas latitudes e regiões do oceano com elevadas e outras com concentrações salinas menores em suas superfícies caracterizando zonas anômalas de salinidade podem ser vistas como comprovações dos referidos processos (PACHAURI; MEYER, 2014). O mesmo se pode dizer do aquecimento e derretimentos das calotas polares, da diminuição da extensão de gelo e neve em altitudes elevadas durante o inverno, contribuindo para o aumento do nível oceânico e a diminuição do tamanho da Antártica (PACHAURI; MEYER, 2014).

Nos relatórios de IPCC, principalmente o relatório de 2007, foram apontados diversos fatores que evidenciam que as mudanças climáticas estão sendo catalisadas, especialmente quanto ao aumentando de velocidade, por fatores antrópicos como aumento dos gases estufa. Sendo ou não potencializadas, essas mudanças estão cada vez mais rápidas e sendo sentidas mais intensamente em latitudes elevadas, mas também no resto do mundo. Portanto, nas últimas décadas foi registrado um aumento nas ocorrências de desastres naturais em regiões antropizadas ou naturais com cada vez mais frequência, independentemente da causa (PACHAURI ; MEYER 2014).

Todavia, as mudanças climáticas não necessariamente são drásticas como o aumento de desastres naturais, furacões, enchentes, etc. Às vezes, elas se dão de maneiras mais sutis como a redistribuição de espécies terrestres, de águas doces salgadas de novas maneiras, por sazonalidade, imigrações e interações com outras espécies, além de derretimento de neve em regiões de neves eternas e o aumento ou diminuição dos índices pluviométricos, entre outros (PACHAURI ; MEYER 2014)

Essas mudanças climáticas também são detectadas no Brasil, como pode ser visto no painel brasileiro de mudanças climáticas (PBMC) e os relatórios do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) feitos em conjunto com Model House of Commons (MHOC) do Reino Unido e da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). Detectou-se aumentos da variação pluviométrica no país, causando grandes enchentes, inundações e secas, que estão relacionados aos eventos de variação climática como El Niño e à La Niña, além de mudanças nos regimes intrasazonais associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul (SACZ) e ao Jato de Baixos Níveis da América do Sul (SALLJ) (MARENGO et al 2011; MARENGO et al 2009).

Como consequência, os desastres naturais estão se tornando mais comuns, principalmente períodos de grande seca, inundações, enchentes e deslizamento de terra, causando grandes prejuízos econômicos. Em 2008, por exemplo, a região Sul, especialmente em Santa Catarina e seus arredores sofreram com enchentes, deslizamentos de terra e tempestades, que chegaram até romper um gasoduto da região (NASCIMENTO ; DELL'AVANZI ; NETTO, 2009). Outro exemplo é seca em São Paulo entre 2011 e 2014 que afetou fortemente a geração de energia de quase toda região, assim como a distribuição de água (BARIFOUSE 2014). Além disso,

houve furacão que afetou o litoral de Santa Catarina em 2004, que ficou conhecido como o primeiro furacão do Atlântico Sul, mostrando que as mudanças climáticas podem ocasionar eventos extremos em regiões antes consideradas seguras (MARENGO et al 2011; MARENGO et al 2009).

2.2. Mudanças Climáticas na Amazônia

A Bacia Amazônica tem histórico de grandes cheias e extensas secas, sendo que as secas são normalmente relacionadas ao evento El Niño, sendo o primeiro evento documentado sobre a seca de 1925 (Sterberg 1968; 1987; Williams et al. 2005), mas alguns fenômenos de secas (ou estiagens) que ocorreram em 2005, 2010, 1963-64 e 1979-81 foram durante períodos atípicos para esse fenômeno. Os períodos de 2005 e 2010 foram considerados os dois piores períodos de estiagem de todos os registros dos últimos 100 anos. A estiagem causou ou colaborou para o aparecimento de incêndios na própria floresta da região, esses eventos na maior parte das vezes levaram os rios aos menores níveis já registrados. Contudo, afetaram principalmente o sudoeste da Amazônia, sendo pouco sentidos na porção oriental (MARENGO et al 2011; MARENGO et al 2009).

Em 2009, outro evento de interesse foi observado. Houve um aumento em relação ao maior nível pluviométrico registrado, anterior a uma grande seca, mostrando a instabilidade do clima. Esses eventos estão se tornando mais acentuados que sazonalidades climáticas conhecidas. O evento de 2009 não afetou somente Amazônia como uma boa parte do nordeste brasileiro, mas esse evento pluviométrico extremo também ocorreu junto do evento La Niña, intensificando ainda mais a intensidade desse fenômeno (Marengo et al 2011; MARENGO et al 2009). (ver Anexo 01).

Contudo, os estudos sobre os eventos climáticos baseados em Marengo et al (2011), não são conclusivos sobre as mudanças ou variações climáticas existentes na Amazônia. Tanto para condições de umidade quanto para as secas registradas região em geral. A extensão e a direção das tendências dependem: a) do conjunto de dados sobre as precipitações, b) sua duração, c) se há interrupções no registro e d) como elas são compiladas. Além disso, os relatórios citam que uma das fontes mais confiáveis para análise climática e, conseqüentemente, para o estudo do clima se dá através das análises da precipitação por décadas, conhecida como escala de

variabilidade decenal, o que pode ajudar a entender a variação climática temporal na Região Amazônica, mas esses estudos são relativamente escassos ou recentes. Portanto, ainda é necessário mais tempo informações conclusivas.

