


**PMI-3328**  
**Introdução ao Meio Ambiente e Sustentabilidade na Mineração**

---

**Tema 1**  
**Ciclo de vida de uma mina:  
impactos sociais e ambientais**

Luis E. Sánchez

2023



**Etapas de vida de uma mina**





foto: L.E. Sánchez

**Conteúdo**

1. Etapas de vida de uma mina
2. Principais atividades desenvolvidas em cada etapa
3. Principais impactos ambientais e sociais
4. Conceitos: impactos, poluição

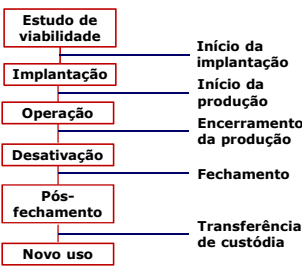
**Estudos de viabilidade: algumas atividades**

- **Prospecção e pesquisa mineral**
- Estudos de rota de processo
- Estudos de mercado
- Estudos sobre infraestrutura
- Estudos econômicos e financeiros
- Estudos de viabilidade ambiental
- **Comunicação com investidores, autoridades, comunidades e outras partes interessadas**
- **Obtenção de licenças e autorizações**



fotos: L.E. Sánchez

**Etapas de vida de uma mina**



**A etapa de implantação: algumas atividades**

- Contratação de mão de obra
- Construção de vias de acesso e canteiros de obras
- Aquisição ou ocupação de terras
- Supressão de vegetação
- Transporte e armazenamento de equipamentos e insumos
- Terraplenagem
- Construção civil
- Montagem eletromecânica
- Desmobilização dos canteiros e da mão de obra

### Final da etapa de implantação

**FOLHA DE S. PAULO**  
IM BARCELONA E SANTIAGO DE COMPOSTELA  
REPRESENTAÇÃO DO COMITÊ DE IMPRESSÃO

1 de agosto de 2016

**Desmobilização dos canteiros e da mão de obra**

**'Terra prometida' no Pará vive clima de fim de obra de megaprojeto da Vale**

Parque de Itabira. Cuidar da terra prometida por Deus a uma povoação, e não a um empreendimento, é o que se espera da empreitada de Itabira, com a aprovação do fim da obra do SUCI, maior projeto de história da Vale.

Desde que a mineração deixou de existir, em 2012, a paisagem de Itabira mudou de cor. O verde voltou a ser o tom predominante de Itabira, com a chegada de milhares de pessoas em busca de uma vida melhor e de oportunidades.

Em 2012, quando o país perdeu 1,2 milhão de postos de trabalho, o município de Itabira não ficou entre os mais afetados.

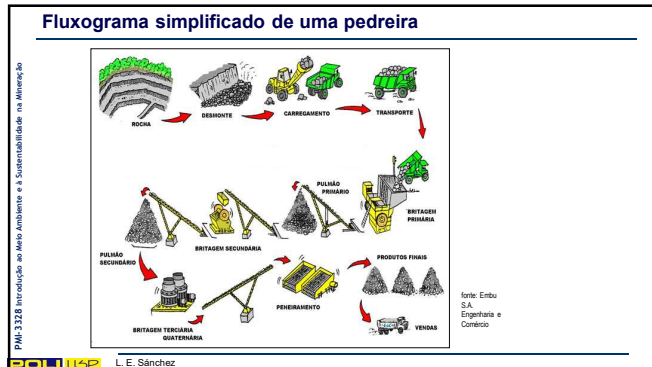
**POPULAÇÃO DE CANAIS DOS CARAIÁS MAIS QUE DOBROU**

Como tem população de destaque no país inteiro, no vale verde de Itabira, a Vale tem investido em infraestrutura para melhorar a qualidade de vida da população. Isso inclui a construção de escolas, hospitais e centros de saúde.

Com a chegada de milhares de pessoas em busca de uma vida melhor e de oportunidades, o município de Itabira não ficou entre os mais afetados.

