

Uma nova proposta de indicadores de sustentabilidade na mineração

A new proposal for sustainability indicators in mining

José Aroudo Mota^a
Maria Cristina Maneschy^b
Pedro W. M. Souza-Filho^c
Vidal F. Navarro Torres^d
José Oswaldo de Siqueira^e
Jorge Filipe dos Santos^f
Valente Matlaba^g

^a*Pesquisador Titular Líder do Grupo de Socioeconomia e Sustentabilidade do Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA, Brasil.
End. Eletrônico: jose.aroudo.mota@itv.org*

^b*Pesquisadora Associada ao Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA, Brasil.
End. Eletrônico: maria.maneschy@itv.org*

^c*Professor Associado da Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Pesquisador Titular Líder do Grupo de Tecnologia Ambiental do Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA, Brasil.
End. Eletrônico: pedro.martins.souza@itv.org*

^d*Pesquisador Titular da área de Lavra de Minas no Instituto Tecnológico Vale (ITV), Ouro Preto, MG, Brasil.
End. Eletrônico: vidal.torres@itv.org*

^e*Diretor Científico do Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA, Brasil.
End. Eletrônico: jose.oswaldo.siqueira@itv.org*

^f*Pesquisador Associado do Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA, Brasil.
End. Eletrônico: jorge.filipe@itv.org*

^g*Pesquisador Assistente e Docente do Programa de Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais do Instituto Tecnológico Vale (ITV), Belém, PA, Brasil.
End. Eletrônico: valente.matlaba@itv.org*

doi:10.18472/SustDeb.v8n2.2017.xxx

Recebido em 16.12.2016

Aceito em 05.07.2017

ARTIGO - VARIA

RESUMO

A indústria mineral tem compromissos permanentes e inadiáveis com a sustentabilidade. O setor representa um rico campo de análise sobre o encontro entre as racionalidades econômica e ambiental. Justamente pela magnitude das escalas em que as mineradoras atuam e de seus impactos socioambientais, e por operarem sob pesadas pressões que incidem no mercado global de commodities, importa compreender essa evolução recente no setor. Em paralelo, é imperativo construir indicadores para monitorar a sustentabilidade em regiões que abrigam grandes minas. Este artigo discute os

diversos aspectos do desenvolvimento sustentável e analisa as categorias propostas de indicadores de sustentabilidade na mineração, com base em literatura recente. A partir daí, propõe um conjunto de indicadores de sustentabilidade para a mineração industrial, nos eixos ambiental, econômico e social, com aderência a regiões tropicais, entre as quais a Província Mineral de Carajás, localizada na região sudeste do estado do Pará (Amazônia, Brasil).

Palavras-chave: Mineração; Sustentabilidade; Licença social de operação; Indicadores; Província Mineral de Carajás.

ABSTRACT

The mineral industry has commitments towards sustainability that are urgent and permanent. The sector represents a rich field of analysis for the encounter of economic and environmental rationalities. Due to the scale of activities and socio-environmental impacts, and their operation under heavy pressures from the global commodities markets, it is important to understand the recent evolution of this sector. In parallel, building sustainability indicators to monitor regions with large mines is a growing imperative. This article discusses various features of sustainable development and analyzes existing categories of sustainability indicators for mining, based on recent literature. It also proposes sustainability indicators for industrial mining, in the environmental, economic and social spheres, adaptable to tropical regions, including the Carajás Mineral Province, southeast of Pará State (Amazon, Brazil).

Keywords: Mining; Sustainability; Social licence to operate; Indicators; Carajás Mineral Province.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças no conceito e na prática do desenvolvimento sustentável têm sido particularmente intensas na mineração. Nas duas últimas décadas, a indústria tem revisto profundamente seu discurso e suas práticas e as corporações reiteram compromissos inadiáveis com a sustentabilidade.

Justamente pela magnitude das escalas em que as mineradoras atuam e de seus impactos socioambientais, e por operarem sob pesadas pressões que incidem no mercado global de *commodities*, importa compreender essa evolução recente de incorporar a sustentabilidade, em seu sentido mais amplo, nas operações e negócios do setor. No Brasil, a indústria extrativa mineral representa 5% do PIB, aproximadamente, e atinge até 10% quando se consideram os impactos diretos, indiretos e os efeitos de *spillovers* dos investimentos do setor, contribuindo com “mais de 150 bilhões de dólares das reservas brasileiras... acumulados pelos superávits comerciais do setor de minério e seus concentrados durante o século 21” (HADDAD, 2016). Assim, encontrar indicadores de mensuração e de monitoramento da sustentabilidade em regiões que abrigam grandes operações, como é o caso da Amazônia Oriental, tem se tornado um compromisso e um desafio de proporções significativas. Nesse sentido, este texto discute os diversos aspectos do desenvolvimento sustentável aplicado à mineração e propõe um conjunto de indicadores que possa ser aplicado na qualificação do grau de sustentabilidade da mineração.

2 OS PILARES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA A MINERAÇÃO

A preocupação com o desenvolvimento sustentável tem perpassado todas as atividades de negócios e merecido atenção especial em fóruns internacionais, entre os quais resultou o Relatório Brundtland, que enfatizou o conceito da sustentabilidade do desenvolvimento econômico (BRUNDTLAND, 1987; MUNASINGHE, 2010).

O conceito envolve oito dimensões, segundo Sachs (1997, p. 473-475; 1993, p. 37-38): a dimensão **social** funda-se no princípio da justiça social, enquanto a **econômica** refere-se ao ótimo locacional e à gestão eficiente dos recursos, assim como um constante fluxo de inversões públicas e privadas, analisadas pela ótica do retorno empresarial e social.

A **sustentabilidade ambiental** significa encontrar formas inovadoras de minimizar o impacto no meio ambiente e reduzir custos com a preservação/conservação de recursos naturais, enquanto a **ecológica** relaciona-se ao uso adequado dos recursos dos diversos ecossistemas, com destaque para os produtos fósseis e resíduos de origem industrial.