2.3. Desastres Naturais

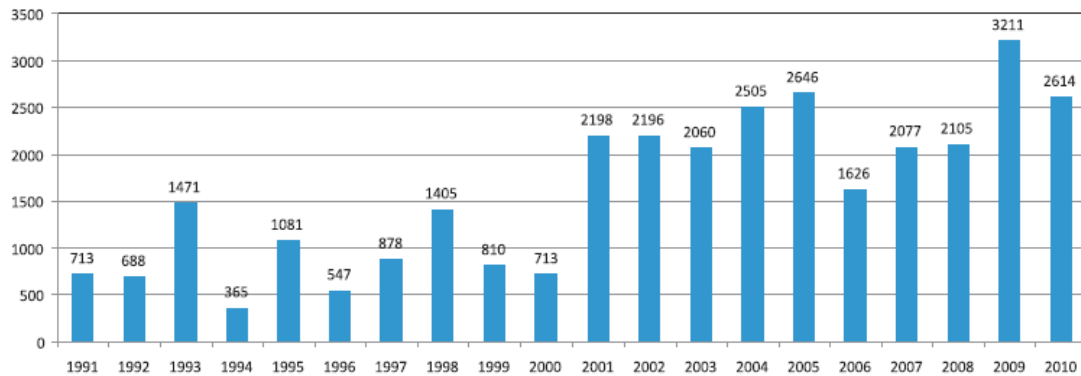
A definição de desastres naturais difere de autor para autor e segundo o espaço ou ação. Contudo, para efeitos dos objetivos do presente trabalho e com base no Glossário da Defesa Civil de Santa Catarina¹, entende-se com desastres naturais: *os fenômenos naturais de origem climática, geológica ou antrópica (nesse caso normalmente intensificada), podendo ser de eventos extremos, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos ambientais, humanos e/ou materiais e passível de causar na maioria das vezes prejuízos econômicos, sociais e ao próprio ecossistema.* Portanto, a intensidade de um desastre está correlacionada às variáveis de interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Ambientais de 1991 a 2010 do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres² (CEPED/UFSC, 2012) mesmo que os registros climáticos do Brasil não sejam precisos pela fragilidade do Sistema de Defesa Civil em manter seus registros, é possível ver na Figura 02 que com o decorrer dos anos aumentou a frequência dos desastres naturais no Brasil, porém com pequenas variações quanto ao aumento médio ao longo da última década. Os dados mostram que os eventos de desastres naturais mais letais são as inundações, seguidas do movimento de massas e, em terceiro lugar, a estiagem.

¹ Disponível em <http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/2011-12-19-19-29-58/glossario/Gloss>.

² Disponível em <http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>.

Figura 02- Mostra a quantidade de desastres naturais ocorridos no Brasil de 1991 a 2010



Fonte: Centro universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED, 2012)

A mesma publicação, ainda analisa que os dozes fenômenos naturais selecionados ocorreram em âmbito nacional nas cinco regiões brasileiras durante vinte anos, e que os tipos de desastres naturais de cada região estão ligados aos seus regimes pluviométricos, apresentando cerca de 39% dos fenômenos de inundação e alagamento; e 26% de precipitações bruscas; e 18% de estiagens e secas.

Também é mostrado que a maior parte das ocorrências dos desastres na Região Norte se concentra no Pará, principalmente em sua porção centro-norte. O que talvez se deva ao fato ser um dos lugares com mais facilidade para registro e armazenagem dos dados. Além disso, é no Pará que ocorrem as principais alterações antrópicas da Região Norte. O Norte também tem o maior índice pluviométrico do Brasil e sofre processos sazonais e cíclicos com períodos de maiores índices pluviométricos com o registro de cheias. E no caso de índices menores, há o registro de vazantes dos rios, mas que também podem ser afetados por outros fenômenos naturais como El Nino e La Nina. Estes dois últimos fenômenos também podem ser intensificados pelas mudanças climáticas e, como resultado, gerar tempestades intensas e que, por sua vez, levam a inundações ou períodos de longa e forte estiagem.

Por fim, as estatísticas do Atlas Brasileiro dos Desastres Naturais (JUNGLES; DALMAU; LEITE, 2011) permitem deduzir que os fatores climáticos corroboram

fortemente para o aumento das ocorrências dos desastres ambientais, que estão mudando em intensidade e variabilidade.

3 PROBLEMÁTICA ACADÊMICA E O CANADÁ

No decorrer das últimas décadas, as pesquisas científicas têm focado em mensurar e caracterizar as mudanças climáticas na tentativa de prever mais corretamente o futuro das suas variações, estabelecendo uma ligação casual com as emissões antrópicas. Em anos recentes, os focos dos estudos andam se ampliando, passando *de* questões relacionadas as suas causas e naturezas das mudanças *para* suas implicações sobre as atividades humanas. Mesmo sendo importante identificar e caracterizar os impactos nos setores individuais e econômicos regionais e nacionais, pois as mudanças terão implicações para viabilidade econômica e bem-estar sócio e cultural (FORD et al 2009).

Porém, mesmo que haja um estudo gradual sobre como as mudanças climáticas afetam os setores individuais, não quer dizer que há muitos dados sobre esse tópico. É possível encontrar estudos individuais sobre a vulnerabilidade de locais específicos ou sobre mudanças climáticas, além de estudos sobre os impactos que as indústrias causam no sistema natural, mas quase não há estudos de como o sistema natural responde aos impactos que essas indústrias causam, podem ocasionar ou intensificar sobre o meio ambiente. Da mesma forma, também quase não há estudos sobre a vulnerabilidade regional através de estudos de mudanças climáticas sobre grandes regiões, sendo que o único país que aborda esses temas diretamente e através de substanciais estudos, mesmo que recentemente, é o Canadá.

O Canadá desenvolveu seus estudos pioneiros devido a sua indústria ter uma consciência ambiental, além de sua sensibilidade para as alterações climáticas, o que decorre em grande parte de sua extrema dependência às condições climáticas para o funcionamento de sua indústria. Por causa das mudanças climáticas começou haver prejuízos para a indústria, principalmente a mineradora e gerando impactos à população. Assim, começaram os estudos e investimentos a longo prazo sobre o assunto abordado além das mudanças climáticas (FORD et al 2009).

O principal setor canadense que tipifica essa sensibilidade é a indústria mineral, pois depende muito de rotas de transporte, que sofrem com gelo nas estradas e tem os recursos naturais expostos por mineração a céu aberto. Portanto, o aumento na magnitude e frequência dos riscos ambientais em decorrência de

mudanças climáticas já estão começando a afetar a viabilidade das operações das minas, e às vezes, além de prejudicá-las, potencializa os próprios impactos causados pela mineração.

As minas do Canadá sofrem com as variabilidades climáticas em conjunto as mudanças, que causam o aumento do regime de precipitação e a intensificação dos eventos extremos na região de operação. Como resultado, há uma sobrecarga sobre a infraestrutura existente nas minas já construídas, pois antes não havia previsão ou entendimento quanto às mudanças climáticas, o que resultou no aumento do número de acidentes e eventos com reflexos sobre a economia. Uma situação que provocou os estudos e a análise desses fenômenos. O que tornou a indústria canadense pioneira nessa ação.