Desde 2012, quando o país perdeu 1,2 milhão de postos de trabalho, o município de Itabira não ficou entre os mais afetados.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez



### A etapa de operação: algumas atividades

Fonte: Mineração Serra de Fortaleza

- Lavra e beneficiamento de minério ⇄
- Manutenção
- Administração
- Suprimento e armazenamento de insumos e materiais
- Expedição e transporte de minério ou concentrado
- Atividades de apoio (vigilância, limpeza, alimentação etc.)

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

### Operações unitárias na lavra a céu aberto (1)

- supressão da vegetação
- decapeamento:
  - remoção do solo orgânico
  - transporte e estocagem do solo orgânico
  - remoção do solo de alteração

Fonte: A. C. Neill

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

### A etapa de operação

Fonte: Protime Projetos Ltda.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

### Operações unitárias na lavra a céu aberto (2)

- perfuração e desmonte de rocha:
  - perfuração pneumática ou hidráulica
  - carregamento de explosivos
  - detonação
  - desmonte mecânico / hidráulico / dragagem

Fonte: L. E. Sánchez

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração | L. E. Sánchez

### Operações unitárias na lavra a céu aberto (3)

- carregamento de minério e estéril
- transporte de minério e estéril
- descarregamento de minério no britador
- descarregamento de estéril em pilhas
- compactação e ajuste geométrico das pilhas de estéril



### Retroscavadora carregando caminhão



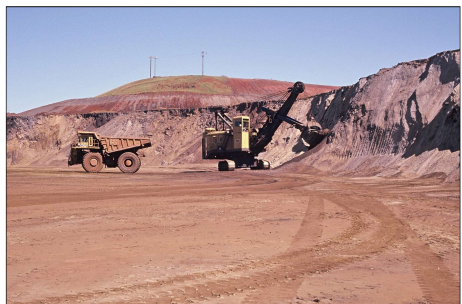
### Carregamento e transporte de minério



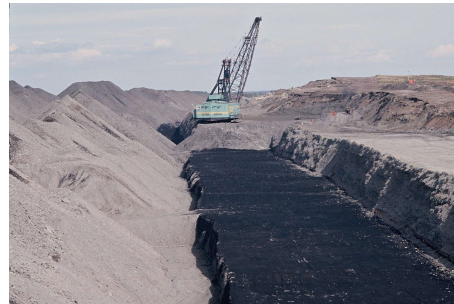
### Decapeamento em mina de carvão



### Shovel carregando caminhão



### Dragline: decapeamento em mina de carvão



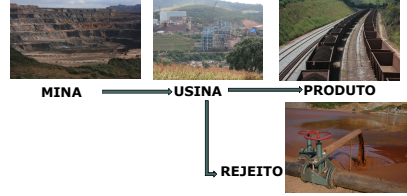
### Transporte por correia de longa distância



L. E. Sánchez

### O que são rejeitos de mineração?

Minerais sem interesse econômico separados do mineral útil em uma usina de tratamento de minério



Rejeitos de tratamento de minério de ferro

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

### Britagem e classificação granulométrica



L. E. Sánchez

### O que são rejeitos de mineração?

Rejeitos de tratamento de bauxita



L. E. Sánchez

### Algumas operações de tratamento de minério

- britagem (primária, secundária etc.)
- classificação granulométrica
- manuseio
- homogeneização em pilhas
- moagem
- concentração (ex. jigagem, flotação)
- disposição e armazenamento de rejeitos

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

### O que é uma barragem de rejeitos?

Estrutura de armazenamento de rejeitos disposta transversalmente a um vale



PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

**Pilha de rejeitos de carvão**



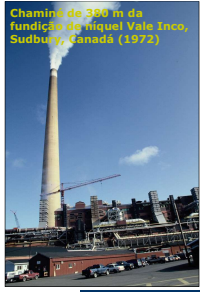
Área de disposição de rejeitos de mineração de carvão em Rio Maina, SC.