A **sustentabilidade espacial** diz respeito à equidade territorial dos aglomerados humanos e econômicos. Já a **sustentabilidade cultural** inclui ações criativas que possibilitem a continuidade cultural, contemplando a região, suas culturas e seu ecossistema. A sustentabilidade também requer um ambiente institucional apropriado à proteção dos recursos naturais, participativo e democrático no acesso às informações, constituindo a chamada **sustentabilidade de política nacional**. Finalmente, a **sustentabilidade de política internacional** objetiva a busca da paz e a promoção da cooperação científica e tecnológica entre os países.

Há consenso na literatura e nas organizações do setor, de que o desenvolvimento sustentável na mineração envolve três pilares. Por isso, Prno (2013, p. 586), com base em McAllister e Fitzpatrick (2010), afirma: “a abordagem sustentável da mineração é aquela que integra considerações sociais, ambientais e econômicas nos processos de planejamento, desde os primeiros estágios da exploração até o período pós-fechamento da mina”. Considerar esses pilares interessa às empresas em suas decisões estratégicas, aos poderes públicos, em sua gestão nos territórios de mineração e aos demais *stakeholders*. Neste trabalho, utilizou-se o termo “comunidade” associado a *stakeholders* locais. O termo *stakeholder*, em geral, refere-se aos demais atores com interesse na mineração.

Dada a natureza da indústria mineral, a aplicação dos três pilares implica questões específicas, como avalia o MMSD (STARKE, 2002): o pilar social abre espaço para a dimensão da governança, isto é, para a forma de gestão do empreendimento mineral. É o que faz o Relatório do Projeto *Mining, Minerals and Sustainable Development* (STARKE, 2002). No olhar de Prno e Slocombe (2012, p. 349), citando Van Kersbergen e Van Waarden (2004), governança é um componente essencial em qualquer estratégia para a sustentabilidade e envolve negociação, acomodação, concertação, cooperação e formação de alianças, além dos meios tradicionais de governo baseados em coerção, comando e controle.

Um ponto que os estudiosos observam (MOFFAT; ZHANG, 2014; PRNO, 2013; PRNO; SLOCOMBE, 2014), com implicações para a metodologia de pesquisa sobre a temática, é a distinção entre impactos efetivos decorrentes da mineração, mensuráveis por métodos ou instrumentos científicos, e a percepção social sobre os impactos. Pode, ademais, haver dissociação entre indicadores econômicos e sociais de sustentabilidade, isto é, crescimento econômico, oportunidades de emprego ampliadas, acompanhados de evidências de aumento de tensões sociais (SÖDERHOLM; SVAHN, 2015). Por outro lado, ainda que haja impactos negativos de diferentes naturezas, a confiança das populações no empreendimento e em seus responsáveis tem sido apontada como decisiva na aceitação social, argumentam Lacey et al. (2017) e Moffat e Zhang (2014).

Analisando o problema do ponto de vista da dimensão territorial das operações, pode-se avaliar a apropriação e o uso da terra onde assenta o empreendimento. Nesse aspecto, ganham especial relevância as relações da mineração com comunidades rurais e indígenas (WORRAL et al., 2009). O respeito às peculiaridades culturais que se expressam no território é especialmente importante em uma região como a Amazônia, como já ressaltado anteriormente.

No que se refere ao pilar econômico, o ambiente empresarial exige criar as condições favoráveis ao negócio e avaliar a viabilidade de empreendimentos minerários do ponto de vista da taxa interna de retorno e de outros mecanismos de análise de investimentos; o processo decisório se assemelha à tomada de decisão praticada nas demais atividades econômicas. Por isso, o econômico está ligado ao social no sentido de que a saúde financeira do empreendimento permite externalizar os benefícios sociais e preparar o espaço de negócios para ampliar os transbordamentos de impactos por meio de *spillovers*.

2.1 A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL AMPLIADA

A indústria mineral se encontra particularmente pressionada pelas novas demandas e expectativas, inclusive quanto aos efeitos distributivos da riqueza da mineração. A propósito, Söderholm e Svahn (2015) escrevem sobre os mecanismos concretos de partilha dos benefícios na sociedade, tomando o caso de quatro países mineradores por eles considerados de alta renda minerária (Austrália, Canadá, EUA e Chile).

As razões apontadas na literatura para a crescente atenção a tais efeitos são, em primeiro lugar, a preocupação com os danos ambientais das atividades de mineração, conforme apontam estudos em diferentes países, entre os quais poeira, ruídos e riscos sobre recursos hídricos, deslocamentos de comunidades locais e aumento de custo de vida devido ao influxo de trabalhadores e a especulação imobiliária (MOFFAT; ZHANG, 2014, p. 61; PETKOVA et al., 2009).

Em segundo lugar, a pressão por inclusão social e econômica das comunidades locais e por participação nas tomadas de decisão atinentes ao seu território. Finalmente, a alta de preços dos minérios do início dos anos 2000, gerando conscientização social para os lucros da indústria versus a falta de benefícios correspondentes no nível regional (HODGE, 2014; SÖDERHOLM; SVAHN, 2015, p. 82-3).

Um exemplo ilustrativo de construção da sustentabilidade na atividade é o Plano Básico Ambiental do Projeto Ferro S11D (VALE, 2012) que apresenta um plano de sustentabilidade socioeconômica, acompanhado por programas de atendimento e proteção social ao migrante, de monitoramento de indicadores socioeconômicos, de fomento ao desenvolvimento socioeconômico local, de apoio à gestão pública, de capacitação e formação de mão de obra e de ação social às comunidades de interesse, entre outros.

3 A LICENÇA SOCIAL E A GESTÃO DE CONFLITOS

Observam Boutillier e Thomson (2011) que é preferível utilizar a expressão redes de *stakeholders* ao termo “comunidades”. Por *stakeholders*, baseando-se em Freeman (1984), entendem ser aqueles afetados pelas atuações de uma companhia, ou que poderiam ter um efeito sobre ela. Já a rede de *stakeholders* abrange também membros fora de uma comunidade geográfica, tais como fundos éticos de investimento, ativistas de direitos humanos, instituições financeiras internacionais e governos nacionais (BOUTILLIER; THOMSON, 2011, p. 3), o que amplia a complexidade em questão. Preocupação similar é expressa por Hodge (2014), membro do Conselho Internacional de Mineração e Metais (STARKE, 2002), quando argumenta que as comunidades afetadas pela mineração estão crescentemente conectadas em redes, pelas quais acessam conhecimentos técnicos e jurídicos, tecem novos laços sociais e reveem as próprias expectativas para o território.