4 DESCOMPASSO ENTRE AS INDUSTRIAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

É consenso que o ser humano desde os primórdios está lutando contra a natureza, vivendo em um estado de constante adaptação e com criações para que possa tanto tirar proveito quanto se proteger do meio ambiente. Assim, ocasiona efeitos e mudanças que antes eram de baixo impacto. Contudo, o progressivo avanço das atividades industriais e o desenvolvimento econômico elevaram a escala de impacto e, conseqüentemente, os reflexos sobre o clima. Atualmente, estudos científicos demonstram que esses reflexos se comportam como mudanças cada vez mais intensas. Os mesmos estudos apontam para a vulnerabilidade da infraestrutura humana às mudanças climáticas. Com isso, as atividades econômicas, em especial a mineração que desenvolve suas atividades em situação de exposição ao clima, como a mineração ao céu aberto, estradas e entre outros.

Mesmo que certas situações climáticas favoreçam as mineradoras, ainda assim devem haver ajustes para evitar o descompasso. Esse descompasso das mineradoras e as mudanças climáticas muitas vezes é tratado com leis ambientais, marcos regulatórios ou códigos de mineração. Contudo, apesar de as leis e normas mostrarem sua aplicação para a regulamentação das indústrias, seus modos de exploração e usos das áreas atuais e futuros, não há previsão sobre possíveis alterações climáticas. As próprias mineradoras sofrem com as intempéries, dando margem a que essas mesmas empresas realizem estudos sobre o assunto com ou sem auxílio governamental e focados nas regiões onde estão implantadas.

No Brasil, o assunto foi abordado pelo Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas (MMA, 2016) na minuta do Relatório do Grupo de Trabalho de Impactos da Mudança Climáticas no Brasil (2014) e o CONAMA. O objetivo era o de gerar discussão para a posterior adoção de medidas de adaptação da indústrias às vulnerabilidades climáticas. A vulnerabilidade, segundo os objetivos desse trabalho, *é: o grau de suscetibilidade com o qual um sistema (natural ou antrópico) consegue lidar com as adversidades naturais, como mudanças climáticas, ou antrópicas, como despejo de poluição nos rios.* A vulnerabilidade também lida com conceitos como sensibilidade, suscetibilidades e dificuldade de adaptação do sistema, além de ser uma função do caráter, da magnitude e da frequência das adversidades.

O Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente de 2016, no que diz respeito ao setor Industrial (em que se insere a mineração) traz recomendações para aumentar a resiliência e diminuir a sensibilidade ambiental, além de aumentar a capacidade adaptativa aos principais impactos, em especial na Região Amazônica. As recomendações levam em conta impactos diretos e indiretos sobre a infraestrutura e o grau de dependência do setor para com ela, assim como a resiliência do território onde a indústria está presente. A relevância desses impactos varia segundo a localização geográfica da empresa, ao passo que sua capacidade adaptativa varia segundo o porte (escala do empreendimento) e o acesso aos recursos disponíveis para investimentos em medidas de adaptação (Quadro 01).

Quadro 01- Síntese dos estudos da vulnerabilidade, impactos, oportunidades e ações de adaptação

Exposição	Vulnerabilidade	Impactos Biofísico	Potenciais Socioeconômico	Oportunidade	Ação de adaptação
Fenômenos Climáticos Extremos	<p>*Parques industriais e Mineradoras localizados em regiões de topografia acentuada susceptíveis a deslizamentos ou em partes baixas do relevo, sujeitas à inundações.</p> <p>*Parques industriais e mineradoras distantes dos entrepostos</p> <p>*Parques industriais e mineradoras com captação hídrica concentrada nas redes públicas de distribuição e com matriz energética pouco diversificada (alta dependência das redes de distribuição).</p> <p>*Indústrias com baixo aporte de investimento em adaptação dos parques industriais (edificações e equipamentos) e pesquisa e desenvolvimento.</p>	<p>*Redução da disponibilidade e qualidade da água</p> <p>*Redução da disponibilidade de matéria-prima e insumos</p> <p>*Diminuição do conforto térmico, qualidade e segurança do ambiente de trabalho</p> <p>*Comprometimento dos recursos humanos</p> <p>*Danos à infraestrutura industrial (minas, edificações, maquinários, etc.).</p> <p>*Danos à infraestrutura de logística (vias rodoviárias, hidroviárias e portuárias).</p> <p>*Danos à infraestrutura de energia e telecomunicações.</p>	<p>*Aumento dos custos operacionais, de investimento e seguros.</p> <p>*Diminuição ou interrupção da produção.</p> <p>*Perdas na produção</p> <p>*Perda de competitividade.</p> <p>*Diminuição da capacidade de geração de emprego e renda.</p> <p>*Comprometimento de logística.</p>	<p>*Desenvolvimento de novas tecnologias, sistemas e equipamentos para predição, monitoramento de riscos.</p> <p>*Desenvolvimento, implantação e fortalecimento de modelos de produção baseados nas potencialidades locais.</p> <p>*Fortalecimento dos sistemas sustentáveis de produção.</p>	<p>*Mapeamento de áreas de risco.</p> <p>*Disponibilização de ferramentas para acesso aos dados da rede de monitoramento e alertas em uma linguagem gerencial.</p> <p>*Investimentos em serviços de ecossistemas.</p> <p>*Inclusão do “risco climático” em todas as ações de planejamento das indústrias.</p> <p>*Investimentos em reuso, dessalinização e fontes alternativas de obtenção de água e energia.</p>
Eventos climáticos gradativos					
Elevação do nível do mar	*Indústrias e mineradoras em zonas costeiras.	<p>*Perda de captação e qualidade da água.</p> <p>*Oxidação de estruturas metálicas e equipamentos</p> <p>*Danos à estrutura portuária.</p>			
Alteração nos padrões meteorológicos	*Indústrias e mineradoras em regiões vulneráveis ou dependentes de matérias-primas agrícolas, florestal ou da biodiversidade.	<p>*Redução ou interrupção do fornecimento de matérias-primas.</p> <p>*Diminuição do conforto térmico, qualidade e segurança do ambiente de trabalho.</p>			

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2016).

