



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**

**Aproveitamento de Resíduos de Mineração:  
Uma Oportunidade para Implantação da  
Economia Circular no Brasil**

**Daniel Alves Lima**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**

Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental  
nos Setores Energético e Mineral

Rio de Janeiro, Junho de 2017.



**Daniel Alves Lima**

**Aproveitamento de Resíduos de Mineração: Uma  
Oportunidade para Implantação da Economia Circular no  
Brasil**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, apresentada ao programa de pós-graduação lato sensu em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral.

Orientador: Clarice Ferraz

Rio de Janeiro  
Junho de 2017.

*“É de admirar que a decadência de Portugal tivesse início por ocasião da descoberta do ouro no Brasil. A facilidade com que muitos se enriqueceram em pouco tempo no Brasil incitou a imigração de milhares de pessoas ativas em Portugal, as quais abandonaram suas propriedades na Metrópole, com a esperança de compensarem todas as perdas no Brasil.*

*Ao Governo foi igualmente nociva essa riqueza aurífera. Acreditava possuir fontes inesgotáveis, como o indica a legislação mineira. Assim, a administração pública foi abandonada, o luxo e a concussão aumentaram, enquanto o exército e a marinha, maltrapilhos, permaneciam na indisciplina e sofriam perdas irreparáveis.”*

(Wilhelm Ludwig von Eschwege)

## **Agradecimentos**

À minha família pelo apoio e incentivo para realizar este curso, especialmente à minha esposa Ludimila e minha filha Júlia.

Ao Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão e ao Ministério de Minas e Energia, especialmente ao Secretário Carlos Nogueira da Costa Junior, pela oportunidade concedida para o meu aperfeiçoamento profissional.

Aos professores e colegas do curso, especialmente à Professora Clarice Ferraz, pela paciência e o alegre convívio.

## **Resumo**

Lima, Daniel Alves. Ferraz, Clarice. Aproveitamento de Resíduos de Mineração: Uma Oportunidade para Implantação da Economia Circular no Brasil. Rio de Janeiro, 2017. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O rompimento da barragem de rejeitos localizado em Mariana, em Minas Gerais, suscitou questionamentos quanto a gestão dos resíduos nas atividades de mineração. O presente estudo tem por objetivo identificar os fatores que contribuíram para a implantação dos princípios da Economia Circular em outros países, como um instrumento de política ambiental que altera a concepção de sistemas produtivos lineares para sistemas que fecham o ciclo de aproveitamento dos recursos. Foram analisados documentos que embasaram a implantação da Economia Circular em outros países, bem como documentos que podem sinalizar a possibilidade de implantação do referido modelo no Brasil. Os resultados apontam que o atual quadro de instrumentos de política ambiental brasileiros não propicia a adoção voluntária dos princípios de circularidade e sustentabilidade da atividade mineradora no País.

### **Palavras- chave**

Mineração, Resíduo, Economia Circular, Desenvolvimento Sustentável, Recurso Natural.

## **Abstract**

Lima, Daniel Alves. Ferraz, Clarice. Mining Waste Utilization: An Opportunity for Implantation of the Circular Economy in Brazil. Rio de Janeiro, 2017. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The breakdown of the tailings dam located in Mariana / MG has raised questions about waste management in mining activities. The present study

aimed at identifying the factors that contributed to the implementation of the principles of the Circular Economy in other countries, as an instrument of environmental policy that changes the design of linear productive systems for systems that close the cycle of resource utilization. Documents that supported the implementation of the Economy in other countries were analyzed, as well as documents that may indicate the possibility of implementing this model in Brazil. The results indicate that the current framework of environmental policy instruments will not lead to voluntary adoption.

**Key-words**

Mining, Waste, Circular Economy, Sustainable Development, Natural Resource.

## Sumário

1 O problema	1
1.1. Introdução	1
1.2. Delimitação do Estudo	2
1.3. Relevância do Estudo	2
2 Referencial Teórico	4
2.1. Mineração e Sustentabilidade	4
2.1.1. Etapas da mineração	5
2.1.2. Gestão de resíduos da mineração	7
2.1.3. Mineração no Brasil	9
2.2. Economia Circular	12
2.2.1. Histórico	13
2.2.2. Princípios e limites	15
2.2.3. Implantação	16
2.3. Mineração e Economia Circular	17
3 Metodologia	20
4 Resultados	21
4.1. Economia Circular no Mundo	21
4.1.1. Japão	22
4.1.2. União Europeia	22
4.1.3. Estados Unidos	23
4.1.4. China	24
4.2. Identificação de condições de implantação da Economia Circular no Brasil	28
4.2.1. Governo Federal	28
4.2.2. Governos Estaduais	33
5 Conclusão	35

## 6 Referências Bibliográficas

36



## Lista de figuras

Figura 1 - Fluxograma típico de tratamento de minério. ....	7
Figura 2 - O processo de mineração e o meio ambiente: processos, resíduos e riscos ambientais potenciais (adaptado). ....	8
Figura 3 - Hierarquia de Gestão de Resíduos Tradicional, à esquerda; nova hierarquia para gestão de resíduos de mineração, à direita. ....	19

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Quantidade total de rejeitos gerados e contribuição percentual média de cada substância no decênio 1996-2005 e no período de 2010-30. ....	31
Tabela 2 – Relação de instrumentos de política de resíduos sólidos nos Estados brasileiros. ....	34

# 1 O problema

## 1.1. Introdução

A exploração econômica dos recursos minerais no Brasil é tão antiga quanto a descoberta do País pelos portugueses que, em busca de novas riquezas, passaram a extrair ouro e pedras preciosas. Anteriormente, os povos primitivos que habitavam o continente já extraíam metais, pedras e argila para confeccionar artefatos diversos para o uso diário.

A época, não havia preocupação com os impactos ambientais das atividades humanas. Atribui-se a mineração a alteração da paisagem natural, o assoreamento de rios, a contaminação da água e dos solos, em várias regiões mineradoras do país, ao longo dos séculos da história do Brasil.

A atuação do Estado brasileiro tem sido historicamente ineficiente no papel de regulador da atividade de mineração. A larga extensão territorial e a abundância de recursos naturais contribuíram para perpetuar o comportamento irresponsável dos agentes econômicos, no que tange o desenvolvimento sustentável das áreas exploradas pela mineração.

Atualmente, observa-se que ainda persiste uma percepção antiquada sobre as atividades de mineração, sobretudo quanto a destinação dos seus resíduos.

O recente acidente ocorrido no município de Mariana, em Minas Gerais, envolvendo o rompimento de uma barragem de rejeitos do beneficiamento do minério de ferro, leva-nos a refletir sobre o futuro das regiões mineradoras e os impactos da acumulação dos resíduos da mineração.

Neste sentido, seria importante contar com um marco regulatório propício para a adoção de práticas de Economia Circular pelas empresas de mineração do país para que atividade se desenvolva de modo mais sustentável.

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi analisar as condições institucionais que poderiam contribuir para a implantação de projetos de investimento que obedeçam aos princípios da Economia Circular no Brasil.

Os objetivos específicos foram:

1. Identificar se a Economia Circular foi implantada em outros países;
2. Identificar quais são as condições socioeconômicas nos locais onde foram implantados e as políticas públicas existentes para a implantação destes investimentos,
3. Verificar a presença das condições para a implantação, tanto no nível do Governo Federal, quanto a nível dos governos estaduais.

## **1.2. Delimitação do Estudo**

O estudo está inserido no contexto da disciplina de Economia dos Recursos Naturais, especificamente no tema de instrumentos de Política Ambiental.

## **1.3. Relevância do Estudo**

A importância acadêmica do presente trabalho se deve à reduzida quantidade de estudos publicados sobre a implantação dos princípios de Economia Circular no setor de mineração do Brasil. Em consulta às bases de dados da SPELL, SCIELO e portal CAPES, os quais estão integrados aos principais periódicos das áreas de economia e engenharia, ainda inexitem artigos sobre o tema abordado neste estudo.

A importância prática da pesquisa reside no fato de que a implantação da Economia Circular para dar uso econômico para o rejeito da mineração, contribuindo para o aumento da renda e dos municípios mineradores.

Assim, é importante identificar das condições institucionais que favorece a adoção deste tipo de iniciativa.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1. Mineração e Sustentabilidade

Diferentemente de outros recursos disponíveis na natureza classificados como renováveis, tais como a fauna e a flora, os recursos minerais são classificados como não renováveis. Esta classificação foi utilizada por Brown et al. *apud* Enriquez (2010:51), que propôs a seguinte definição:

*“[...] um recurso que é extraído mais rápido do que é reabastecido por processos naturais é um recurso não renovável. Um recurso que é repostado tão rápido quanto é extraído é certamente um recurso renovável [...]”.*

Quanto à sustentabilidade, Stem (1995) se baseou no conteúdo do Relatório Brundtland, elaborado no ano de 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, para definir desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que dá às pessoas nas gerações futuras oportunidades iguais ou superiores às da geração atual. Ainda, segundo este autor, estas oportunidades podem ser possibilidades de consumir ou de investir.