A licença social de operação, no sentido de aprovação por parte das comunidades locais – *stakeholders* locais –, atrai crescente atenção da indústria e de pesquisadores em diferentes países. A licença social se refere a mecanismos de governança por parte das companhias e como incidem na percepção das comunidades sobre os empreendimentos minerais. Boutillier e Thomson (2011) classificam quatro níveis de percepção: a rejeição do empreendimento, a aceitação, a aprovação e, por fim, em um grau mais profundo de aprovação, vem a identificação psicológica. Nesse último nível, idealmente falando, a comunidade vê o empreendimento como parte do lugar, de sua história ou cultura.

A difusão do conceito de Licença Social de Operação (SLO, do Inglês), assim como os compromissos com a sustentabilidade, é uma evidência de que o segmento ampliará sua “*performance* socioambiental”, termo empregado por Hodge (2014). Não obstante, observa-se a grande frequência de conflitos sociais nos territórios da mineração, ou sob sua influência, que não raro assumem formas extremas. Para esse autor, o paradoxo se dissolve quando se tem em conta o empoderamento das comunidades locais, cada vez mais interconectadas.

Disso decorre que a obtenção e a manutenção de uma SLO respondem ao quinto maior fator de risco estratégico para a indústria da mineração no mundo, segundo o relatório *Business Risks Facing Mining and Metals 2015-2016* (ERNST & YOUNG, 2016). Ou seja, a aceitação do empreendimento pelas comunidades

afetadas é um aspecto essencial da sustentabilidade da indústria. Segundo essa mesma fonte, trata-se de um “risco multifacetado e *multi-stakeholder*, com um conjunto complexo de relações a negociar”.

Prno (2012) avança no argumento ao chamar atenção para outra característica inerente à licença social, que é a complexidade, razão pela qual a licença, o processo de sua obtenção e manutenção podem ser tratados como um sistema complexo.

Cruz (2017), analisando a Licença Social de Operação (SLO) de uma empresa mineradora em Canaã dos Carajás, mediu a interação comunidade-empresa com base na avaliação da frequência, dos benefícios resultantes e da amigabilidade das interações. Os resultados indicaram que a comunidade aceita a empresa e a atividade de mineração.

Conforme Nelsen (2006) *apud* Prno e Slocombe (2014), deve haver espaço de negociação onde as partes são ouvidas, entendidas e respeitadas. Aqui contam a sensibilidade à cultura, os meios de tomada de decisão e os instrumentos de resolução de conflitos. Os meios empregados podem ser formais e codificados, ou informais, tais como a criação de grupos de trabalho para lidar com questões específicas. A presença de confiança, diálogo, compromisso, respeito, justiça e integridade na percepção das partes afeta os resultados na qualidade da licença, segundo o esquema dos autores.

Nesse cenário, diálogo e cooperação são processos incontornáveis (HODGE, 2014). Trata-se de encontrar bases comuns (*common grounds*) de acordo, em torno das quais formar consensos mínimos. Hodge (2014) sublinha que o sucesso do empreendimento passa a ser julgado localmente – e, de certo modo, também globalmente – pela contribuição ativa ao bem-estar socioambiental no território. Negócios, mercados e formas de governança são meios para atingir esse fim. Mais do que aderir às normas legais, contam as atitudes e as relações entre *stakeholders* pautadas em “sensibilidade cultural, diálogo paciente e colaboração” (HODGE, 2014).

Então, vale refletir sobre a perspectiva de Bebbington (2014), para quem os conflitos sociais relacionados à mineração têm uma dimensão positiva, pois eles incitam as companhias a inovarem em seus procedimentos e relações com os atores nos territórios, tornando-se agentes de modernização social. Segundo Brereton (2014), por outro lado, as pressões dos mercados sobre as companhias dificultam na prática tecer relações continuadas com as comunidades segundo os princípios do valor compartilhado e da parceria. Por outro lado, as profundas desigualdades de poder, de recursos e de acesso à informação, comprometem a implantação dos diálogos e a transparência.

Hamman (2014), por sua vez, assevera que muitas vezes as companhias não dispõem, em campo, das habilidades para implantar novas posturas, faltando-lhes o conhecimento das complexidades sociais e culturais locais. Mofat e Zhang (2014) sintetizam as características da gestão pró-licença social: comunicação, transparência no fornecimento de informações para as comunidades receptoras e o fortalecimento de acordos visando o desenvolvimento.

Na Região de Carajás, por exemplo, os desafios associados à solução dos conflitos socioambientais perpassam pelo baixo índice de desenvolvimento humano, aumentos populacionais expressivos com sucessivas levas de migrantes e a diversidade sociocultural da população – comunidades quilombolas, indígenas, moradores de povoados rurais e assentamentos de reforma agrária, bem como moradores urbanos. Nesse contexto, foram registrados 76 conflitos ao longo da Estrada de Ferro Carajás entre 1987 e 2016, cujos dados foram obtidos a partir de levantamentos realizados em diversas fontes de consulta pública e privada.

4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: CRITÉRIOS PARA SUA ESCOLHA

Um indicador demonstra por meio de uma taxa, proporção, estatística, índice ou *constructo*, a evolução de fenômenos dos recursos e ativos naturais. Para Atkinson et al. (1999) e Mueller (1999), um indicador deve refletir o comportamento de um fenômeno em um determinado período de tempo, ser útil como sensor para problemas ambientais emergentes, mostrar a tendência das variáveis em análise em um horizonte de tempo, ser de fácil entendimento, suprir as necessidades de seus usuários e ser produzido com a periodicidade desejada.

