



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## ***PMI-5014***

### ***Projeto de Planejamento e Sequenciamento de Lavra***

#### ***Aula 01 (2023)***

#### ***Ciclo de Planejamento de Lavra, Recursos, Reservas e Fatores Modificadores***

***Prof. Giorgio de Tomi  
Eng. Rafael Araos (Pesquisador)***



# Aula 01: Conteúdo

- **Objetivos da disciplina (o que você vai aprender)**
- **Programação da disciplina e dinâmica das aulas**
- **Cadeia de Produção Mineral**
- **Conceito do Ciclo de Planejamento de Lavra**
- **Principais etapas e produtos do planejamento de lavra**
- **O papel e os desafios do planejamento de lavra**
- **Revisão e próximas atividades**



# Objetivos da Disciplina

Ao final da disciplina, os alunos terão adquiridos os conhecimentos para:

- Entender os **conceitos e os riscos** associados à gestão de recursos e reservas minerais e o papel dos **fatores modificadores**
- Discutir os **problemas típicos** de planejamento e sequenciamento de lavra
- **Analisar e desenvolver soluções** para projetos de planejamento e sequenciamento de lavra,
- Praticar a **avaliação de cenários** e a tomada de **decisões gerenciais** no sequenciamento de lavra.



# Programação 2023

Programação		Atividades
Terça Feira 09/maio/2022	13:00-14:30	Ciclo de planejamento de lavra, recursos, reservas e fatores modificadores
	14:30-16:00	Sessão prática 1: EDA e Tratamento de dados geológicos
	16:00-19:00	Trabalho em equipe: breakout rooms virtuais
Quarta Feira 10/maio/2022	13:00-14:30	Planejamento estratégico de lavra: conceitos e princípios
	14:30-16:00	Sessão prática 2: Análise de cenários econômicos e operacionais
	16:00-19:00	Trabalho em equipe: breakout rooms virtuais
Quinta Feira 11/maio/2023	13:00-14:30	Conceitos de planejamento de lavra de Longo Prazo
	14:30-16:00	Sessão prática 3: otimização de lavra e operacionalização
	16:00-19:00	Trabalho em equipe: breakout rooms virtuais
Sexta Feira 12/maio/2023	13:00-14:30	Indicadores de planejamento de lavra, ESG e tendencias tecnológicas para o setor.
	14:30-16:00	Sessão prática 4: Sequenciamento de lavra: análise de variáveis econômicas e operacionais
	16:00-19:00	Apresentação e discussão dos resultados, revisão do aprendizado e encerramento



# Temas das Seções Práticas (2023)

Temas das seções práticas
<b>Sessão prática 1:</b> EDA e tratamento estatístico de dados geológicos para estimativa de modelos de blocos considerando a seleção de equipamentos de lavra
<b>Sessão prática 2:</b> Estimativa de recursos minerais, análise comparativa de diferentes cenários econômicos e operacionais e seus impactos no resultado final de projetos de mineração
<b>Sessão prática 3:</b> Otimização de lavra (métodos manuais e computacionais) e operacionalização.
<b>Sessão prática 4:</b> Sequenciamento de lavra, análise do comportamento de variáveis econômicas (VPL) e operacionais, empilhamento de estéril em cava.



# Dinâmica das aulas

- As aulas são **expositivas com a participação** dos alunos
- Encoraja-se o debate e o intercâmbio de ideias
- A disciplina será oferecida em 4 sessões, cada uma delas com:
  - (a) Aula inicial;
  - (b) Atividade em **grupo**; e
  - (c) Seção prática para as atividades a serem desenvolvidas durante a disciplina.