Stem (1995) contribuiu para a discussão teórica sobre o impacto da atividade de mineração para o desenvolvimento sustentável dos países ao propor um “teste de sustentabilidade” para as atividades de mineração. A principal conclusão obtida com a aplicação do referido teste em uma seleção de países em desenvolvimento foi que não é possível rejeitar a hipótese de que a mineração prejudica a sustentabilidade dos países em desenvolvimento.

Enriquez (2009) retoma a ideia de sustentabilidade sensata ou prudente proposta por Serageldin (1995), na qual se pressupõe a necessidade de equilíbrio entre as diferentes dimensões do desenvolvimento. A autora

afirma que, no caso da exploração de recursos minerais, o esgotamento de uma jazida mineral (capital natural) ao longo do tempo só se justifica se a receita obtida com as vendas minerais se transformar em outras formas de capital (humano, social ou manufaturado).

Enriques (2009) ainda propõe que a sustentabilidade sensata deve ser avaliada sob duas perspectivas, quais sejam, a da atual geração (intrageração), cujo pressuposto é que a atividade mineral deve garantir o nível de bem-estar socioeconômico atual e minimizar os danos ambientais decorrentes do processo produtivo, e a da geração futura (intergeração) para a qual a atividade deve ser capaz de gerar um permanente fluxo de rendimentos e assim assegurar o nível vindouro de bem-estar.

### **2.1.1. Etapas da mineração**

A mineração é tradicionalmente realizada através das seguintes etapas: pesquisa mineral, lavra e beneficiamento. Essas etapas são caracterizadas pela execução de procedimentos que tem como objetivo a separação de minerais que possuem valor econômico daqueles que não possuem.

Na etapa de pesquisa mineral, busca-se obter o conhecimento das características físico-químicas e mineralógicas das rochas do subsolo com o objetivo de se delimitar a região dotada de uma concentração anômala de um ou mais minerais valiosos. Segundo Luz et al. (2010), toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente, é denominada “minério”. A rocha que não possui os atributos de minério é denominada “estéril”.

Na etapa de lavra, o objetivo principal é extrair do subsolo tanto o minério quanto o estéril, em proporções que viabilize economicamente a extração de ambos. Comumente, a extração do minério do subsolo somente é possível com a extração do estéril que o circunda. Posteriormente, o

minério é encaminhado à sua destinação final e o estéril é disposto em pilhas ou aterros.

Geralmente, torna-se necessária a adequação do minério lavrado aos padrões físico-químicos exigidos para a comercialização, o que demanda o processamento do mesmo em usinas de beneficiamento mineral, nas quais o minério é fragmentado, classificado e concentrado. O resultado dessas operações é a separação do produto final e do rejeito. Posteriormente, o rejeito é disposto em barragens de rejeito.

Luz et al. (2010) apresenta um fluxograma típico de beneficiamento de minério, apresentado na figura a seguir:

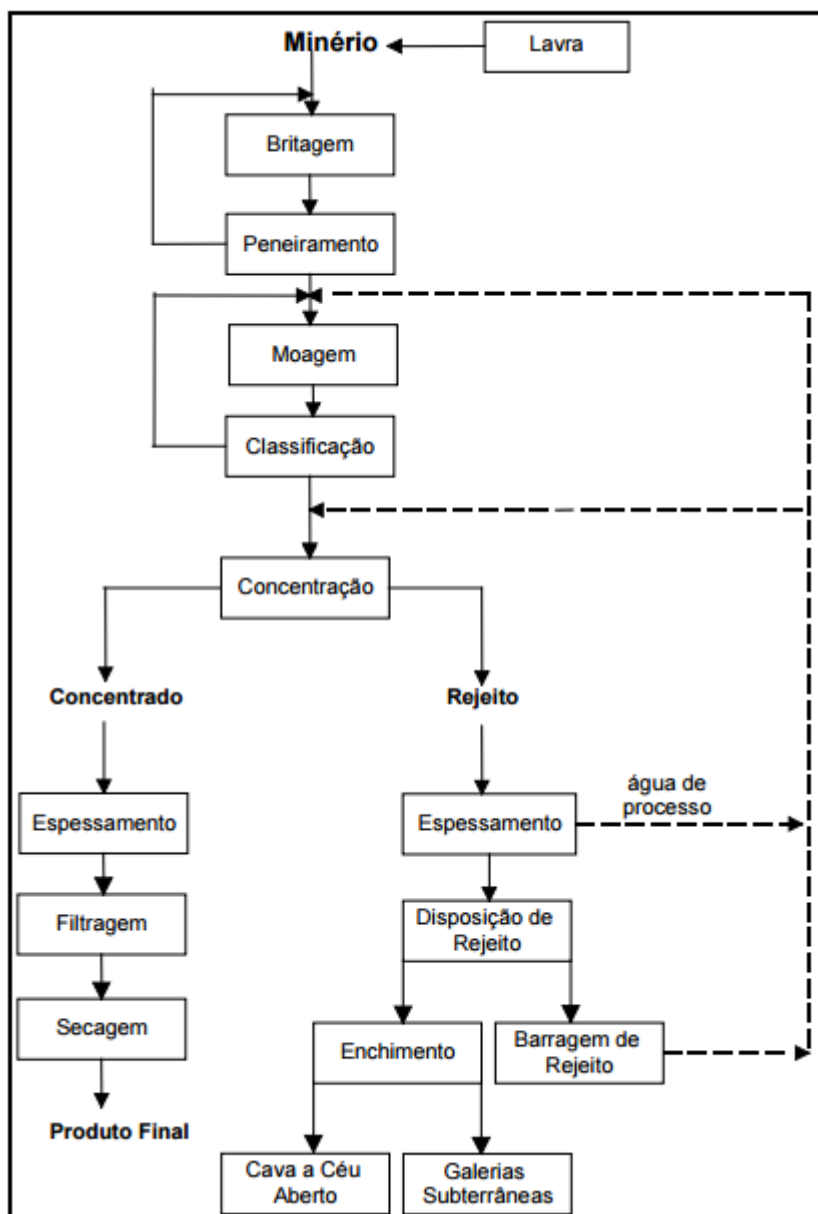


Figura 1 - Fluxograma típico de tratamento de minério.

### 2.1.2. Gestão de resíduos da mineração

Warhurst (1994) afirma que as atividades relacionadas à mineração afetam os três meios ambientais (terra, água e ar) e podem degradar os habitats da flora e fauna locais, além de inviabilizar usos alternativos da terra para a prática da silvicultura, agricultura ou lazer. Segundo este autor, a mineração e o processamento de minerais produzem resíduos que podem gerar riscos ambientais potenciais. A figura a seguir mostra alguns desses



resíduos e seus riscos associados, que têm manifestações locais, regionais e, em menor escala, globais.