Os indicadores devem estar focados nas tendências das mudanças ambientais e nas pressões que as causaram (NATIONAL ROUND TABLE ON THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY, 2003). Também refletem as medidas do Estado e das pressões sobre o meio ambiente, cujo objetivo é despertar a consciência sobre este e mostrar o progresso na direção do desenvolvimento sustentável.

Os indicadores de sustentabilidade são gerados a partir dos insumos fornecidos pelos ativos naturais e atividades econômicas/antrópicas. Conforme a segunda lei da termodinâmica, Lei da Entropia, o processo econômico é considerado como uma transformação contínua de baixa entropia em direção à alta entropia. Significa que a energia utilizada pela economia em seu processo de produção é transformada em novas formas de energia, as quais degradam e exaurem os recursos da natureza (MOTA, 2006). Na avaliação de Faucheux e Noël (1995, p. 339), “a fim de exprimir o impacto das atividades econômicas sobre os mecanismos regulares do meio, quer dizer, sobre o capital natural, há que desenvolver uma bateria de indicadores materiais e energéticos”.

Nesse sentido, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (BRASIL, 2002 *apud*, 2002) recomenda três critérios básicos para a elaboração de indicadores ambientais: 1) Quanto à pertinência política, devem retratar as reais condições dos recursos naturais, das pressões exercidas pelas atividades econômicas e humanas no meio ambiente e das respostas que os agentes institucionais expressam em forma de políticas, projetos e demais arranjos participativos; 2) quanto à exatidão de análise, um indicador ambiental deve ancorar-se em fundamentos teóricos, baseados em métodos científicos e sujeitar-se às normas estabelecidas internacionalmente; 3) quanto à mensurabilidade, um indicador ambiental deve ser formatado em função de seu custo-benefício, da acessibilidade à documentação existente e atender a critérios de regularidade temporal.

Um indicador ambiental é construído a partir de três categorizações (Quadro 1). Nem sempre a informação disponível tem as características ideais para cobrir satisfatoriamente as categorias desejadas. Consequentemente, tem que ser feitas adaptações às condições atuais, enquanto não existirem melhores opções. Nesses casos, os indicadores devem ser acompanhados de uma descrição das suas especificidades.

Quadro 1 – Categorização de um indicador ambiental

Categoria	Definição
Por espaço	Pode ser construído a partir de necessidades regional, territorial, estadual, municipal, por unidade de conservação ou por ecossistema.
Por especificidade	Pode ser elaborado a partir do grau de acompanhamento que o gestor deseja implantar para áreas específicas, tais como monitoramento da poluição do ar, recursos hídricos e florestas, e outros recursos naturais.
Por representação	Pode ser apresentado de duas formas: qualitativa e quantitativa, as quais são demonstradas por meio de tabelas, quadros, gráficos, figuras, mapas e diagramas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A experiência da Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento – OCDE (1993) recomendou a construção de indicadores fundamentados em princípios de causalidade. O modelo Pressão-Estado-Resposta – PER considera que o meio ambiente é sistêmico, que seus entes estão inter-relacionados, ou seja, sobrevivendo em processo de simbiose.

Os indicadores de “Pressão” (P) descrevem as pressões que as atividades econômicas e humanas exercem sobre os ativos naturais. Os indicadores de “Estado” (E) fornecem uma visão geral do estado do meio ambiente e de sua evolução no tempo. Os indicadores de “Resposta” (R) demonstram os níveis de respostas que a sociedade sinaliza para os diversos agentes sociais a fim de minimizar os impactos ambientais.

O Programa de Trabalho em Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, adotado pela Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável em 1995, propõe indicadores organizados de acordo com o marco de referência Força Motriz-Estado e Resposta¹. Posteriormente, o International Expert Meeting on Information for Decision-Making and Participation (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2000), realizado no Canadá, propôs a redução da listagem inicial, mantida a divisão nas dimensões social, econômica, ambiental e institucional.

A Agência Americana de Proteção do Meio Ambiente (EPA) apresentou uma modificação do modelo PER, denominado **Pressão-Estado-Resposta-Efeitos**. A inclusão da categoria efeitos está relacionada com o uso de indicadores para avaliar as relações existentes entre as variáveis de pressão, estado e resposta. A Agência Europeia de Meio Ambiente no Relatório Dobris de 1995 (STANNERS; BOURDEAU, 1995), apresenta os indicadores municipais de acordo com a tipologia **modelo-fluxo-qualidade**. Para o caso do Reino Unido foram incluídos indicadores referentes à biodiversidade, qualidade de vida, atmosfera, terra, água, recursos do mar, agricultura, energia, indústria, transporte e resíduos sólidos (PERMAN et al., 1996).

5 CONSTRUÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS EM ATIVIDADES MINERÁRIAS

O capítulo 40 da Agenda 21 recomenda a elaboração de indicadores para apoiar em bases sólidas a tomada de decisões em todos os níveis. O desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para a indústria teve como propósito ajudar a medir a *performance* ambiental, econômica e social das companhias e fornecer informações sobre como ela contribui para o desenvolvimento sustentável (AZAPAGIC, 2000).

De acordo com Ott (1978 *apud* MITCHELL, 1996, p. 2), “idealmente, um índice ou indicador, é um meio concebido para reduzir uma grande quantidade de dados a uma forma mais simples, mantendo o significado essencial para as perguntas que estão sendo feitas aos dados”. A Comissão Europeia (2005), *Global Reporting Initiative* (GRI) (2002), *Mining, Minerals and Sustainable Development Project* (VAN ZYL et al. 2002), Warhurst (2002), Azapagic (2004) e mais tarde outros autores (MARNIKA et al., 2015; POVEDA, 2014) têm feito proposições nesse sentido.

Vale ressaltar que em geral esses indicadores foram desenvolvidos e aplicados em regiões de climas temperado e/ou secos. A empresa Vale tem seguido as diretrizes da GRI para realizar o seu relatório de sustentabilidade global anual (VALE, 2016) e ainda faz referência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e ao Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU). Recentemente, Marnika et al. (2015) desenvolveram três classes de indicadores que englobam os pilares do desenvolvimento sustentável, a fim de quantificar os parâmetros de uma atividade de mineração que podem afetar áreas protegidas, a flora, a fauna e o ambiente em geral.