O Quadro 01 mostra uma avaliação da exposição aos impactos climáticos separados em fenômenos climáticos extremos ou gradativos. A segunda coluna, a partir da esquerda mostra as vulnerabilidades das indústrias e mineradoras em relação ao tipo climático apontado, às vezes relacionados com a geografia da região. Em continuação, aparecem os impactos potenciais dessa vulnerabilidade, sendo divididos em biofísico e socioeconômico. Já nas duas últimas colunas são apresentadas as situações que essa vulnerabilidade causa e ações adaptativas para se resguardar desses fenômenos.

4.1 Impactos Ambientais

De acordo com a Norma ISO 14001, impacto ambiental é *qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização*. A preocupação da mineração em relação ao meio ambiente e as transformações causadas que podem ser identificadas como impacto ambiental não são inteiramente de percepção negativa.

As transformações podem ser positivas ou negativas quando são analisados os mais diversos aspectos. As mineradoras tendem a controlar os danos para níveis com um mínimo de prejuízo ao meio ambiente ou sociedade. Isso se dá por meio da obediência das normas e leis ambientais que tentam minimizar as possíveis interações ou alterações do meio ambiente.

Segundo a CPRM (2002), os principais impactos ambientais com origem na mineração podem ser englobados em 5 categorias, que são:

- Poluição da água
- Poluição do ar.
- Poluição sonora.
- Subsidência do terreno.
- Incêndios causados pelo carvão e rejeitos tóxicos (principalmente radioativos).

Dessas categorias, em somente uma não é possível uma interação com as mudanças climáticas, no caso a poluição sonora, mas que mesmo assim causa

estragos à fauna e população local, porém todas essas categorias estão interligadas pelos processos antrópicos.

A **poluição das águas** pelas mineradoras normalmente ocorre na maior parte das vezes pelo aporte de lama com substâncias tóxicas utilizadas no beneficiamento do minério. Esse tipo de situação, embora grave ao meio ambiente tende a ser restrita aos sítios de despejo, exceto em casos de rompimento ou transbordamento. As minerações de ferro, cassiterita, calcário, granito, areia, argila, bauxita, manganês, dentre outras, normalmente causam apenas a poluição com lama, pois seus métodos de controles são simples e feitos através de barragens de rejeito para contenção e deposição dessa lama. As barragens, embora sejam um dos investimentos mais vultosos para o controle ambiental, também pode contribuir para utilização de águas recicladas para própria mineradora. É possível ver um exemplo de uma barragem de rejeito na Figura 03, que mostra uma barragem feita com o próprio sedimento, podendo considerar ela como modesta em relação as outras existentes (Silva 2007).

Figura 03



Fonte: INEAM 2016

A poluição da água de origem química se dá por despejos de efluentes usados no tratamento do minério ou que passa pela mineração entrando em contato com substâncias dos materiais da rocha ou seus resíduos de rejeito (Silva 2007). Como exemplo, cite-se a contaminação para o tratamento do minério e garimpagem

ilegal e o uso constante do mercúrio. Outro exemplo é a mineração de carvão e seus rejeitos que podem atingir as águas superficiais e subterrâneas acidificando o pH e reagindo quimicamente com outros elementos químicos presentes em sua composição ou rejeitos do subproduto do ouro, como o arsênio. À exemplo das zonas carboníferas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul e das mineradoras Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, todas atentas à situação (CPRM 2002; Silva 2007).

Quanto à **contaminação do ar**, pode se usar como exemplo a poeira, que pode gerar grandes transtornos para o ecossistema, população e funcionários da própria mineração. Sua origem está ligada à etapa de extração e nas etapas de transporte e beneficiamento da produção. Esta poeira em suspensão no ar pode ser solúvel, circular em suspensão ou ficar na forma de lama e poeira, e dependendo do tipo de poeira pode ser tóxica, a ponto de produzir a silicose quando as poeiras ricas em sílica cristalina ao serem inaladas causam danos ao pulmão, podendo ser letal. Mas não é à poeira que se deve a contaminação do ar, pode ainda haver contaminação por gases, que podem ser gerados a partir da combustão dos motores, a produção de energia térmica para própria mineradora (se a fonte for carvão podendo agravar e ocasionar chuva ácida, haver a presença de hidrocarbonetos ou haver traços de pirita que em contato com a água gera ácido sulfúrico) ou na estocagem e beneficiamento dos minérios que podem gerar alguns gases tóxicos, como na secagem do ferro para sua pelotização que podem gerar SO₂ (Silva, 2007; CPRM, 2002).

Na categoria de **subsidiência do terreno** ocorre na verdade a degradação da paisagem. É o impacto mais marcante causado pela atividade mineira, o que dependendo da geografia e do terreno pode acentuar a erosão e criar movimentos de massa como desmoronamento e voçorocas, além de limitar o uso da terra e destruição da fauna e flora original. Contudo, essas mudanças de paisagem, embora mais impactantes são menos extensas do em outros setores econômicos (Silva, 2007; CPRM, 2002).

Na categoria dos **incêndios** causados pelo carvão e rejeitos tóxicos tem como principal consequência a contaminação dos solos, água e do ar, além de causar problemas ambientais perigosos. Nos incêndios causados pelos carvões ocorre a destruição da fauna flora, além dos impactos já citados para a queima do

carvão. Por outro lado, os rejeitos normalmente não constituem problemas mais sérios quando reutilizados para recuperação de áreas. Contudo, tem que haver cuidados especiais durante a lavra para que não haja lançamento para a drenagem. Um outro possível problema é quando esses depósitos ficam volumosos se tornam instáveis e sujeitos a escorregamento. E aí valem as mesmas considerações anteriores, a respeito do lançamento de rejeitos e estéreis em drenagens, especialmente durante os períodos chuvosos (Silva 2007).

Já quanto a alguns tipos de **estéril e rejeitos**, o principal problema é que eles podem conter substâncias tóxicas, sendo necessário o tratamento ou armazenamento adequado para evitar contaminação do meio ambiente. A toxicidade desse material varia segundo o tipo de mineração. Por exemplo, alguns resíduos podem ser radioativos. Outros, resultantes da mineração de ouro vão de sobras de arsênio e até traços. Em situações diversas, a dispersão de rejeitos finos pode vir a inutilizar futuras áreas de cultivo (CPRM 2002).

É necessário a medição e avaliação desses impactos ambientais em sua *magnitude, significância, forma, reversibilidade, abrangência, prazo de ocorrência, duração e cumulatividade e sinergia*. Dentre esses aspectos a abrangência, magnitude e a sinergia são essenciais para a compreensão da forma como os fenômenos interagem com o meio, a extensão dos seus danos e a maneira como se relacionam com o clima.