Notar a ausência de vegetação ciliar e a coloração da água do rio, devido à presença de ferro.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

**Poliuição: definição técnica**



Chaminé de 386 m de altura da fundição de níquel Vale Inco, Sudbury, Canadá (1972)

“Poliuição é a introdução, pelo homem, direta ou indiretamente, de **substâncias** ou **energia** no ambiente, resultando em efeitos **deletérios** capazes de por em risco a saúde humana, causar danos aos recursos vivos e ecossistemas e prejudicar ou interferir com as atrações e outros usos legítimos do meio ambiente.”

fonte: OECD. *Recommendation of the Council on Principles concerning Transfrontier Pollution*, 17 November 1974, C(74)224.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

**Tipos usuais de problemas (aspectos, impactos e riscos) ambientais na etapa de operação de minas: uma classificação (1)**

- Emissão de poluentes**
  - Material particulado e gases
  - Efluentes líquidos (águas pluviais, efluentes de oficinas mecânicas, laboratórios etc.)
  - Águas ácidas (drenagem ácida)
  - Ruído
  - Vibrações e sobrepressão atmosférica
  - Emissões luminosas
- Geração de resíduos**
  - Estéreis
  - Rejeitos
  - Resíduos industriais diversos e resíduos “domésticos”
- Interferência sobre processos do meio físico**
  - Rebaixamento de aquífero e perda de nascentes
  - Aceleração de processos erosivos e assoreamento

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração


L. E. Sánchez

**Poliuição: definição legal**

“presença, lançamento ou liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de energia ou matéria com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo:

- impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;
- inconvenientes ao bem-estar público;
- danosos aos materiais, à fauna e à flora;
- prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, e às atividades normais da comunidade.”

Lei Estadual (São Paulo) 997/1976



PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

**Tipos usuais de problemas (aspectos, impactos e riscos) ambientais na etapa de operação de minas: uma classificação (2)**

- Interferências sobre os recursos vivos**
  - Perda e fragmentação de habitats terrestres
  - Alteração ou perturbação de habitats aquáticos
- Riscos ambientais**
  - Ultralancamento de fragmentos
  - Movimentos de massa (e.g. escorregamentos, rupturas de barragens e pilhas)
  - Vazamentos de derivados de petróleo ou de reagentes (e.g. cianeto de sódio)
- Impactos sociais (exemplos)**
  - Incômodo e desconforto ambiental
  - Impacto visual
  - Perda de locais de trabalho, moradia e convívio social
  - Interferência em modos de vida
  - Perda de bens do patrimônio cultural

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

**Resíduos sólidos: definição legal**

**XVI - resíduos sólidos:** material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível

Lei Federal 12305/2010

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

**Resíduos sólidos: definição legal**

**Art. 13, k - resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios**

**Art. 47: São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:**

- I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;
- II - lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;**
- III - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade;
- IV - outras formas vedadas pelo poder público.

*Lei Federal 12305/2010*

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

POLI USP L. E. Sánchez

**Impacto sobre ambiente fluvial**

**Como medir esse impacto?**

**Riqueza de macroinvertebrados**

**Riqueza de macroinvertebrados**

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

fonte: modificado de Couzato, S.R.M. e Fonseca, C.P. Ciência Hoje 202, 60-63, 2009.

POLI USP L. E. Sánchez

**Impacto ambiental: conceito**

**“Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.”**

(ISO 14001: 2015)

**“Mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido realizada.”**

(Wathern, 1988, p. 7)

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

POLI USP L. E. Sánchez

**De volta ao conceito**

**Impacto ambiental = comparação entre duas hipotéticas situações futuras (com e sem o projeto em análise)**

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

POLI USP L. E. Sánchez

**Construção de adutora para suprir uma mina**

travessia de córrego durante construção de duto

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

POLI USP L. E. Sánchez

**Perda e fragmentação de habitats**

Lago Balata, Mineração Rio do Norte, Orizimã, PA

fotos de janeiro de 1992

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

POLI USP L. E. Sánchez

### Perda de habitats

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

Fonte: Proter Project, USA

L. E. Sánchez

### Etapa de desativação

- Recuperação de áreas degradadas
- Desmontagem, demolição
- Dispensa de mão de obra