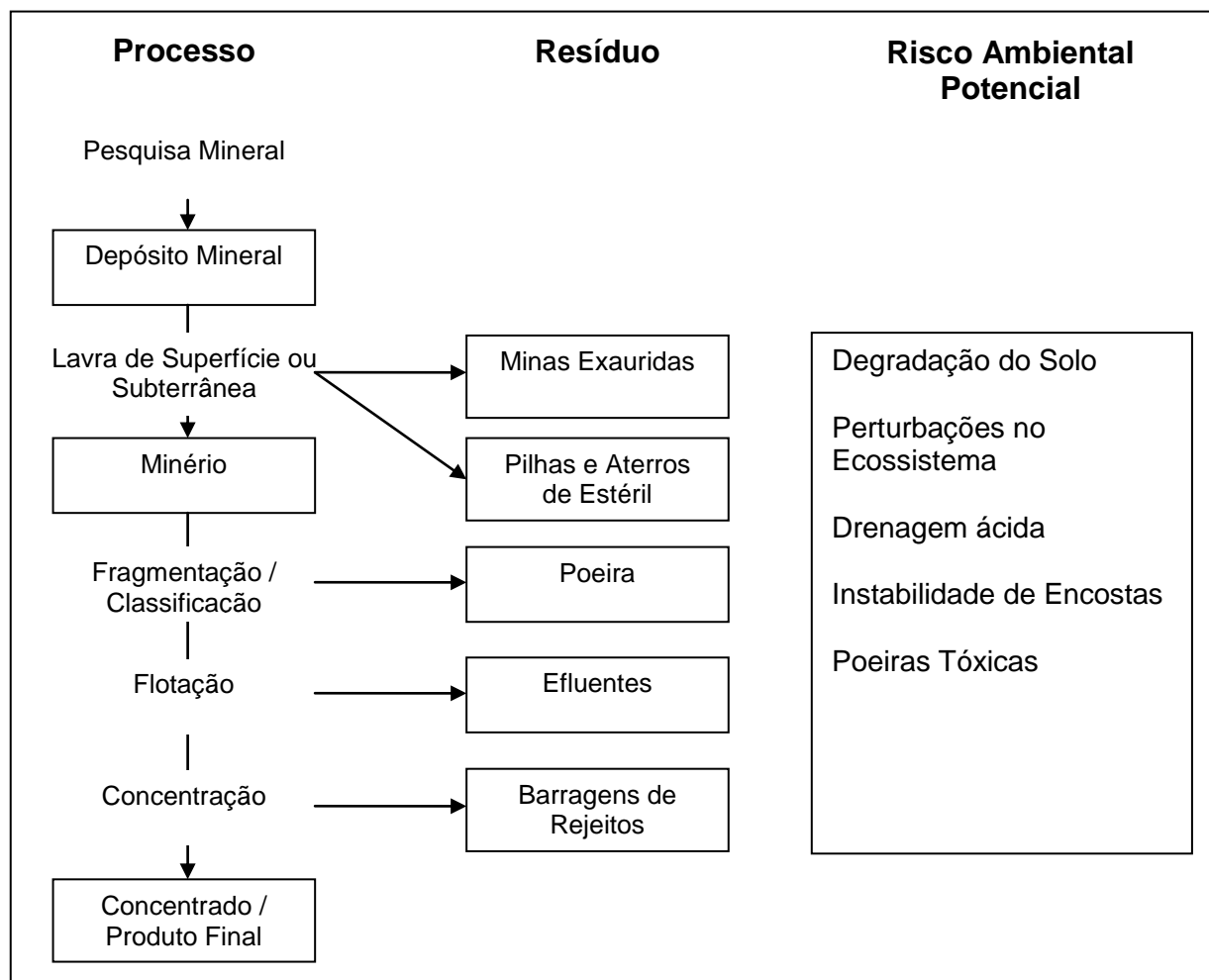


Figura 2 - O processo de mineração e o meio ambiente: processos, resíduos e riscos ambientais potenciais (adaptado).

Franks (2010) sistematizou os seguintes princípios de desenvolvimento sustentável para a disposição de resíduos de mineração e beneficiamento mineral:

- Princípio 1. Os resíduos de mineração e de beneficiamento mineral devem ser gerenciados de modo que fiquem fisicamente, geograficamente, quimicamente e radiologicamente estáveis;
- Princípio 2. Os resíduos de mineração e beneficiamento mineral que interagem com o ambiente devem ser inertes, ou seja, equivalentes (em forma, concentração, localização, volume, tempo e taxa) ao material e produtos químicos já dentro do mesmo ecossistema;

- Princípio 3. Os resíduos de mineração e de beneficiamento mineral que não sejam inertes devem ser isolados, ser o mais inerte possível e de forma compatível com a técnica de manejo de resíduos adotada e a sensibilidade do ecossistema e do contexto social;
- Princípio 4. Os resíduos de mineração e de beneficiamento mineral devem ser contidos, isto é, geograficamente limitados, exibir uma pegada mínima em um local de valores ecológicos e sociais aceitáveis baixos e estarem em formas físicas e químicas, dadas as condições locais, que limite a interação com o ambiente circundante;
- Princípio 5. Os resíduos de mineração e de beneficiamento mineral devem ser geridos de forma consistente com as condições ambientais e sociais de cada local. A determinação da aceitabilidade da técnica de eliminação deve incluir as opiniões das partes interessadas.
- Princípio 6. Os resíduos de mineração e de beneficiamento mineral devem ser gerenciados para minimizar o gerenciamento ativo pós-fechamento, insumos (como água e energia) e o volume de resíduos gerados por volume de um minério extraído.
- Princípio 7. As tecnologias de mineração, de beneficiamento mineral e de gestão de resíduos que ofereçam melhor desempenho ambiental e social e uma menor pegada de superfície devem ser preferencialmente adotadas. As possibilidades de reutilização de resíduos devem ser viabilizadas sempre que possível.

### **2.1.3. Mineração no Brasil**

Segundo a Constituição Federal, a exploração dos recursos minerais ocorrerá por meio de autorização ou concessão. Quanto a esta condição, Freire (2007:1) afirma:

*"[...] O regime constitucional da propriedade das jazidas minerais e o seu regime de aproveitamento criam uma relação jurídica especial destinada a permitir a transformação do recurso mineral inerte em riqueza, resguardar os direitos do minerador, que arriscou e investiu na descoberta da jazida, e conciliar a sua exploração com*

*os direitos do Estado, do superficiário e com a preservação do ambiente.[...]"*

Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais no Brasil estão enumerados no Decreto-Lei nº 227/67, também conhecido como Código de Mineração Brasileiro:

*"[...] Art. 1º Compete à União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais.*

*Art. 2º. Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais, para efeito deste Código, são:  
(Redação dada pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*I - regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia;  
(Redação dada pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*II - regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;  
(Redação dada pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*III - regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;  
(Redação dada pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*IV - regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;  
(Redação dada pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*V - regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal. (Incluído pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*Parágrafo único. O disposto neste artigo não se aplica aos órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, sendo-lhes permitida a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, definidas em Portaria do Ministério de Minas e Energia, para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente, respeitados os direitos minerários em vigor nas áreas onde devam ser executadas as obras e vedada a comercialização. (Redação dada pela Lei nº 9.827, de 1999)[...]"*

Observa-se que o principal órgão público responsável pelas outorgas de exploração econômica dos recursos minerais no Brasil é o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, o qual, em situações específicas, compartilha a regulação com órgãos públicos municipais, nos casos enquadrados no regime de licenciamento. O Código de Mineração também dispõe quanto às matérias que são atualmente reguladas:

*[...] Art 3º Este Código regula:*

*I - os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra formando os recursos minerais do País;*

*II - o regime de seu aproveitamento, e*

*III - a fiscalização pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.*

*§ 1º. Não estão sujeitos aos preceitos deste Código os trabalhos de movimentação de terras e de desmonte de*

*materiais in natura, que se fizerem necessários à abertura de vias de transporte, obras gerais de terraplenagem e de edificações, desde que não haja comercialização das terras e dos materiais resultantes dos referidos trabalhos e ficando o seu aproveitamento restrito à utilização na própria obra. (Incluído pela Lei nº 9.314, de 1996)*

*§ 2º. Compete ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM a execução deste Código e dos diplomas legais complementares. (Renumerado do Parágrafo único para § 2º pela Lei nº 9.314, de 1996)[...]*

Quanto ao aspecto da disposição de rejeitos da atividade mineral, o Código de Mineração faz menção apenas à possibilidade de sujeitar áreas a servidões de solo e subsolo para as atividades de mineração:

*[...] Art. 59. Ficam sujeitas a servidões de solo e subsolo, para os fins de pesquisa ou lavra, não só a propriedade onde se localiza a jazida, como as limítrofes. (Renumerado do Art. 60 para Art. 59 pelo Decreto-lei nº 318, de 1967)*

*Parágrafo único. Instituem-se Servidões para:*

*[...]*

*h) bota-fora do material desmontado e dos refugos do engenho.[...]*

## **2.2. Economia Circular**

Recentemente, Ghisellini et al. (2014) apresentou uma extensa revisão de da literatura que versa sobre a Economia Circular, publicados entre 2004 e 2014. Este estudo levantou informações quanto às origens, princípios, limites, vantagens e desvantagens, modelagem e implantação da Economia Circular em países como China, Japão, Coreia do Sul, Austrália, Nova Zelândia, Índia, Canadá Estados Unidos, países da União Europeia entre outros.

### 2.2.1. Histórico

Segundo Ghisellini et al. (2014), o conceito de Economia Circular tem raízes em diferentes escolas de pensamento. Na ótica da Economia Ambiental, Peace e Turner *apud* Ghisellini et al. (2014) introduziram o conceito de sistema econômico circular, baseado em estudos prévios de economia ecológica, os quais consideravam que o referido sistema seria fechado, ou seja, praticamente sem trocas de matéria com o meio ambiente externo. Dessa forma, um sistema econômico circular seria pré-requisito para a manutenção da sustentabilidade da vida humana na Terra.