A *abrangência* indica se o parâmetro é local, regional ou estratégico, que dependem do tamanho das extensões dos danos e de sua importância. Já a *magnitude* pode ser entendida a partir da extensão do efeito de um determinado tipo de ação sobre o meio, segundo uma em escala espacial e temporal que pode ser alta, média ou baixa. Por fim, a *sinergia* é entendida como o efeito, força ou ação resultante da conjunção simultânea de dois ou mais fatores, inclusive de outros empreendimentos ou de fatores ambientais.

No Anexo 02, é possível observar de maneira mais detalhada os impactos em cada etapa da mineração divididos em quatro tipos: sobre o *ar, solo, água e seres humanos* para as etapas de lavra, transporte, pesquisa mineral, beneficiamento e estocagem.

4.2. Antropoceno.

Discussões científicas realizadas ao longo das duas últimas décadas, acentuaram a contribuição humana para as mudanças climáticas e sua relação com a atividade industrial. No caso específico deste trabalho, o interesse é o setor mineral e sua capacidade de estar preparado para tais mudanças.

Pesquisadores de todo mundo, em especial no Canadá, apontam que o grau de interferência da atividade humana sobre o clima por meio das atividades industriais já alcançou um grau elevado, a ponto de representar um registro temporal, à semelhança das eras, períodos e épocas geológicas, que são marcadas por eventos de âmbito mundial e, por vezes, catastróficos. Em suas pesquisas, os cientistas apontam para a demarcação de um novo período geológico e que seria denominado de *Antropoceno*.

Com base no já exposto no presente trabalho e junto as discussões recentes sobre a *sinergia* entre o clima e os impactos ambientais, tem-se a percepção que a ação humana está produzindo modificações paisagísticas que são reflexos das mudanças climáticas globais, em macro e microescalas. Tais mudanças podem ser entendidas como impactos ambientais, e o conjunto das relações pode ser entendido como *Antropoceno*, que é o período geológico que traz impressas as ações e reações da natureza as atividades antrópicas, semelhantes a 3ª Lei de Newton.

5. SINERGIAS

5.1. Sinergias no Brasil e na Amazônia

Considerando as interpretações do *Antropoceno* como registro das modificações impostas pela atividade humana no meio ambiente, principalmente a industrial, é necessário entender e discutir as diferentes ações que podem interagir com processos naturais, a ponto de induzi-las ou potencializa-las, ou seja, o *comportamento sinérgico*.

Em algumas situações, como no caso da exploração de recursos fósseis, a percepção da *sinergia* é mais clara, pois há gerações de resíduos e poluentes que estão presentes desde os produtos das fases iniciais e, posteriormente, nos produtos finais da combustão, que podem ser ligados aos seus respectivos impactos ambientais. Porém, na mineração e em qualquer de suas frentes, seja metálica ou outras, enfrenta as mesmas barreiras que aquelas já identificadas para os fósseis. Como já conhecidos, os impactos iniciais se estendem sobre o solo, água, ar, comunidades tradicionais ou não, etc., criando um conjunto de dificuldades que tem que ser administradas pelas empresas no presente ou do contrário a continuidade do processo pode vir a contribuir para os danos e registros levando à consolidação do *Antropoceno*.

O principal local de estudos e preocupações por parte da indústria mineradora é o Canadá de onde vem os primeiros trabalhos chamando a atenção para as relações entre a atividade mineral e as mudanças climáticas. Embora o tema discutido ainda seja novidade, a posição dos canadenses é legítima, pois se trata de uma das chamadas economias minerais³. Além disso, as atividades minerais são realizadas por empresas transnacionais com projetos em diversos países, o que leva à ampliação da discussão, pois esses países costumam ser ricos em recursos naturais e a exploração dos mesmos representa a base de suas economias. Tais estudos se justificam, portanto, devido as *sinergias* produzidas pelo clima e pelos impactos ambientais têm potencial para gerar interrupções na atividade produtiva e, em médio prazo, o impedimento das atividades minerais. Mundo afora, existem diversos casos em que o contexto sinérgico produziu a interrupção ou mesmo o

³ País em que a mineração responde por uma parte expressiva do Produto Interno Bruto.

impedimento, além de causar os mais diversos danos a vários âmbitos naturais e humanos.

É possível observar os exemplos de *sinergias* de várias formas, sejam diretas e indiretas. Como exemplo de formas indiretas, pode-se citar que durante o período de estiagem a demanda da água das mineradoras pode vir a causar um agravamento na seca na região onde o projeto está instalado, gerando impactos sobre o meio ambiente, a população e a mineradora (BSR, 2011). Hoje em dia, algumas mineradoras já mostram preocupação em racionalizar o consumo de água (Góes, 2012). Já se sabe que a Região Amazônica sofre influência do El Niño e La Niña, ambos atuando sobre os ciclos hidrológicos. Cientes disso e através do monitoramento desses fenômenos, as mineradoras não deveriam aumentar a demanda por água em períodos de estiagem sob o risco de agravar as condições de seca.

Do ponto de vista direto, alguns fatores climáticos podem dispersar ou concentrar poluentes produzidos por mineradoras, que dependendo do poluente e da combinação de fatores pode levar a geração de impactos. Como exemplo, pode se citar o derramamento de óleo na região da Amazônia Peruana, que atingiu um dos afluentes do rio Amazonas e que poderia ter se espalhado por uma grande área caso houvesse ocorrido um regime pluviométrico mais acentuado, o que por sua vez contaminaria os solos em períodos de grandes cheias, aumentando drasticamente os possíveis efeitos dos desastres (Paiva, 2016). Nessa região houve dois derrames de óleo que totalizaram 3 mil barris, o primeiro em 25 de janeiro de 2016 e o segundo em 4 de fevereiro do mesmo ano. O primeiro foi ocasionado por um deslizamento de terra provavelmente provocado por desmatamento. Ao atingir o oleoduto houve o derrame. Já o segundo caso pode ser atribuído à falta de manutenção. No total, a PETROPERU foi multada em US\$ 17 milhões. A se contar de 2011, os acidentes de janeiro e fevereiro do presente ano foram o vigésimo primeiro e vigésimo segundo, respectivamente no ambiente da floresta peruana.