Reafirmação de taludes em "bota-fora" construído em ponta de aterro

taludes estabilizados com implantação de bermas, drenagem e gramíneas

"retaludamento" em curso

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

### Etapa de desativação

- Recuperação de áreas degradadas
- Desmontagem, demolição
- Dispensa de mão de obra

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

Fonte: L. E. Sánchez

L. E. Sánchez

### Recuperação ambiental: conceito

resultado da aplicação de técnicas de manejo visando tornar uma área degradada apta para um novo uso segundo um plano preestabelecido

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

Fonte: ANATERMA/CPA

L. E. Sánchez

### Etapas finais de vida de uma mina

Estudo de viabilidade: Início da implantação

Implantação: Início da produção

Operação: Encerramento da produção

Desativação: Fechamento

Pós-fechamento: Transferência de custódia

Novo uso

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez

### Pós-fechamento e novo uso

Uma Boa Prática

Definir objetivos de fechamento, incluindo uso futuro da área

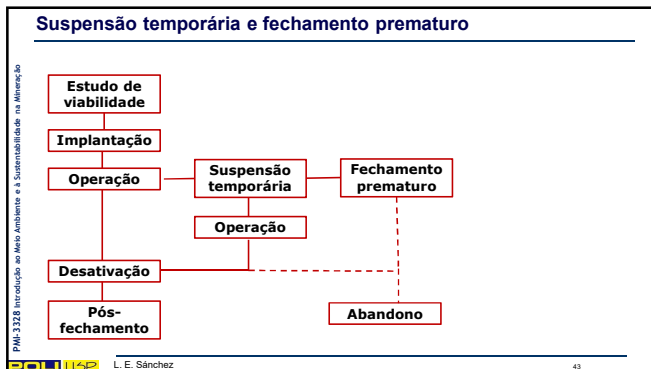
Exemplo: Recuperação ambiental para fechamento da mina de calcário Felicíssimo

- Manutenção e monitoramento ambiental
- Vigilância

Fotos: Holcim

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e a Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez



### Abandono: uma prática do passado?

#### Caso Summitville

- mina de ouro abandonada em 1992 no Colorado
- "falência" da empresa
- programa de RAD estimado em US\$ 40 M
- garantias financeiras de US\$ 5M
- lista de prioridades (Superfund)
- recuperação ainda em curso

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez 45

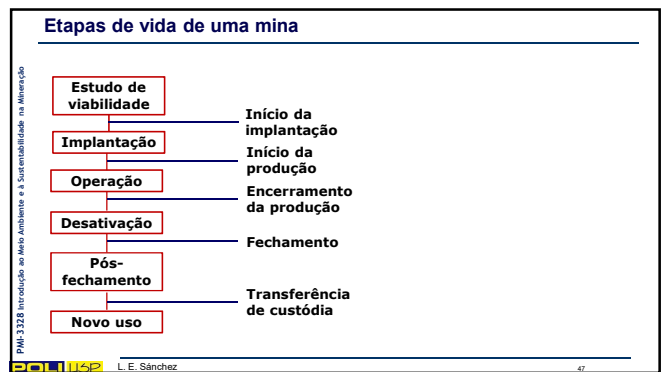
### Mina Ravensthorpe – níquel, Austrália

- mina aberta em maio de 2008
- vida útil prevista de 25 anos
- atividade suspensa em janeiro de 2009
- investimento na mina AUD 2200M
- venda em fevereiro de 2010 por AUD 440M
- perda de 650 postos diretos de trabalho

**the west.com.au**  
 Mine closure blamed for \$5m loss  
 17th February 2009, 8:00 WST

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez 44



### Caso Beenup – ilmenita, Austrália

- lavra iniciada em janeiro de 1997 e encerrada em fevereiro de 1999
- vida útil prevista seria de 20 anos
- investimento na mina AUD 250M
- custo de fechamento AUD 44M
- reabilitação em andamento

fonte: BHP Billiton Beenup Rehabilitation Project. Annual Environmental Report 2008-2009.

PMI-3228 Introdução ao Meio Ambiente e à Sustentabilidade na Mineração

L. E. Sánchez 46