Peace e Turner *apud* Ghisellini et al. (2014) identificaram três funções econômicas do meio ambiente: i) provisão de recursos; ii) sistema de suporte à vida; iii) depósito para resíduos e emissões. Similarmente às demais funções econômicas, estas três funções básicas deveriam ter um preço. Porém, segundo os autores, por se tratar de bens ambientais<sup>1</sup>, tais como a qualidade do ar e da água, não há preço nem mercado para os mesmos.

Neste sentido, Ghisellini et al. (2014) ressalta que outros autores identificaram que as diversas combinações de políticas ambientais, incluindo regulamentações, instrumentos econômicos ou medidas voluntárias destinadas a incorporar as externalidades<sup>2</sup> das atividades econômicas nos preços dos respectivos produtos, foram concebidas para estimular o melhor uso e a conservação dos recursos, a mitigação da carga

---

<sup>1</sup> Hardin *apud* Varian (2010) apresentou o estudo “A Tragédia dos Comuns”, o qual aplica-se à exploração econômica dos bens ambientais, muitos dos quais são classificados como bens comuns. Nesta situação, a ausência de um mecanismo para restringir o uso do bem ambiental, pode levar à uma exploração exagerada e não sustentável do mesmo. A solução do problema é a instituição de direitos de propriedade, sobre os quais um particular poderá controlar o seu uso.

<sup>2</sup> Ortiz e Ferreira (2004) conceituam “externalidade” como o subproduto gerado a partir de uma atividade econômica de indivíduos ou organizações, o qual afeta o bem-estar ou as possibilidades produtivas de outros agentes econômicos, tanto positivamente quanto negativamente, sem a devida compensação.

ambiental, bem como a promoção da transição de um sistema econômico tradicional linear para um sistema econômico circular.

Ainda, segundo os autores da revisão, a Teoria Geral dos Sistemas, desenvolvida por Von Bertalanffy (1950 *apud* Ghisellini et al., 2014), também influenciou a Economia Circular, contribuindo com importantes premissas tais como o pensamento sistêmico, a complexidade, o aprendizado organizacional e o desenvolvimento de recursos humanos. Segundo László (1972 *apud* Ghisellini et al., 2014) a relação entre as organizações e seus ambientes pode ser vista como principal fonte de complexidade e interdependência e muitas vezes o todo tem propriedades que não podem ser conhecidas pela análise dos constituintes isoladamente. Neste sentido, os trabalhos de Delli Gatti e Gallegati (2001 *apud* Ghisellini et al., 2014) concluíram que o comportamento de um agente ou organização econômica deve ser investigado dentro dos sistemas de relações econômicas de outros agentes da economia.

Adicionalmente, Ghisellini et al. (2014) identificou a Ecologia Industrial como fonte de premissas da Economia Circular, sobretudo no que diz respeito à forma de abordagem a qual analisa o sistema industrial e seu ambiente como um ecossistema, caracterizado, segundo Erkman (1997 *apud* Ghisellini et al., 2014) por fluxos de material, energia e informação, bem como pelo fornecimento de recursos e serviços da biosfera.

De acordo com Chiu e Geng (2004 *apud* Ghisellini et al., 2014) a Ecologia Industrial se apoia sobre três pilares, quais sejam, (i) o objetivo de captar informações sobre como o sistema industrial funciona, como ele é regulado e sua interação com a biosfera; (ii) como se processa o seu metabolismo industrial; e (iii) a proposição de soluções para que as empresas melhorem seus desempenhos ou, alternativamente, a proposição de políticas para um desenvolvimento mais sustentável. Quanto ao aspecto da melhoria do desempenho, Frosh (1992 *apud* Ghisellini et al., 2014) observa que o papel central diz respeito à gestão adequada dos resíduos e a sua integração na

rede de produção industrial tanto como fonte de matéria e energia, além da conservação dos recursos naturais.

### **2.2.2. Princípios e limites**

Quanto aos princípios da Economia Circular, Ghisellini et al. (2014) afirma que surgem principalmente na literatura através de três principais ações, conhecidas como “Princípios do 3R”, quais sejam, (i) redução; (ii) reutilização; e (iii) reciclagem.

O princípio de redução destina-se a minimizar a entrada de energia primária, matérias-primas e dos resíduos por meio da melhoria da eficiência na produção e processos de consumo como, por exemplo, apresentação de melhores tecnologias, ou produtos mais compactos e leves, embalagens simplificadas, aparelhos domésticos mais eficientes, um estilo de vida mais simples, etc. (Feng e Yan, de 2007; Su et al., 2013).

Ghisellini et al. (2014) cita a Diretiva 2008/98/CE da União Europeia que define o princípio de reutilização como qualquer operação através da qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos. Segundo Castellani et al. (2015 *apud* Ghisellini et al., 2014) a reutilização de produtos é muito atraente em termos de benefícios ambientais, pois requer menos recursos, menos energia e menos trabalho, em comparação com a fabricação de novos produtos.

A autora também cita a Diretiva 2008/98/CE que define o princípio da reciclagem como qualquer operação de recuperação através da qual os resíduos são novamente transformados em produtos, materiais ou substâncias para fins originais ou outros. Inclui o reprocessamento de material orgânico, mas não inclui a recuperação de energia nem o reprocessamento de materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de preenchimento.



### **2.2.3. Implantação**

Autores como Ghisellini et al. (2014), Heshmati (2016) e Winans et al. (2017) analisaram como a Economia Circular foi implantada em países como China, Japão, Coreia do Sul, Austrália, Nova Zelândia, Índia, Canadá Estados Unidos, países da União Europeia entre outros. As informações foram sistematizadas nos seguintes eixos: (i) as abordagens e os instrumentos de política; (ii) as cadeias de valor, os fluxos de materiais e as especificidades de aplicação dos produtos; e (iii) as inovações tecnológicas, organizacionais e sociais (Winans et al., 2017).

Quanto às abordagens, Ghisellini et al. (2014) evidenciou a natureza descendente (“top-down”) do processo de implantação da Economia Circular pelo governo chinês, constituindo-se como uma estratégia política a nível nacional. Por outro lado, o Japão e a União Europeia experimentaram a abordagem ascendente (“bottom-up”), caracterizada pela implantação a partir de iniciativas de organizações ambientais e da sociedade civil, que demandaram produtos mais ecológicos e legislação adequada, envolvendo as empresas privadas e as autoridades públicas em um ciclo virtuoso.

Quanto aos instrumentos de política, conceituados por Winans et al. (2017) como os instrumentos regulatórios e econômicos implantados para conseguir um efeito que não ocorreria na ausência de intervenção governamental, podem ser agregados nos níveis de implantação micro, meso e macro.

De acordo com Ghisellini et al. (2014), no nível micro, a implantação da Economia Circular ocorre tanto nos setores de produção, por meio da adoção da concepção ecológica do produto e de processos produtivos mais limpos, quanto nos setores de consumo, por meio da adoção de contratos públicos ecológicos e de incentivos ao consumo responsável. Neste nível, também são adotados os instrumentos de gestão de resíduos,

com o objetivo de recuperar os recursos e de prevenir o impacto ambiental da disposição dos mesmos em aterros.

No nível meso, as ações de Economia Circular referem-se apenas quanto aos aspectos produtivos, envolvendo distritos e redes de simbiose industrial, bem como o desenvolvimento de parques industriais ecológicos (Chertow, 2000 *apud* Ghisellini et al., 2014). Nestes arranjos, indústrias que tradicionalmente funcionam como entidades separadas, tornam-se envolvidas em complexas interconexões de troca de recursos (materiais, água, energia e subprodutos), a chamada “simbiose industrial”, com o objetivo de alcançar benefícios econômicos e ambientais (Chertow, 2000 *apud* Ghisellini et al., 2014).

Adicionalmente, ressalta-se que os processos produtivos de mineração foram analisados por outros estudos, à luz do enfoque de implantação da Economia Circular em nível meso por meio da adoção de redes de simbiose industrial, os quais serão apresentados posteriormente neste trabalho.

No nível macro, Ghisellini et al. (2014) destaca que o desenvolvimento da economia circular em cidades, províncias ou regiões envolve a integração e o redesenho de quatro sistemas: o sistema industrial, o sistema de infraestrutura e logística, o quadro cultural e o sistema social. Neste sentido, constata-se a importância dos trabalhos de estruturação de cidades ecológicas, de modelos de consumo colaborativo e de programas governamentais de redução de geração de resíduos.

### **2.3. Mineração e Economia Circular**

Em que pese as bases da Economia Circular estejam assentadas no esforço para a redução da utilização de recursos ambientais, com o objetivo de desassociar o crescimento econômico ao esgotamento dos referidos recursos, estudos apontam para a viabilidade de aproveitamento

de resíduos da mineração, tal como apontado por Beers (2007), Lébrie et al. (2015) e Balanay et al. (2016).