Em virtude da ampla abrangência dos indicadores de desenvolvimento sustentável IDS, dezenas de indicadores já foram construídos para medir as *performances* ambiental, econômica e social das atividades de mineração. Nesse contexto, importantes contribuições têm sido relatadas pelo GRI (2002); Azapagic (2004); Worrall et al. (2009); Navarro Torres et al. (2015) e Marnika et al. (2015), em que se observam alguns desencontros na forma como cada autor classifica, nomeia e seleciona esses indicadores. Desse modo, aplicar uma metodologia de pré-seleção de indicadores é altamente recomendado (POVEDA, 2014). Fricker (1998) descreve como a sustentabilidade vai além de medir e monitorar as condições econômicas, sociais e ambientais, referindo-se também à integridade ecológica, qualidade de vida, e transformação ou transcendência.

5.1 INDICADORES AMBIENTAIS

Esses indicadores medem os impactos de uma atividade sobre os sistemas naturais, incluindo os seres humanos, a biosfera, a atmosfera, a litosfera e a hidrosfera. Segundo Azapagic (2004), isso pode ser alcançado tanto a partir de medidas absolutas de desempenho (e.g., toneladas de recursos minerais

extraídos por ano), quanto por medidas de unidades relativas (e.g., toneladas de um recurso mineral exaurido por ano em relação às reservas mundiais desse recurso).

Indicadores ambientais têm sido desenvolvidos e aplicados às atividades de mineração (POVEDA, 2014), com destaque para as propostas de Worrall et al. (2009), Navarro Torres et al. (2015) e Marnika et al. (2015). Azapagic (2004) agrupou 15 categorias, totalizando 63 indicadores ambientais. Nessas propostas é comum o estabelecimento de indicadores sobre a conservação da biodiversidade, condição da cobertura da terra e impactos fora da mina. O trabalho de Worrall et al. (2009) insere a preocupação com a recuperação das áreas degradadas, enquanto Navarro Torres et al. (2015) utilizam o critério de qualidade de água, extremamente importante em áreas tropicais. Marnika et al. (2015) definem indicadores específicos para mineração em áreas protegidas, bem como indicadores associados ao uso de energia e recursos naturais.

As operações de mineração e particularmente da lavra de minas a céu aberto são orientadas à movimentação de grandes volumes de minério e estéril, e durante esse processo existem riscos de contaminação da atmosfera, das águas, do terreno e há riscos de afetação à biodiversidade, incluídos o próprio homem. A referida afetação ambiental acontece com maior incidência quando as operações de lavra ocorrem próximas às cidades ou a centros populacionais (AZAPAGIC, 2004).

5.2 INDICADORES ECONÔMICOS

Segundo Marnika et al. (2015), indicadores econômicos são indicativos do impacto positivo da atividade de mineração na economia da região, assim como dos custos de operação e investimentos para proteção ambiental de uma área maior. Portanto, os indicadores econômicos precisam incluir as medidas usuais de desempenho financeiro, tais como lucros e retornos para os acionistas, mas ir além, de modo a refletir os contextos mais amplos em que as empresas operam.

Por outro lado, os indicadores econômicos no contexto de relatórios de sustentabilidade se concentram mais na maneira pela qual uma organização afeta os públicos com os quais mantém interações econômicas diretas e indiretas (GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2002). Nesse contexto, os acionistas, clientes, fornecedores, funcionários e o setor público são considerados entre vários grupos de interessados.

Azapagic (2004) elaborou 24 indicadores econômicos e os agrupou em seis categorias. O maior avanço foi a inclusão da contribuição econômica para a economia e as comunidades locais (WORRALL et al., 2009). Isso tornou as informações fornecidas pelos indicadores econômicos associados à categoria de comunidades locais mais transparentes e compatíveis com os indicadores ambientais e sociais propostos.

5.3 INDICADORES SOCIAIS

Alguns aspectos da sustentabilidade são expressos de maneira mais significativa em termos qualitativos, como afirmações descritivas, notavelmente aqueles relacionados com o desempenho social e ético (AZAPAGIC, 2004).

Os indicadores sociais estão relacionados com os recursos humanos, ou seja, criação de empregos diretos e indiretos, formas de uso a serem adotadas após a recuperação de áreas degradadas, bem como a saúde e segurança dos trabalhadores e da comunidade local (MARNIKA et al., 2015). Esse conjunto de indicadores concentra-se na responsabilidade social das empresas, relacionando o bem-estar humano às atividades de negócios. Nesse contexto, dois tipos genéricos de indicadores sociais foram inicialmente considerados: a ética e os indicadores de bem-estar (AZAPAGIC; PERDAN, 2000).

As dimensões éticas (e.g. preservação dos valores culturais) da atividade de uma empresa são dificilmente quantificáveis, sequer podem ser definidas em termos físicos, como a proteção dos direitos humanos ou valores culturais (AZAPAGIC, 2004). Já riqueza e renda são frequentemente mencionadas como medidas de bem-estar, mas isso é apenas parte de toda a história. Alguns elementos dos indicadores de bem-estar social propostos nesse âmbito são baseados no Índice de Desenvolvimento Humano – IDH (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, 2015).

O *Global Report Initiative* (2002) recomendou a utilização de 53 indicadores sociais. Azapagic (2004) reduziu esse número para 45, agrupados em 17 indicadores gerais, que por sua vez estão agrupados em quatro categorias. Worrall et al. (2009) estabeleceram 24 indicadores agrupados em seis categorias, com destaque para a inserção de indicadores sociais relacionados a critérios de legislação e planejamento do uso da terra.

6 UMA NOVA PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DA MINERAÇÃO

Cada vez mais as demandas globais e locais por sustentabilidade e por participação comunitária pressionam a indústria e se expressam, em parte, nos conflitos sociais que emanam de comunidades mais dotadas de informações e de conexões sociais e políticas e, logo, mais exigentes. As comunidades locais tornaram-se atores importantes na condução da sociedade, daí os termos governança, gestão participativa e outros. No caso do desenvolvimento de projetos minerais, as comunidades passam a demandar mais participação nas decisões e na partilha de benefícios, o que não é coberto pelas abordagens convencionais do desenvolvimento da mineração.