Outro exemplo direto que pode ser apontado é quando ocorre o transbordo ou rompimento de barragens de contenção de rejeito devido à intensa pluviometria, à exemplo do que aconteceu com a barragem da Alunorte no rio Mucuri no Pará (ORM, 2009). Dependendo da composição do material, diversos impactos podem ser esperados: a obstrução da luz e impedimento à circulação do oxigênio (devido

ao aporte de sedimentos) e reações exotérmicas (se houver uma temperatura de aporte superior em 10°C a temperatura do meio, o que consome o oxigênio durante a reação de equilíbrio de temperatura). Em se considerando a quantidade de projetos minerais na Região Norte e, conseqüentemente, o número de barragens de rejeitos existentes e a fragilidade da fiscalização, pode-se imaginar um cenário preocupante: no caso de eventos de estiagens ou tempestades, levando em conta a influência do El Niño ou do La Niña sobre o ciclo hidrológico amazônico; o risco de rompimento ou transbordamento de barragens é considerável. Implicitamente, esse risco de rompimento conduz a um impacto direto sobre a economia paraense e sua dependência em receitas da mineração.

6. COMENTÁRIOS FINAIS

A percepção dos impactos ambientais associados à atividade industrial normalmente vem de abordagens separadas. Todavia, após um período extenso de estudos nas mais diversas escalas, percebeu-se que há interações entre os processos industriais, o clima e o meio ambiente e que são percebidos como danos, problemas ou situações restritivas à atuação da própria indústria.

Inicialmente, essa problemática foi levantada no Canadá que como economia mineral foi a primeira a perceber as relações entre mineração, sociedade, mudanças climáticas e os impactos relacionados. Em meio a esse contexto também se passou a discutir como se adaptar às mudanças climáticas sem, obviamente, interromper a atividade produtiva.

A partir daí os trabalhos posteriores identificaram as sinergias existentes. Todavia, por ainda se tratar de um campo de pesquisa novo, ainda há muito a ser estudado, assim como se demanda um tempo de observação para melhor entendimento das interações ou sinergias e dos fenômenos envolvidos com a devida profundidade.

Portanto, é de fundamental importância para a indústria, em especial a mineral, a capacidade de entender e se adaptar às mudanças climáticas. Assim, as empresas se tornariam mais eficientes, haveria mais controle e gestão ambiental sobre os processos produtivos, prevenção aos impactos ambientais. Como resultado geral, a redução de custos de operação e maior rentabilidade.

Baseado nas informações do relatório do Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente de 2016 junto a tabela 01 somadas as informações do capítulo sobre *o panorama geral do clima e da problemática da acadêmica* permitem visualizar a importância desses estudos, mesmo que se de foco separadamente. Normalmente, há interações que exigem cada vez mais estudos sobre as mudanças climáticas e para realizar ações de adaptação cada vez mais eficientes para os setores industriais. Assim, diminuindo o risco de acidente e danos à infraestrutura da indústria. O que evitaria desastres ambientais como o de Mariana (MG), ajudando no bem-estar ambiental, social e evitando paralização da produção se estudados corretamente.

Juntando as informações apresentadas do capítulo seguinte e nas informações do Anexo 02 é possível deduzir que a *sinergia* é significativa para os impactos ambientais. Existe *sinergia* entre os impactos ambientais e as mudanças climáticas em diversos graus e maneiras. O que reforça a necessidade de adaptação das mineradoras para minimizar as sinergias negativas (destrutivas) ou desenvolver planos de contingência capazes de enfrentar esses fenômenos e reduzir ao máximo a possibilidade de ocorrência de possíveis impactos ambientais. Contudo, essa preparação tem um custo financeiro e sem estudos focados, a adoção dessas medidas pode trazer riscos à saúde financeira do empreendimento. Por outro lado, se não houver o emprego de medidas eficientes, a ocorrência de um evento ambiental tenderá a ser mais custoso social e ambientalmente falando, levando não só a prejuízos econômicos, mas também de imagem e perda ou paralisação da produção a até mesmo a perda de vidas. Todavia, apesar dos estudos iniciais, os problemas não estão restritos ao Canadá, embora lidere a pesquisa na indústria mineral entre as condições climática mais agressivas. Parte do esforço para se adaptar decorre da percepção ambiental do país, mas também das mineradoras que organizaram grupos para debater o problema.

Para a Amazônia, o assunto é ainda mais importante, pois se apoia no dilema *produzir x sem poluir*, em uma estrutura que busca baixos custos de produção. Existe a necessidade de se adaptar a questão das sinergias e mudanças climáticas às características da região para minimizar os impactos sobre indústria e a economia regional, dado o peso que a atividade representa. Os possíveis impactos variam segundo clima, região de estudo, pluviometria e estação do ano. Por exemplo, as interações desses processos podem provocar o transbordamento ou rompimento de barragens, dispersar poluentes por grandes áreas e dependendo do poluente aumentar a poluição atmosférica.

Os principais impactos esperados decorrentes das sinergias são os danos à infraestrutura, os rompimentos de barragens, aumento dos períodos de seca ou estiagem, dispersão ou concentração de poluentes. Outros talvez só sejam conhecidos com o prosseguimento dos estudos. Daí a necessidade de maiores e mais detalhadas pesquisas nas mais diferentes regiões do planeta. No Brasil, os estudos ainda são superficiais e não há grupos de pesquisa organizados por empresas, universidades ou governo.

REFERÊNCIAS

ALUNORTE é indiciada por crime ambiental no rio Murucupi. *Jornal eletrônico do Portal ORM*. 2009. Disponível em: <<http://noticias.orm.com.br/noticia.asp?id=418081&|alunorte+%C3%A9+indiciada+por+crime+ambiental+no+rio+murucupi#.VSMJCJPQM4B>>. Acesso em: 27 de setembro de 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT) *Sistemas da gestão ambiental: requisitos com orientação p/uso*. ABNT NBR ISSO 14001, 2004. 35 p.

BARIFOUSE, R. *Maior crise hídrica de São Paulo expõe lentidão do governo e sistema frágil*, *BBC Brasil*. 2014. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/03/140321_seca_saopaulo_rb > Acesso em: 11 de Novembro de 2016.