Beers (2007) analisou o caso de duas importantes regiões industriais da Austrália, Kwinana e Gladstone, nas quais foram implantadas iniciativas de Economia Circular com abordagem ascendente e em nível meso. O trabalho do referido autor enfatizou a análise das sinergias regionais existentes nos subprodutos das indústrias e nas instalações de utilidades industriais, tais como sistemas de abastecimento de água, fornecimento de energia e descarte de efluentes.

Segundo o autor, em 1991, as principais indústrias de Kwinana estabeleceram um conselho com o propósito de organizar o monitoramento coletivo da qualidade do ar e das águas na área industrial e o entorno, em resposta ao aumento da pressão do governo e da comunidade para mitigar os impactos nas bacias hidrográficas e no meio marinho próximo ao porto.

Em 2001, com base no desejo das indústrias e do governo local de entender e documentar as contribuições econômicas e sociais da área industrial, o referido conselho elaborou estudos de impacto económico regional, que incluíram uma análise dos principais fluxos de materiais e de energia dentro da área e também avaliou o nível de integração industrial.

Beers (2007) concluiu que as principais oportunidades de sinergias regionais se concentram em três grandes áreas: eficiência no uso da água e da energia, bem como as respectivas possibilidades de intercâmbio, além da reutilização de subprodutos inorgânicos industriais. O autor destaca que a maioria das indústrias reconhece que a viabilidade dos negócios baseados em sinergias não depende exclusivamente dos benefícios financeiros, mas também são afetados por outros aspectos de sustentabilidade, tais como gestão de risco, o acesso contínuo aos recursos vitais, legislação ambiental e relações com a comunidade.

Em outro estudo elaborado por Balanay (2016), a autora recomenda a adoção de um modelo baseado na experiência chinesa na implantação de parques industriais ecológicos, que contemple a avaliação do ciclo de vida dos produtos minerais, dos respectivos impactos ao meio ambiente e à sociedade, inclusive o custeio do ciclo de vida do produto.

Para o caso específico do aproveitamento dos resíduos do beneficiamento mineral, Lébrea et al. (2015) propôs uma adaptação a pirâmide que representa a hierarquia de gestão de resíduos tradicional, criando uma nova hierarquia de gestão de resíduos da mineração, como ilustrado abaixo.

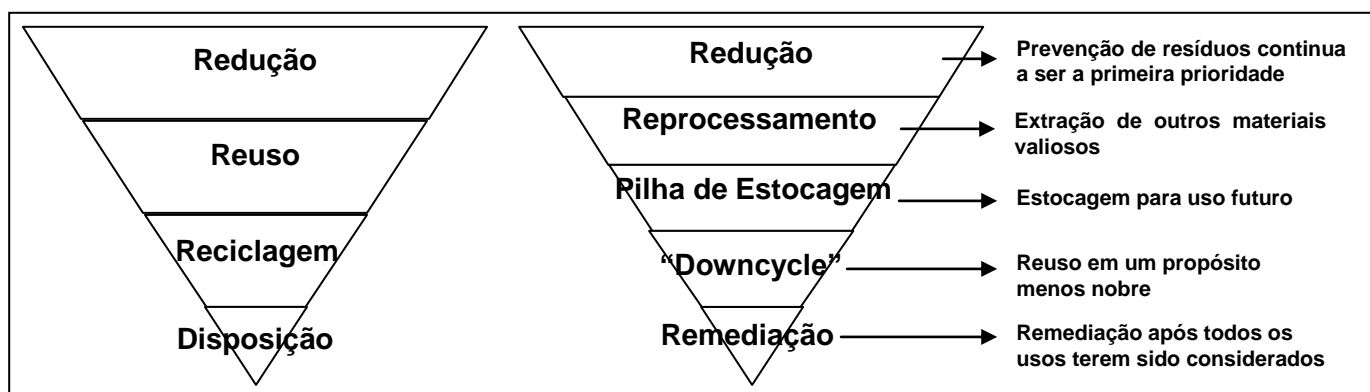


Figura 3 - Hierarquia de Gestão de Resíduos Tradicional, à esquerda; nova hierarquia para gestão de resíduos de mineração, à direita.

### 3 Metodologia

No presente estudo, optou-se pela realização de uma pesquisa exploratória, conforme o proposto por Gil (2002), a qual tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Neste sentido, busca-se identificar os fatores que contribuem para adoção dos princípios da Economia Circular no setor de mineração de países que implantaram ou estão em processo de implantação destes princípios.

Buscou-se também identificar se os mesmos fatores estão presentes no Brasil, considerando ao menos os níveis de governo nacional e estadual.

Quanto ao procedimento adotado, foi realizada uma vasta pesquisa documental com consulta às bases de informações de países que implantaram os princípios da Economia Circular, bem como às bases de informações legislativas do Congresso Nacional e nas Assembleias Legislativas dos Estados brasileiros.

A pesquisa possui limitações de ordem prática, principalmente devido a forma de acesso às bases de informações, o que foi realizado por meio de pesquisas nos sítios eletrônicos disponíveis na rede mundial de computadores – Internet. Além disso, não foram pesquisadas informações sobre os Municípios brasileiros, em que pese possuírem competência legislativa para disciplinar aspectos relacionados ao Meio Ambiente, pois não seria possível a realização de uma pesquisa exaustiva às bases de informações legislativas municipais.

## **4 Resultados**

### **4.1. Economia Circular no Mundo**

Órgãos internacionais, tais como o Banco Mundial, o Programa para as Nações Unidas – PNUMA para o Meio Ambiente e a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, publicaram estudos sobre o processo de implantação da Economia Circular em diversos países. Destacam-se o estudo do Banco Mundial intitulado “Legislação da Economia Circular – A Experiência Internacional”, o estudo do PNUMA intitulado “Compêndio de Leis Inovativas do PNUMA” e o relatório da Conferência Ministerial do G8, realizada em 2005, intitulado “Produtividade dos Recursos no G8 e na OCDE”.

No estudo “Legislação da Economia Circular – A Experiência Internacional”, os autores realizaram o levantamento da legislação de países que executaram políticas alinhadas aos princípios da Economia Circular, tais como, Japão, União Europeia e Estados Unidos.

Já no estudo “Compêndio de Leis Inovativas do PNUMA”, os autores expõem um panorama mais amplo das legislações ambientais de diversos países, com destaque para a China que, em 2008, promulgou a Lei de Promoção da Economia Circular.

Quanto ao relatório “Produtividade dos Recursos no G8 e na OCDE”, constata-se que o mesmo procurou consolidar as informações e propostas apresentadas na Conferência Ministerial a qual teve como objetivo promover a discussão sobre como implantar os princípios da Economia Circular nos países integrantes da OCDE (OCDE, 2008).

Além das iniciativas citadas anteriormente, destaca-se a atuação da Fundação Ellen MacArthur que se dedica a ações com o objetivo de acelerar a transição da Economia Tradicional “linear” para a Economia Circular.

#### **4.1.1. Japão**

Entre as iniciativas legislativas, destacam-se: (i) "Lei para a Promoção da Utilização Eficaz de Recicláveis"; (ii) "Lei Ambiental Básica" de 1993; (iii) "Lei de Promoção da Cobrança Ordenada e Reciclagem de Contentores e Embalagens" de 1995; (iv) "Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos" de 1998; (v) "Lei de Reciclagem de Alimentos" de 2000; (vi) "Lei de Reciclagem de Materiais de Construção" de 2000; (vii) "Lei de Compras Verdes" de 2000; (viii) "Lei de Veículos em fim de vida" de 2002 (Davis e Hall, 2006).

Avalia-se que o Japão seja um terreno fértil para o contínuo desenvolvimento da Economia Circular, tanto pelas próprias características geográficas e culturais, quanto pelo o atual quadro normativo que abrange diferentes setores da economia daquele país.

Quanto à existência de instrumentos que regulamentem a disposição de resíduos de mineração, utilizando os princípios da Economia Circular, o presente trabalho não identificou nenhuma iniciativa específica quanto a este assunto. Provavelmente, este quadro reflita a reduzida importância do setor mineração na produção de resíduos neste país.

#### **4.1.2. União Europeia**

Em julho de 2014, a Comissão Europeia emitiu uma comunicação em apoio à adoção de princípios de economia circular para atingir os objetivos de crescimento sustentável da estratégia de crescimento da União Europeia – Europa 2020. A comunicação defende a transição de modelos de produção e consumo linear baseados em resíduos para modelos mais cíclicos, que reduzem ou eliminam o desperdício.