O contexto social, econômico e cultural das comunidades mais diretamente atingidas pelo empreendimento é chave e, assim, não há padrões de interação com comunidades que possam ser esquematizados *a priori* e propostos como válidos para outros contextos.

As interações mina-comunidade precisam ser compreendidas tendo em conta que variáveis em diferentes escalas espaciais e temporais incidem nas resultantes, isto é, no grau de aceitação ou rejeição dos empreendimentos minerais.

O rol de *stakeholders* da mineração, isto é, as partes interessadas nos empreendimentos e seus efeitos sociais, é amplo. É preciso prestar atenção à heterogeneidade social que marca as comunidades. Dito de outro modo, é preciso realizar uma análise crítica de quais são os atores sociais que compõem o que se chama de comunidades interessadas nos empreendimentos minerais e procurar captar suas diferentes percepções sobre os empreendimentos.

O foco na complexidade, nos riscos e na incerteza tem como consequência reforçar a noção de que alcançar o desenvolvimento sustentável na mineração depende de se ampliar as bases de conhecimento sobre os contextos, sobre os impactos positivos e negativos que a mineração acarreta nas diferentes comunidades e nas diferentes escalas relevantes. Nesse sentido, são protagonistas não apenas a empresa e o poder público, como também as organizações da sociedade civil, malgrado sua grande variedade e competências técnicas e comunicacionais.

É oportuno destacar o fator capacitação de um ator social chave, o Executivo municipal, ao qual cabe conhecer os mecanismos de planejamento do desenvolvimento do território, com visão temporal compatível com o ciclo de vida da mina e, também aqui, com sólida base de conhecimentos. A ampliação das bases de conhecimento para lidar com as incertezas e a complexidade, como é o caso dos empreendimentos minerais em sua relação com as comunidades, tem como consequência a relevância dos estudos interdisciplinares sobre a temática.

Dessa maneira, propõe-se um conjunto de indicadores que sejam capazes de mensurar a sustentabilidade em minas situadas em regiões tropicais, a exemplo do complexo minerário da Província de Carajás, cuja métrica se alicerça nas variáveis dos Quadros 2, 3 e 4. Esses indicadores foram escolhidos a partir de critérios de interseção e recomendações de diversos autores e de instituições de referência na área (AZAPAGIC, 2004; GLOBAL REPORT INITIATIVE, 2002; MARNIKA et al., 2015; NAVARRO TORRES et al., 2015; WORRAL et al., 2009).

Os indicadores aqui propostos justificam-se por abrangerem as várias dimensões da sustentabilidade e, também, por serem de coleta acessível. Essa razão é particularmente relevante dadas as características dessas regiões, como, por exemplo, a dificuldade de se dispor de séries históricas referentes a dados socioeconômicos e ambientais. Há, também, o fato de muitas vezes se tratar de países de escala continental e que apresentam acentuada diversidade sociocultural.

Quadro 2 – Indicadores de sustentabilidade da mineração na dimensão ambiental

Categoria de indicadores	Definição e métrica
Materiais	Total de resíduos gerados pela atividade, em tonelada, kg ou volume.
Energia	Quantidade de energia consumida (combustível e eletricidade) por fonte renovável e não renovável.
Água	Total de reciclagem e reutilização de água em metros cúbicos.
Áreas protegidas	Total da área minerada como proporção da área do território da exploração de minérios, em hectares.
Emissões	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) em carbono equivalente, em toneladas.
Efluentes	Quantidade de resíduos líquidos gerados pela atividade no local de exploração.
Rejeitos	Quantidade de sobras provenientes do beneficiamento do minério sem valor econômico imediato.
Vibrações e ruídos	A vibração medida em milímetros por segundo (mm/s) e o ruído medido em decibéis (dB).
RAD	Recuperação de áreas degradadas, em hectares.
Despesas com o ambiente	Montante de recursos financeiros aplicados na área ambiental em relação ao faturamento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 3 – Indicadores de sustentabilidade na mineração na dimensão econômica.

Categoria de indicadores	Definição e métrica
Contribuição financeira para os agentes de Estado (União, Estados e Municípios)	Relação entre a contribuição financeira (CFEM) e o faturamento do empreendimento minerário.
Pagamento de taxas e emolumentos nas escalas da União, Estados e Municípios	Relação entre o pagamento de taxas e emolumentos e o faturamento do empreendimento minerário.
Geração de empregos	Total de empregos diretos gerados pelo empreendimento.
Externalidades de trabalho	Geração de empregos indiretos da atividade minerária e demais empregos diretos e indiretos em empresas prestadoras de serviços.

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 4 – Indicadores de sustentabilidade na mineração na dimensão social

Categoria de indicadores^(*)	Definição e métrica
Saúde e segurança	Total de empregados que participa de programas de saúde e segurança patrocinados pela empresa em relação ao efetivo de empregados.
Formação e educação	Proporção de empregados com deficiência no ensino básico em relação ao efetivo total de empregados.
Diversidade e oportunidade	A empresa é signatária dos Princípios de Empoderamento das Mulheres e do Pacto Global da ONU; percentual de mulheres que participa do corpo funcional da empresa.
Liberdade de associação^(*)	A empresa atende aos princípios convencionados na Organização Internacional do Trabalho (OIT); convenção n° 87, de 1948, que versa sobre Liberdade de Associação e Proteção ao Direito Sindical; convenção n° 98, de 1949, que versa sobre o Direito de Sindicalização e Negociação Coletiva.
Trabalho infantil^(*)	A empresa atende aos princípios convencionados na Organização Internacional do Trabalho (OIT); convenção n° 182, de 1999, que versa sobre as piores formas de Trabalho Infantil.
Trabalho forçado^(*)	A empresa atende aos princípios convencionados na Organização Internacional do Trabalho (OIT); convenção n° 29, de 1930, que versa sobre o Trabalho Forçado; convenção n° 105, de 1957, que versa sobre a Abolição do Trabalho Forçado.
Direitos indígenas e de povos tradicionais^(*)	Existe investimento obrigatório ou voluntário em comunidades indígenas ou em localidades de povos tradicionais.
Gestão de comunidades^(*)	Proporção de demandas da comunidade atendida pela empresa em relação ao total de registros no período considerado.
Suborno e corrupção^(*)	A empresa adere aos padrões e procedimentos de comportamento em relação ao suborno e corrupção recomendados por organismos nacionais e internacionais, e mantém internamente programa global de educação sobre o tema, além de se comprometer em incorporar essa temática em seu Código de Ética e Conduta, assim como apresentar com clareza à sociedade uma Política Global Anticorrupção.
Despesas com a área social	Montante de recursos financeiros aplicado na área social em relação ao faturamento.
Envolvimento dos stakeholders locais	Existe conectividade das comunidades locais à internet (organizações da sociedade civil, domicílios e escolas) (*). Existe acessibilidade aos relatórios de <i>performance</i> empresarial (*). Frequências de reuniões presenciais das empresas com os <i>stakeholders</i> locais. Existem canais institucionalizados de encaminhamentos de reclamações/demandas das comunidades (*). Existem ações de capacitação local patrocinadas pelas empresas quanto à aplicação de recursos financeiros (contribuições, taxas e demais emolumentos) gerados pela atividade minerária (*).