CONAMA. *Minuta de relatório do Grupo de Trabalho Impactos das Mudanças Climáticas no Brasil e Papel do CONAMA na Adoção de Medidas de Adaptação*, 4. GT Impactos das mudanças climáticas no Brasil e o papel do CONAMA na adoção e medidas de adaptação, 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/B92F43DF/RelatorioGTClima_14nov07.pdf>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

FORD, J.D.; PEARCE, T.D.; PRNO, J.; DUERDEN, F.; BERRANG-FORD, L.; BEAUMIER, M.; SMITH, T. *Perceptions of climate change risks in primary resource use industries: a survey of the Canadian Mining Sector*. *Reg Environ Change*, 2009.

FORD, J.D.; PEARCE, T.D.; PRNO, J.; DUERDEN, F.; BERRANG-FORD, L.; BEAUMIER, M.; SMITH, T. *Climate change and mining in Canada*, *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 2010.

GEx-CIM. *Plano Nacional de Adaptação a Mudanças do Clima: v.2. Estratégias Setoriais e Temáticas Versão Consulta Pública*. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: <http://hotsite.mma.gov.br/consultapublicapna/wp-content/uploads/sites/15/2015/08/PNA_-Volume-2-07.10.15_Consulta-P%C3%BAblica_texto-final.pdf> Acesso em:30 de setembro de 2016

GÓES, F. *Mineradora reduz gasto de água no Pará. Valor econômico*. 2012. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/busca?q=RESPONSABILIDADE+OBJETIVA+DA+MINERADORA>>. Acesso em: 27 de setembro de 2016.

INSTITUTO EDUCACIONAL SANTA CRUZ (IESC) *Curso de capacitação a distancia em saúde, desastres e desenvolvimento. Modulo 1: Introdução*, Instituto de estudo em saúde editora (IESC/UFRJ). Disponível em: <<http://docplayer.com.br/6581260-Apresentacao-3-objetivos-da-unidade-2-3-roteiro-da-unidade-2-3.html>>. Acesso em:30 de setembro de 2016.

JUNGLES, A.E.; DALMAU, M.B. L.; LEITE, I.P. *Atlas Brasileiro dos desastres naturais 1991-2010*. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

MARCOVITCH, J (org.) *Pioneirismo e sustentabilidade na Amazônia*. São Paulo: FEA/USP, 2009-2013. Disponível em: <<http://www.usp.br/mudarfuturo/cms/?cat=69>>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

MARENCO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. *Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças Climáticas e do desmatamento na Amazônia, produzidos pela INEP, CCST e Met Office*, 2011.

MARENCO, J.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H. S. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*, produzido pela Fbds e sua editora LLOYDS, COP-15 de 2009.

NASCIMENTO, N. A.; DELL'AVANZI, E.; NETTO, S.C. *Acidentes geotécnicos de 2008 em Santa Catarina: um a visão mais abrangente*. Associação Brasileira de Mecânica de Solos, 2009. Disponível em: <<http://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobrae/2009-nascimento.pdf>> Acesso em:11 de novembro de 2016.

NELSON, J.; SCHUCHARD, R. *Adapting to climate change: a guide for the mining industry*. [S.l.]: BSR- Business for Social Responsibility, 2011.

NOBRE, C.A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. In: SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252007000300012&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 27 de setembro de 2016.

PACHAURI, R. K.; MEYER L. Climate change 2014. *Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, 2014.

PAIVA, B. Derramamento de óleo ameaça rios na Amazônia. *Agência Brasil EBC*. 02/03/2016, Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-03/derramamento-de-oleo-ameaca-rios-na-amazonia>> Acesso em: 27 de setembro de 2016

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). *Sumário executivo. Base Científica das Mudanças Climáticas*. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1 O Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Volume Especial para a Rio+20. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 2012. (v. 1).

RIMA. *Relatório de Impacto Ambiental- RIMA da unidade 3 da Central nuclear de Alvaro Alberto*, IBMA 2005. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Portals/0/RIMAdAngra3/index.html>>. Acesso em:30 de setembro de 2016.

RISCOS de acidentes crescem em Mineração. *Hoje em Dia*. 2010. Disponível em: <http://noticiasmineracao.mining.com/2010/12/14/risco-de-acidentes-cresce-na-mineracao-2/>. Último acesso 27/09/2016.

SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL (CRPM). *Perspectivas do meio ambiente do Brasil – uso do subsolo*. [S.l.]: MME - Ministério de Minas e Energia, 2002. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/2445/Relat%c3%b3rio%20perspectivas%20do%20meio%20ambiente%20para%20o%20Brasil%20GEO.pdf?sequence=1> >. Acesso em:30 de setembro de 2016.