A Direção-Geral de Meio Ambiente da Comissão Europeia, órgão que propõe e executa políticas de proteção ambiental, tem liderado o processo de implantação do Plano de Ação para a Economia Circular na Europa. O referido plano de ação, apresentado pela Comissão Europeia ao Parlamento Europeu em 2015, contempla uma série de iniciativas que abrangem toda a cadeia de valor, desde a produção até o consumo, gerenciamento de resíduos e uso de matérias-primas secundárias.

Dentre as iniciativas do referido plano de ação, destacam-se: (i) Proposta legislativa sobre vendas on-line de bens; (ii) Proposta legislativa sobre fertilizantes; (iii) Lançamento das Ofertas de Inovação; (iv) Ecodesign; (v) Desperdício de alimentos; (vi) Conversão de resíduos em energia; (vii) Proposta de alteração da diretiva relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos; (viii) Plataforma para apoiar o financiamento da Economia Circular (UE, 2017).

Quanto à existência de instrumentos que regulamentem a disposição de resíduos de mineração, utilizando os princípios da Economia Circular, o presente trabalho não identificou nenhuma iniciativa específica quanto a este assunto.

#### **4.1.3. Estados Unidos**

Os Estados Unidos tem adotado iniciativas tímidas no sentido de fomentar a implantação da Economia Circular como um novo paradigma de desenvolvimento econômico. Esta posição pode ser evidenciada em uma breve análise do arcabouço regulatório da Agência Americana de Proteção do Meio Ambiente – EPA.

A EPA regula os resíduos domésticos, industriais e perigosos sob a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (RCRA). A agência também possui autoridade para revisar e aprovar planos de gerenciamento de



resíduos estaduais, o que tem incentivado indiretamente a adoção dos princípios da Economia Circular pelos Estados (Davis e Hall, 2006).

Como resultado da implantação dos planos estaduais de gerenciamento de resíduos incentivados pelo órgão federal, a maioria dos estados está experimentando programas destinados a reduzir e reciclar resíduos sólidos. Verifica-se que o tipo de programa mais onipresente é o de coleta seletiva, o qual geralmente tem dois componentes: um sistema de preços unitários (como o sistema de pagamento aos coletores, promovido pelo governo federal), para o descarte de resíduos e um sistema de reciclagem que permite itens separados como garrafas, latas e papel a serem descartado sem custos aos coletores. A retirada de lixo é paga pelos clientes domésticos que compram os sacos de descarte ou algum outro mecanismo. Os materiais reciclados são recolhidos por coletores contratados pelos municípios (Davis e Hall, 2006).

Quanto à existência de instrumentos que regulamentem a disposição de resíduos de mineração, utilizando os princípios da Economia Circular, o presente trabalho não identificou nenhuma iniciativa específica quanto a este assunto.

#### **4.1.4. China**

Em 2008, o governo chinês publicou a Lei de Promoção da Economia Circular, a qual declara que os objetivos deste instrumento são facilitar a economia circular, aumentar a taxa de utilização dos recursos, proteger e melhorar o meio ambiente propiciar o desenvolvimento econômico sustentável (PNUMA, 2008).

Além disso, a referida lei explicita que a promoção da economia circular é uma estratégia importante para o desenvolvimento econômico e social nacional e deve ser adotada em um planejamento abrangente, disposição razoável, tomando medidas de acordo com as condições locais, ênfase nos

efeitos reais, promoção do governo, orientação do mercado, implantação da empresa e participação do poder público.

Quanto aos aspectos institucionais, a lei ressalta que todos os níveis da administração são responsáveis pela promoção da economia circular, e as políticas industriais formuladas pelo Estado devem atender aos requisitos para promover a economia circular.

Cabe às empresas e as instituições estabelecerem um sistema de gerenciamento sólido e tomar medidas para reduzir o consumo de recursos e a geração e descarga de resíduos e melhorar seu nível de reciclagem e recuperação de recursos.

A lei também declara que os cidadãos devem ter uma melhor sensação de economia de recursos e proteção ambiental, consumir razoavelmente e economizar recursos. O Estado deverá encorajar e orientar os cidadãos a usar produtos e a reciclar produtos oferecidos por economias de energia, poupança de água, economia de material e proteção ambiental, e reduzir a geração e descarga de resíduos.

Ainda, o Estado deverá encorajar e apoiar as associações comerciais a exercer funções como orientação técnica e serviços na promoção da economia circular e instituições intermediárias, academias e outras organizações sociais para realizar serviços de publicidade, promoção técnica e consultoria sobre economia circular, de modo a facilitar a implantação da mesma.

São elementos do sistema administrativo o plano de desenvolvimento da economia circular nacional aprovado pelo Conselho de Estado, incluindo objetivos, escopos aplicáveis, principais conteúdos, principais tarefas e medidas de salvaguarda, bem como índices para as taxas de produção de recursos, reciclagem e recuperação de recursos.

A lei dispõe que a empresa que produz produtos ou materiais de embalagem no âmbito do catálogo de recuperação obrigatória deve recuperar os seus resíduos ou materiais de embalagem, reciclar esses artigos de resíduos, se possível, ou fazer eliminações de biossegurança se esses artigos de resíduos não puderem ser reutilizados por causa econômica ou restrições técnicas.

A lei ainda prevê que o Estado deve estabelecer um sólido sistema de estatísticas de Economia Circular, fortalecer a administração estatística do consumo de recursos, a utilização abrangente e a geração de resíduos e divulgar regularmente indicadores estatísticos importantes ao público.

Também está previsto que qualquer entidade ou indivíduo que se envolva no projeto de processo, produto de equipamento e material de embalagem deve, de acordo com os requisitos para reduzir o consumo de recursos e a geração de resíduos, fazer uma escolha prévia de materiais que sejam fáceis de recuperar, desmontar e degradar, e que não sejam tóxicos.

A lei contém disposições específicas sobre produtos elétricos e eletrônicos, substâncias tóxicas e nocivas, padrão de embalagem do produto para evitar desperdícios de recursos a poluição do meio ambiente ente devido à sobra de embalagem, gerenciamento de economia de água, exploração de recursos minerais, projetos de arquitetura e construção, agricultura, bem como a reciclagem e a recuperação de recursos.

Quanto aos instrumentos econômicos de promoção da Economia Circular, é garantido o compartilhamento de preferências fiscais de acordo com as disposições legais, às empresas que usam ou produzam qualquer tecnologia, processo, equipamento ou produto sob o catálogo em que a produção limpa e a utilização abrangente de recursos são encorajadas pelo Estado.

Quanto aos aspectos específicos aplicáveis ao setor mineral, a lei dispõe que qualquer entidade que explora recursos minerais deve fazer um plano

abrangente, estabelecer um esquema razoável de desenvolvimento e uso, e ter uma sequência apropriada de exploração, métodos e processos de beneficiamento mineral. As agências emissoras de licenças de exploração devem verificar os indicadores relativos à taxa de recuperação da mineração, à taxa de diluição, à recuperação do beneficiamento mineral, à taxa de recuperação da água da mina, bem como da taxa de recuperação das áreas degradadas, declarados no plano de desenvolvimento e uso apresentado pelo requerente. Para aqueles que não são qualificados, a agência não deve ampliar a licença de exploração. As agências emissoras de licenças de exploração devem fortalecer a administração e supervisão sobre a exploração de recursos minerais por lei.

As empresas de mineração devem, ao explorar as principais espécies minerais, realizar uma exploração abrangente e uma utilização adequada dos minerais associados comercialmente valiosos. Em relação aos minerais que devem ser explorados ao mesmo tempo, porém não podem ser aproveitados concomitantemente, as empresas devem tomar medidas de proteção para evitar o desperdício de recursos e a destruição ecológica.

Ressalta-se que, quando qualquer empresa de mineração viola as disposições contidas na lei quanto ao não cumprimento dos indicadores relativos à taxa de recuperação mineira, taxa de diluição, recuperação de minério, taxa de utilização do ciclo da água e da taxa de recuperação de mina, o departamento de geologia e recursos minerais deve ordená-lo a fazer correções dentro de um prazo e impor uma multa de RMB 50.000,00 (equivalente a US\$ 7.000,00) até RMB 500.000,00 (equivalente a US\$ 70.000,00). Se a empresa não fizer qualquer correção dentro do prazo, a agência emissora da licença de exploração deve revogar sua licença de exploração por lei.

## **4.2. Identificação de condições de implantação da Economia Circular no Brasil**

Tal como nos demais países analisados, o presente trabalho pretende identificar as condições de implantação da Economia Circular no Brasil, principalmente no que tange a instituição dos instrumentos de política, regulatórios ou econômicos. Ressalta-se que, nessa etapa do trabalho, foi enfatizada a aplicação dos princípios da Economia Circular no setor de mineração.