(*)Refere-se à métrica binária: 1, existe a presença do item; 0, caso contrário.
Fonte: Elaborado pelos autores.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta proposta contempla um novo conjunto de indicadores econômicos, ambientais e sociais, ancorados nas dimensões da sustentabilidade, cujo diálogo acadêmico está pautado em autores reconhecidos pela literatura sobre o tema, especialmente a contribuição internacional. Esses indicadores pretendem responder às características de países cuja mineração industrial tem participação expressiva na formação do Produto Interno Bruto, mas, em contrapartida, geram impactos significativos do ponto de vista socioambiental. Daí o desafio de se formular uma proposta que seja capaz de demonstrar aos megaempreendimentos e às sociedades receptoras, a internalização dos custos ambientais e sociais, assim como os compromissos de partilha dos frutos do desenvolvimento com as comunidades locais.

Uma peculiaridade desta proposta é sua adaptabilidade ao contexto de países em zonas tropicais, tanto em desenvolvimento, por exemplo, o Brasil, a Índia e a África do Sul, quanto os países subdesenvolvidos. Chama-se atenção para a inclusão de indicadores atinentes à participação social e a sensibilidade à diversidade sociocultural desses países. A efetiva implantação desses indicadores, como mecanismo de acompanhamento da sustentabilidade das atividades do setor, poderá contribuir para a redução de conflitos sociais e promover a ramificação do desenvolvimento dos territórios de forma equânime e duradoura. Em termos amplos, representam contributos ao processo denominado de licença social para operar em seus três níveis: aceitação, aprovação e identificação da comunidade com o empreendimento, que se reflete na cultura e na história do território.

Mesmo com todos os avanços, permanecem limites nessa construção de indicadores. No caso amazônico, em particular, destaca-se muitas vezes a não disponibilidade de informações suficientes e apropriadas. Essa restrição aplica-se às informações proporcionadas pelas empresas, por órgãos públicos e privados, no campo ambiental e social, na escala de espaço e de tempo que seria necessária para a elaboração de indicadores mais consistentes e atuais.

Por outro lado, para as comunidades vizinhas a empreendimentos e sua logística, muitas vezes há carência de dados no âmbito local, em séries históricas ou mesmo em *cross sectional*, o que restringe a precisão na formulação dos indicadores. Com a gradual implantação dos indicadores aqui propostos, na forma de sistemas de acompanhamento em rede, é plausível esperar que tais limitações sejam progressivamente suplantadas, com a evolução das metodologias de produção e coleta de dados primários. Esses indicadores darão suporte à construção da métrica da sustentabilidade da atividade minerária.

Finalmente, há de se considerar as limitações de capacitação dos agentes locais – especialmente as comunidades e suas organizações representativas – para o efetivo uso dos indicadores.

NOTA

¹ Driving Force-State-Response.

REFERÊNCIAS

ATKINSON, G. et al. **Measuring Sustainable Development: Macroeconomics and the Environment**. U.K.: Edward Elgar, 1999.

AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, 2004, v. 12, n. 6, p. 639-662. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(03\)00075-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00075-1)>.

AZAPAGIC, A., PERDAN, S. **Indicators of Sustainable Development for Industry**. Process Safety Environmental Protection, 2000, v. 78, n. 4, p. 243-261. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1205/095758200530763>>.

BEBBINGTON, A. J. Socio-environmental conflict: an opportunity for mining companies. **Journal of Cleaner Production**, 2014, v. 84, p. 34.