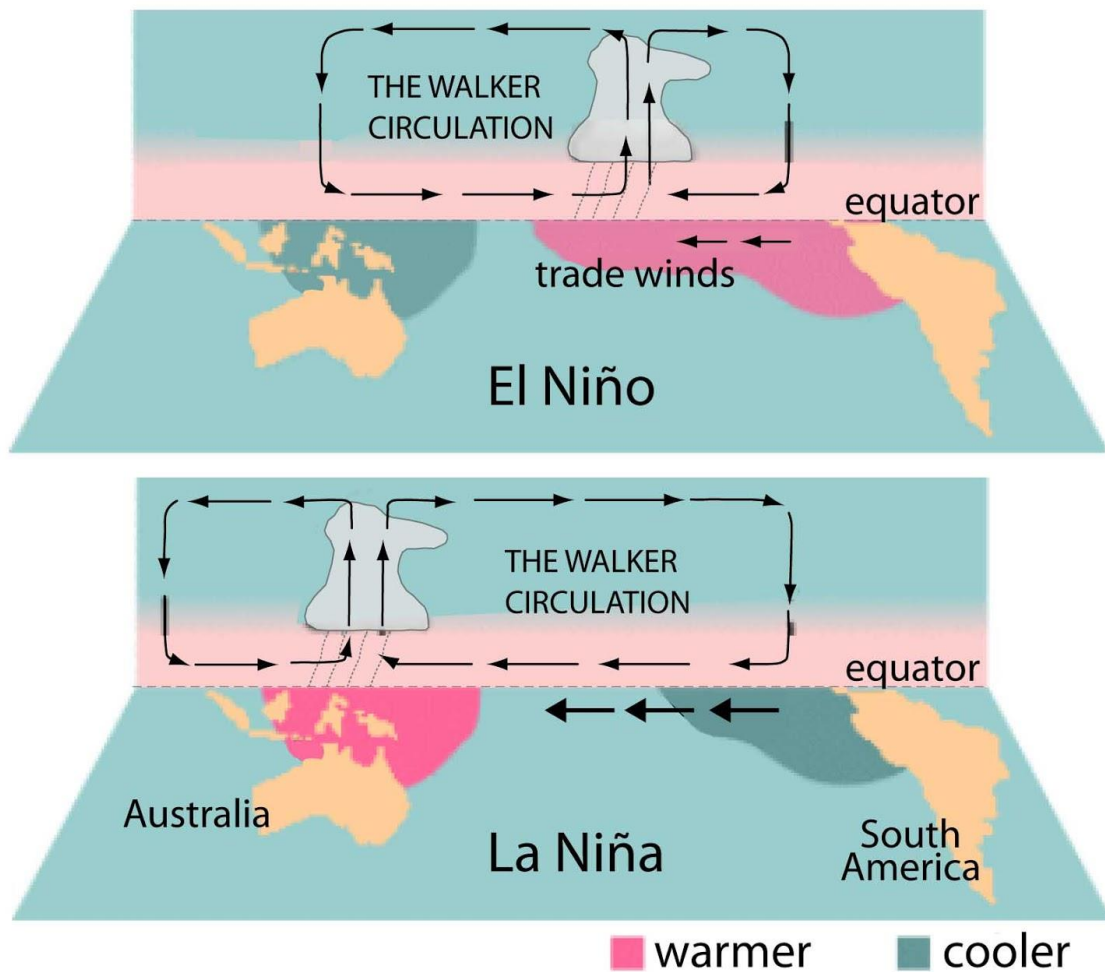
SILVA, J. P. S. *Impactos ambientais causados por mineração*. *Revista Espaço da Sophia*, n. 8, nov. 2007.

STERN, N. *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R (org.). *Desastres naturais conhecer para prevenir*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Geológico, 2009.

ANEXOS

ANEXO A- Visualização da Dinâmica dos Efeitos El Niño y La Niña em Escala Mundial.



*The oscillation between El Niño & La Niña conditions in the equatorial eastern Pacific Ocean is called ENSO (El Niño Southern Oscillation).
after: www.bom.gov.au*

ANEXO B - Etapas da Mineração e Poluição em cada Etapa.

Tabela 1 - Impactos Ambientais da Produção Mineral

ATIVIDADES	PROBLEMAS	SERES HUMANOS	EFEITOS
Pesquisa mineral			
Lavra	Subterrânea: umidade, poeira, ruído, gases de exaustão de máquina e equipamentos.		Contribui para a rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória, especialmente para asbesto, fluorita e outros. Stress e outros problemas físicos.
Beneficiamento e estocagem	Poeira, ruído. Não-ferrosos: gases nocivos, problema com manuseio de alguns reagentes tóxicos. Amianto: poeira, fibra.		Contribui para a rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória e cancerígenas, especialmente para asbesto e outros minerais beneficiados a seco.
Transporte	Ruído, poeira, gases de exaustão de veículos pesados, poeira de correia transportadora.		Para o consumidor: veículos pesados causam irritação e são perigosos em áreas povoadas (Ex.: agregados e materiais de construção)
SOLO			
Pesquisa mineral	Trincheiras, sondagens, vias de acesso, picadas, equipamento abandonado.		Erosão, voçorocas. Prejuízo à vegetação. Alteração da drenagem natural.
Lavra	Cavas e pedreiras, subsidência. Desmatamento desnecessário do capeamento. Contaminação da água da mina. Estradas e vias de acesso. Pilhas de estéril. Impacto de vilas mal projetadas.		Possibilidades limitadas de uso seqüencial do solo. Afeta a estética da paisagem.
Beneficiamento e estocagem	Barragens e bacias de rejeito, contaminação devido a vazamento e transbordamento. Pilhas disformes (Ex.: enxofre). Depósitos de rejeito. Lama vermelha (produção de alumina).		Terras inúteis criadas pelas áreas de rejeitos finos. Contaminação por lixiviação e enxurradas em depósitos de finos e de rejeitos.
Transporte	Estradas largas para veículos pesados (áreas de material de empréstimo associadas). Poeira. Desmatamento desnecessário. Transbordamento em descarrilamentos e acidentes rodoviários.		Abre áreas virgens a uma possível degradação. Tráfego pesado pode destruir rodovias.
ÁGUA			
Pesquisa mineral	Sólidos em suspensão (erosão). Salmoura de sondagem passando para aquíferos (pesquisa de evaporitos).		Contaminação de cursos de água subterrânea.
Lavra	Sólidos em suspensão de água da mina, metais pesados, pH de minas de metálicos. Alteração do lençol freático, degradação da qualidade da água.		Prejudicial à vida aquática.
Beneficiamento e estocagem	Sólidos em suspensão, metais pesados, pH, toxidez de descarga direta e transbordamento de sistemas de finos. Grande consumo de água.		Prejudicial à vida aquática. Produz desequilíbrio ecológico.
Transporte	Transporte fluvial, lacustre e marítimo: coloração devida a sólidos em suspensão (minério de ferro) em terminais de embarque. Transbordamento em descarrilamentos e acidentes rodoviários. Problemas possíveis com min erodutos.		Possível prejuízo à vida aquática.
AR			
Pesquisa mineral			
Lavra	Poeira levada pelo vento. Gases de motores de combustão. Poeira de detonação e perfuração. Poeira e fibras de asbesto.		Pouco importante.
Beneficiamento e estocagem	Poeira, partículas aéreas (fibras de asbesto), gases, odores, evaporação de bacias de finos. SO ₂ do processo de secagem (pelotização de minério de ferro). Secagem de concentrado (SO ₂ , metais pesados). Geração de energia térmica (hidrocarbonetos, SO ₂ , NO _x).		Possíveis efeitos respiratórios. Chuva atuando sobre partículas afeta vegetação e solo. Elevação de custos devido à corrosão. Próximo à áreas urbanas, efeitos sobre a saúde decorrentes da inalação de fibras de asbesto.
Transporte	Partículas aéreas provenientes de material sendo transportado e da superfície da estrada.		Pouco importante.

Fonte: Souza, 2001 (adaptada de Brooks, 1976 e Machado, 1989).