### **4.2.1. Governo Federal**

Inicialmente, é importante destacar que a Constituição Federal dispõe que a gestão dos resíduos sólidos se insere no âmbito da competência concorrente entre os entes federados, ou seja, a União deverá dispor quanto às normas gerais que uniformizem a política de resíduos no território nacional, deixando aos Estados que complementem a norma federal.

Neste sentido, o poder executivo federal sancionou a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a qual instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. A referida lei dispõe quanto: (i) princípios e objetivos; (ii) instrumentos; (iii) diretrizes; (iv) planos de resíduos sólidos; (v) responsabilidades dos geradores e do poder público; (vi) instrumentos econômicos; e (vii) proibições.

Quanto aos princípios e objetivos, destacam-se aqueles que se alinham aos princípios da Economia Circular, tais como: (i) não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; (ii) incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; (iii) gestão integrada de resíduos sólidos; (iv) prioridade, nas aquisições e contratações governamentais; (v) estímulo à implementação da avaliação

do ciclo de vida do produto; (vi) estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

Em que pese o alinhamento dos princípios da PNRS aos da Economia Circular, observa-se que a implantação da referida política não é ainda uma prioridade para o Estado brasileiro. A maior evidência encontra-se nas reiteradas prorrogações dos prazos para que os entes federados implantem a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos. A proposta legislativa que está sendo discutida no Congresso Nacional, prevê a alteração do prazo, que foi inicialmente estabelecido de até 4 (quatro) anos após a data de publicação da referida lei, para até 5 (cinco) anos após a publicação da nova lei, ou seja, 12 (doze) anos após a publicação da lei inicial.

Quanto aos instrumentos da PNRS, também se destacam aqueles que se alinham aos princípios da Economia Circular, tais como: (i) os planos de resíduos sólidos; (ii) os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos; (iii) a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; (iv) os incentivos fiscais, financeiros e creditícios; (v) o Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; (vi) o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir); e (vii) os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente.

Avalia-se que a maior parte dos instrumentos da política tenha sido parcialmente implantada. Neste sentido, no que coube ao governo federal, destaca-se a implantação e manutenção do Sinir pelo Ministério do Meio Ambiente, que disponibiliza as informações relativas à implantação dos demais instrumentos.

Quanto aos planos de resíduos sólidos, a legislação prevê a elaboração dos seguintes planos, sob pena de restrição do acesso às fontes oficiais de financiamento: (i) o Plano Nacional de Resíduos Sólidos; (ii) os planos

estaduais de resíduos sólidos; (iii) os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; (iv) os planos intermunicipais de resíduos sólidos; (v) os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos; e (vi) os planos de gerenciamento de resíduos sólidos a serem elaborados pelos geradores privados de grande porte.

Convém ressaltar que o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2012, contemplou a elaboração do diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no Brasil, a construção dos cenários futuros, as diretrizes e estratégias, os conjuntos de metas, programas e ações. Ressalta-se que o setor mineral foi contemplado no referido plano, separadamente dos demais setores industriais.

No diagnóstico levantado em 2012, foram consideradas as informações disponíveis até 2005. Observa-se que a quantificação do volume de resíduos sólidos gerados pela atividade de mineração é difícil devido à diversidade de tecnologias utilizadas nos processos de extração e beneficiamento das cerca de 80 substâncias minerais produzidas no país. Além disso, não existe um controle sistemático e em escala nacional sobre a quantidade de estéreis gerados. Porém, sabe-se que estes constituem, no estado Minas Gerais, entre 70% e 80% da massa de resíduos sólidos gerada pela atividade de mineração. Por outro lado, foi possível estimar a quantidade de rejeitos, conforme os dados da Tabela 1, elaborada por Silva et al. (2012).

Tabela 1 - Quantidade total de rejeitos gerados e contribuição percentual média de cada substância no decênio 1996-2005 e no período de 2010-30.

Substância	Quantidade total de resíduos (1.000 t)		Contribuição % média de cada minério no total de resíduos	
	1996-2005	2010-2030	1996-2005	2010-2030
Ferro	765.977	4.721.301	35,08	41,38
Ouro	295.295	1.111.320	13,82	9,74
Titânio	276.224	1.018.668	12,55	8,93
Fosfato/Rocha Fosfática	244.456	1.128.198	11,33	9,89
Estanho	149.369	357.952	6,79	3,14
Zircônio	116.236	490.183	5,39	4,3
Calcário	89.398	341.045	4,29	2,99
Alumínio (Bauxita)	69.783	493.925	3,16	4,33
Cobre	53.498	819.636	2,25	7,18
Nióbio	35.690	119.372	1,53	1,05
Níquel	35.076	637.380	1,61	5,59
Caulim	24.346	90.729	1,09	0,8
Manganês	12.064	36.071	0,54	0,32
Zinco	12.562	44.097	0,57	0,39
Total	2.179.975	11.409.877	100	100

Fonte: Silva et al. (2012)

O referido plano estabeleceu as seguintes diretrizes e estratégias para os resíduos da mineração:

- Diretriz 1: Compatibilizar os Planos Nacionais de Resíduos Sólidos e de Mineração 2030.
  - Estratégia 1: Promover, até 2014, a integração de planejamento e procedimento entre os órgãos de licenciamento ambiental e os órgãos gestores dos recursos minerais, através de atos Normativos oriundos dos Órgãos públicos envolvidos.
  - Estratégia 2: Estabelecer, a cada 6 anos, cenários de tipologias de atividades minerárias e a geração e destinação adequada de resíduos gerados na mineração, com base no Plano Nacional de Mineração 2030;



- Estratégia 3: Promover o levantamento de dados dos resíduos sólidos gerados pela atividade minerária e sua destinação adequada.
- Diretriz 02: Desenvolver tecnologias para aproveitamento de resíduos da mineração.
  - Estratégia 1: Fomentar linhas para apoiar projetos de P&D relacionados com o aproveitamento de resíduos da mineração.
  - Estratégia 2: Fomentar linhas de apoio a Projetos em desenvolvimento de arranjos locais que visem o aproveitamento dos resíduos da mineração.

Às diretrizes e estratégias estão associadas as seguintes metas:

- Meta 1: Levantamento de dados dos resíduos gerados pela atividade mineral no território nacional (%);
- Meta 2: Destinação Ambientalmente Adequada de Resíduos de Mineração (% peso);
- Meta 3: Implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos de Mineração – PGRMs (%).

Quanto a Meta 3, observa-se que os empreendimentos minerários deveriam ter seus respectivos PGRMs até 2014, cujos prazos seriam definidos entre o órgão licenciador e a empresa responsável.

No que toca à avaliação do cumprimento das diretrizes, estratégias e metas estabelecidas para o setor de mineração, verifica-se que o governo federal ainda não disponibilizou as informações oficiais, mas, no entanto, comunicou que o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos iniciou o processo de revisão do plano em janeiro de 2017.

A lei de resíduos sólidos ainda prevê a possibilidade do poder público instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas de: (i) prevenção e redução da geração de resíduos sólidos no processo produtivo; (ii) desenvolvimento de produtos com menores impactos ambientais em seu ciclo de vida; (iii) implantação

de infraestrutura física para cooperativas de catadores de materiais recicláveis; (iv) desenvolvimento de projetos de gestão dos resíduos sólidos de caráter intermunicipal ou regional; (v) estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa; (vi) descontaminação de áreas contaminadas, incluindo as áreas órfãs; (vii) desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos sólidos; e (viii) desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial.

#### **4.2.2. Governos Estaduais**

Conforme o que foi apresentado anteriormente, os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos – PERS se constituem como instrumentos da PNRS, os quais devem ser publicados pelos respectivos Estados, sob pena de não conseguirem obter recursos para a implantação das ações voltadas à gestão dos resíduos sólidos sob sua responsabilidade.

A Tabela 2 apresenta a relação atualizada de instrumentos de política de resíduos sólidos nos Estados brasileiros. Nota-se que, mesmo com o incentivo do financiamento das ações com recursos do governo federal, alguns Estados ainda não dispõem de tais instrumentos. Dos 26 Estados brasileiros, 12 ainda não concluíram os respectivos PERS.

Tabela 2 – Relação de instrumentos de política de resíduos sólidos nos Estados brasileiros.