- BOUTILLIER, R.; THOMSON, I. **Modelling and measuring the social licence to operate**: fruits of a dialogue between theory and practice. Queensland, Australia: International Mine Management, 2011.
- BRASIL. Governo do Estado da Bahia. Centro de Recursos Ambientais – CRA. Rumo a um Desenvolvimento Sustentável. Tradução de Ana Maria F. Teles. Salvador, Bahia: **Série Cadernos de Referência Ambiental**, 2002, v. 9.
- BRETON, D. Is the seeming paradox resolvable? Some reactions to Professor Hodge's paper. **Journal of Cleaner Production**, 2014, v. 84, n. 1, p. 37-38.
- BRUNDTLAND, G. et al. **Our common future** ('brundtland report'). 1987.
- CRUZ, T. L. **A licença social de operação em Canaã dos Carajás como instrumento de sustentabilidade do projeto ferro Carajás S11D**. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais). Belém: Instituto Tecnológico Vale. 2017.
- ERNST & YOUNG GLOBAL LIMITED. **Risks Facing Mining and Metals 2015-2016**, London: 2016.
- EUROPEAN COMMISSION. **Measuring Progress towards a More Sustainable Europe**: Proposed Indicators for Sustainable Development. Luxemburgo: Office for Official European Commission, 2005, p. 220.
- FAUCHEUX, S.; NOËL, J-F. **Economia dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente**. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.
- FREEMAN, R. E. **Strategic management**: a stakeholder approach. Boston: Pitman, 1984.
- FRICKER, A. Measuring up to sustainability. **Futures**, 1998, v. 30, n. 4, p. 367-375. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0016-3287\(98\)00041-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-3287(98)00041-X)>.
- GLOBAL REPORTING INITIATIVE - GRI. **Sustainability Reporting Guidelines**. Boston: GRI, 2002.
- HADDAD, P. R. **Economia Peregrina**. Belo Horizonte: Phorum, 2015.
- HAMANN, R. Patient dialogue between mining companies and communities is tougher and scarcer than imagined: a response to Hodge. **Journal of Cleaner Production**, 2014, v. 84, p. 35-36.
- HODGE, A. Mining company performance and community conflict: moving beyond a seeming paradox. **Journal of Cleaner Production**, 2014, v. 84, p. 27-33.
- KERSBERGEN, K. van; WAARDEN, F. van. 'Governance' as a bridge between disciplines: cross-disciplinary inspiration regarding shifts in governance and problems of governability, accountability and legitimacy. **European Journal of Political Research**, v. 43, n. 2, p. 143-171, 2004.
- LACEY, J. et al. The art and science of community relations: procedural fairness at Newmont's Waihi Gold operations, New Zealand. **Resources Policy**, v. 52, p. 245-254. Disponível em: <[doi:10.1016/j.resourpol.2017.03.001](https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.03.001)>.
- MARNIKA, E. et al. Sustainable development indicators for mining sites in protected areas: tool development, *Ranking* and scoring of potential environmental impacts and assessment of management scenarios. **Journal of Cleaner Production**, 2015, v. 101, p. 59-70. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.098>>.
- MCALLISTER, M. L.; FITZPATRICK, P. J. Canadian mineral resource development: a sustainable enterprise? In: MITCHELL, B. (Ed.). **Resource and Environmental Management in Canada**: addressing conflict and uncertainty. Toronto, Ontario: Oxford University Press, 2010, p. 356-381.
- MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. **Sustainable Development**, 1996, v. 4, p. 1-11.
- MOFFAT, K.; ZHANG, A. The paths to social license to operate: an integrative model explaining community acceptance of mining. **Resources Policy**, 2014, v. 39, p. 61-70.
- MOTA, J. A. **O Valor da Natureza**: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

- MUELLER, C. C. **Sugestões para a constituição de um sistema de indicadores urbanos para o Brasil**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 1999.
- MUNASINGHE, M. **Making development more sustainable: sustainomics framework and practical applications**. Munasinghe Institute for Development, 2010.
- NATIONAL ROUND TABLE ON THE ENVIRONMENT AND THE ECONOMY- NRTEE. **Canada's National Environmental Indicators Series**. Ontario, Canada: National Library of Canada Cataloguing in Publication, 2003.
- NAVARRO TORRES, V. F., et al. **Relatório científico do projeto: quantificação da sustentabilidade ambiental de lavra de minas a céu aberto**. Ouro Preto, Minas Gerais: Instituto Tecnológico Vale Mineração, 2015, v. 105.
- NELSEN, J. L. **Social licence to operate**. Int. J. Min. Reclam. Environ. 2006, v. 20, p. 161-162.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: a synthesis report by the group on the state of the environment**. Paris: OECD, 1993.
- PERMAN, R. et al. **Natural Resource & Environmental Economics**. New York: Longman Publishing, 1996.
- PETKOVA, V. et al. Mining developments and social impacts on communities: Bown Basin case studies. **Rural Sociology**, 2009, v. 19, n. 3, p. 211-228.
- POVEDA, C. A. A methodology for pre-selecting sustainable development indicators (SDIs) with application to surface mining operations. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, 2015, v. 181, on-line. 10.2495/EID140441, 2014.
- PRNO, J.; SLOCOMBE, D. Exploring the origins of social license to operate in the mining sector: perspectives from governance and sustainability theories. **Resources Policy**, 2012, v. 37, n. 3, p. 346-357.
- PRNO, J. An analysis of factors leading to the establishment of a social license to operate in the mining industry. **Resources Policy**, 2013, v. 38, n. 4, p. 577-590.
- PRNO, J.; SLOCOMBE, D. A Systems-Based Conceptual Framework for Assessing the Determinants of a Social License to Operate in the Mining Industry. **Environmental management**, 2014, v. 53, n. 3, p. 672-689.
- SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. **Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- _____. Desenvolvimento numa economia mundial liberalizada e globalizante: um desafio impossível. **Estudos Avançados**, 1997, v. 11, n. 30, p. 213-242.
- SÖDERHOLM, P. SYAHN, N. Mining, regional development and benefit-sharing in developed countries. **Resources Policy**, 2015, v. 45, p. 78-91.
- STANNERS, D.; BOURDEAU, Ph. **Europe's Environment (The Dobris Report)**. European Environmental Agency. Brussels, 1995.
- STARKE, L. (Ed.). **Breaking New Ground: mining, minerals and sustainable development: the MMSD Project of the International Institute for Environment and Development (IIED)**. Earthscan, 2002.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Report of the International expert meeting on information for decision making and participation**. Canada, 2000.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Human Development Report 2015: Work for Human Development**. New York: UNPD, 2015.
- VALE, S.A. **Plano Básico Ambiental – PBA do Projeto Ferro Carajás S11D**. Canaã dos Carajás-PA: Vale, 2012.
- VALE, S.A. **Relatório de Sustentabilidade 2014**. Rio de Janeiro: Vale, 2015.
- VALE, S.A. **Relatório de Sustentabilidade 2015**. Rio de Janeiro: Vale, 2016.

VAN ZYL, D. et al. **Mining for the Future: Main Report**. London: MMSD, 2000, p. 31.

WARHURST, A. **Sustainability Indicators and Sustainability Performance Management**. London: Institute for Environment and Development – IIED, 2002, p. 129.

WORRALL, R. et al. Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine land. **Journal of Cleaner Production**, 2009, v. 17, p. 1426-1434. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.013>>.