Estado	Política Estadual de Resíduos Sólidos	Plano Estadual de Resíduos Sólidos	Ano de Publicação
Acre	Não disponível	Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	2012
Alagoas	Lei nº 7.749/2015	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas	2016
Amapá	Não disponível	Em elaboração	
Amazonas	Lei nº 4.457/2017	Em elaboração	
Bahia	Lei nº 12.932/2014	Em elaboração	
Ceará	Lei nº 16.032/2016	Plano Estadual de Resíduos Sólidos – PERS	2015
Espírito Santo	Lei nº 9.264/2009	Em elaboração	
Goiás	Lei nº 14.248/2002	Plano Estadual de Resíduos Sólidos – PERS	2015
Maranhão	Não disponível	Plano Estadual de Gestão dos Resíduos Sólidos	2012
Mato Grosso	Lei nº 7.862/2002	Em elaboração	
Mato Grosso do Sul	Lei nº 2.080/2000	Em elaboração	
Minas Gerais	Lei nº 18.031/2009	Em elaboração	
Pará	Lei nº 7.731/2013	Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará	2014
Paraíba	Não disponível	Em elaboração	
Paraná	Lei nº 12493/1999	Plano de Gestão Integrada e Associada de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado do Paraná (PEGIRSU - PR)	2013
Pernambuco	Lei nº 14.236/2010	Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS	2012
Piauí	Não disponível	Em elaboração	
Rio de Janeiro	Lei nº 4.191/2003	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Rio de Janeiro – PERS/RJ	2013
Rio Grande do Norte	Não disponível	Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PEGIRS/RN	2012
Rio Grande do Sul	Lei nº 14.528/2014	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul	2015
Rondônia	Não disponível	Em elaboração	
Roraima	Lei nº 416/2004	Em elaboração	
Santa Catarina	Lei nº 13.557/2005	Plano Diretor para a Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado de Santa Catarina	2014
Sergipe	Lei nº 5.857/2006	Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe (PERS-SE)	2014
São Paulo	Lei nº 12.300/2006	Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo	2014
Tocantins	Não disponível	Em elaboração	

Fonte: Elaboração própria, a partir de consultas às Assembleias Legislativas Estaduais e às Secretarias Estaduais de Meio Ambiente.

## 5 Conclusão

A exploração econômica de recursos minerais no Brasil ocorre em um ambiente institucional caracterizado por inúmeros instrumentos de política ambiental, nos diferentes níveis de governo, porém pouco eficazes para reduzir os riscos ambientais associados à atividade. O acidente da barragem de rejeitos ocorrido em Mariana evidencia esta ineficácia e demonstrou que o país não conta com um conjunto de estímulos e desestímulos que podem evitar um novo acidente.

O caso de Mariana não foi o primeiro e provavelmente não será o último, enquanto persistir o atual quadro de repulsa à intervenção estatal na economia e desregulamentação do sistema de política ambiental no país. No caso da mineração, setor que regula o acesso dos agentes por meio de autorizações e concessões, torna-se necessário que o marco regulatório vigente evolua no sentido de se alcançar o mesmo nível dos melhores modelos regulatórios do Mundo.

Os resultados do presente estudo apontam que o atual quadro de instrumentos de política ambiental disponíveis para a gestão de resíduos da mineração não estimula a adoção voluntária dos princípios da Economia Circular pelas empresas de mineração que atualmente fazem uso de barragens de rejeito como destinação final destes resíduos. Os estudos que apresentaram as experiências da implantação dos princípios da Economia Circular em países como a China e integrantes da União Europeia demonstraram que é possível reduzir o estoque de resíduos de mineração.

Neste sentido, recomenda-se que a discussão do novo marco regulatório da mineração considere a incorporação de novos instrumentos de gestão dos resíduos produzidos nas concessões minerárias.

## 6 Referências Bibliográficas

BALANAY, Raquel; HALOG, Anthony. **Charting Policy Directions for Mining's Sustainability with Circular Economy**. Recycling, v. 1, n. 2, p. 219-230, 2016.

BEERS, Dick et al. **Industrial symbiosis in the Australian minerals industry: the cases of Kwinana and Gladstone**. Journal of Industrial Ecology, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2007.

BRASIL, 1967. **Decreto-Lei 227 de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas)**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0227compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227compilado.htm)>. Acesso em: 30/03/2017.

BRASIL, 1968. **Decreto 62.934 de 1968. Aprova o Regulamento do Código de Mineração**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1950-1969/D62934.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D62934.htm)>. Acesso em: 30/03/2017.

BRASIL, 1981. **Lei 6.938 de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 30/03/2017.

BRASIL, 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 30/03/2017.

BRASIL, 1990. **Decreto 99.274 de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/antigos/d99274.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm)>. Acesso em: 30/03/2017.

BOUZON, Marina; GOVINDAN, Kannan; RODRIGUEZ, Carlos Manuel Taboada. **Reducing the extraction of minerals: Reverse logistics in the machinery manufacturing industry sector in Brazil using ISM approach.** Resources Policy, v. 46, p. 27-36, 2015.

ENRIQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. **Economia dos recursos naturais.** Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 49-78, 2010.

ENRIQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. **Eqüidade intergeracional na partilha dos benefícios dos recursos minerais: a alternativa dos Fundos de Mineração.** Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica, v. 5, p. 61-73, 2006.

FRANKS, Daniel M. et al. **Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes.** Resources policy, v. 36, n. 2, p. 114-122, 2011.

FREIRE, William. **Regime jurídico dos recursos minerais no direito brasileiro: regime constitucional brasileiro e aproveitamento das riquezas minerais.** Revista Jurídica da Presidência, v. 9, n. 84, p. 16-41, 2007.

GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. **A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of**

**environmental and economic systems.** Journal of Cleaner Production, v. 114, p. 11-32, 2016.

GIURCO, Damien et al. **Circular economy: questions for responsible minerals, additive manufacturing and recycling of metals.** Resources, v. 3, n. 2, p. 432-453, 2014.

GUMLEY, Wayne. **An analysis of regulatory strategies for recycling and re-use of metals in Australia.** Resources, v. 3, n. 2, p. 395-415, 2014.

HESHMATI, Almas. **A Review of the Circular Economy and its Implementation.** Institute of Labor Economic, 2016. Disponível em <http://ftp.iza.org/dp9611.pdf> . Acesso em 30/03/2017.

JIAO, Wenting; BOONS, Frank. **Policy durability of Circular Economy in China: A process analysis of policy translation.** Resources, Conservation and Recycling, v. 117, p. 12-24, 2017.

JOHANSSON, Nils; KROOK, Joakim; EKLUND, Mats. **Institutional conditions for Swedish metal production: A comparison of subsidies to metal mining and metal recycling.** Resources Policy, v. 41, p. 72-82, 2014.

KARACHALIOU, Theodora et al. **Using Risk Assessment and Management Approaches to Develop Cost-Effective and Sustainable Mine Waste Management Strategies.** Recycling, v. 1, n. 3, p. 328-342, 2016.

LÈBRE, Éléonore; CORDER, Glen. **Integrating industrial ecology thinking into the management of mining waste.** Resources, v. 4, n. 4, p. 765-786, 2015.

LUZ, Adao Benvindo da; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. **Tratamento de minérios.** 2010.

DAVIS, G. G.; HALL, J. A. **Circular Economy Legislation: the international experience**. Banco Mundial, 2006.

OCDE, 2008. **Resource Productivity in the G8 and the OECD**. Relatórios da OCDE. Disponível em <http://www.oecd.org/env/waste/47944428.pdf>. Acesso em 30/03/2017.

ORTIZ, Ramon Arigoni; FERREIRA, Sandro de Freitas. **O papel do governo na preservação do meio ambiente**. Economia do Setor Público. São Paulo: Editora da Fundação Getúlio Vargas, p. 34-46, 2004.

PNUMA, 2008. **UNEP's Compendium of Innovative Laws**. Disponível em <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9947/compendium-innovative-laws-promoting-green-economy.pdf> . Acesso em: 30/03/2017

SCHOENBERGER, Erica. **Environmentally sustainable mining: The case of tailings storage facilities**. Resources Policy, v. 49, p. 119-128, 2016.

SILVA, Ana Paula Moreira da; VIANA, João Paulo; CAVALCANTE, André Luís Brasil. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas**. Relatório de Pesquisa – IPEA, 2012.

STERN, David I. **The contribution of the mining sector to sustainability in developing countries**. Ecological economics, v. 13, n. 1, p. 53-63, 1995.

UE, 2017. **Circular Economy Action Plan - Implementation Report**. Comissão Europeia. Disponível em [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/implementation\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/implementation_report.pdf) . Acesso em: 30/03/2017.



VARIAN, Hal R.; REPCHECK, Jack. Intermediate microeconomics: a modern approach. New York: WW Norton & Company, 2010.

WARHURST, Alyson. **The limitations of environmental regulation in mining.** Mining and the Environment: International Perspectives on Public Policy, p. 133-172, 1994.

WINANS, K.; KENDALL, A.; DENG, H. **The history and current applications of the circular economy concept.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 68, p. 825-833, 2017.