# Avaliação

- Entregas diárias\*: Resultados das seções práticas diárias (3 atividades)
- Entrega final\*: Apresentação final dos resultados do sequenciamento

$$\text{Nota Final} = (\text{Nota da Entrega Final}) * 50\% + (\text{Média das Entregas Diárias}) * 50\%$$

*(\*) Todas as atividades serão realizadas em grupo*



# Aula 01: Conteúdo

- Cadeia de Valor Mineral
- Ciclo de Planejamento de Lavra
- Recursos e Reservas Minerais
- Fatores Modificadores





# Cadeia de Valor Mineral



- O objetivo da mineração é **produzir os bens minerais demandados pela sociedade**, contribuindo com o **desenvolvimento sustentável** das comunidades
- O **aproveitamento responsável** dos bens minerais passa por desafios **econômicos, sociais e ambientais** os quais devem ser incorporados na tomada de decisões do negócio
- Mas o que é “**MINERAÇÃO RESPONSÁVEL**”?  
Segundo *Hustrulid, Kutcha & Martin (2013)*, a regra da mineração responsável é:

**“PLANEJE SUA MINA; CUMPRA SEU PLANO”**



## A Cadeia de Valor Mineral



### Pesquisa Mineral

- Exploração Mineral e campanhas de sondagem
- Amostragem dos furos, análise química e física;
- Estruturação do banco de dados geológico;
- Geração dos modelos geológicos e do modelos de blocos;
- Classificação de Recursos Minerais.



## A Cadeia de Valor Mineral



### Planejamento de lavra

- Definição da estratégia do projeto;
- Seleção do método de lavra;
- Definição de cenários e premissas;
- Definição de função benefício e otimização de mina;
- Operacionalização e sequenciamento da cava;
- Avaliação técnica, econômica e de risco.



## A Cadeia de Valor Mineral



### Projeto de Engenharia

- Definição da rota de processo;
- Detalhamento da infraestrutura a ser utilizada no empreendimento;
- Projetos civis, elétricos, mecânicos, drenagem, terraplenagem que se fizerem necessários;
- Licenciamento ambiental – LP & LI



## A Cadeia de Valor Mineral



### Implantação e Construção

- Due diligence das estruturas e dos equipamentos;
- *Pre-stripping* ou desenvolvimento da mina;
- Montagem das edificações, infraestrutura e instalação dos equipamentos;
- Comissionamento & Ramp-up da usina;
- Obtenção da LO.



## A Cadeia de Valor Mineral



### Operação e Produção

- Operações unitárias da lavra: Perfuração/Desmonte/Carga/Transporte;
- Beneficiamento do minério;
- Logística e expedição dos produtos;
- Entrega dos compromissos socioambientais;
- Gerenciamento do Ciclo de Planejamento de Lavra
- Gerenciamento do plano de fechamento de mina.



## A Cadeia de Valor Mineral



### Fechamento de Mina

- Desmontagem e descomissionamento das instalações e da usina;
- Manutenção e monitoramento de barragens e dos taludes da mina;
- Entrega da configuração final do terreno;
- Acompanhamento das atividades de uso futuro do terreno;
- Transição socioeconômica na fase pós-fechamento de mina.



# Atividade Aula 01: Fatores Modificadores

## Atividade em grupo:

O setor mineral utiliza muito a expressão “FATORES MODIFICADORES” para definir a conversão de recursos minerais (fase de pesquisa mineral) para reservas minerais (fase de planejamento de lavra).

Apresente exemplos de FATORES MODIFICADORES utilizados na mineração:

- **Aspectos técnicos:** cite 3 exemplos de fatores modificadores sobre aspectos técnicos
- **Aspectos legais:** cite 3 exemplos de fatores modificadores sobre aspectos legais
- **Aspectos de ESG:** cite 3 exemplos de fatores modificadores sobre aspectos de ESG



**Tempo:** até 20 minutos

**Resultado:** discuta com seu grupo, e ao terminar o seu levantamento, elabore um slide com as informações de seu grupo e submeta na **Atividade Aula 01** do e-disciplinas (uma submissão por grupo). Ao terminar, compartilhe seus resultados no CHAT da aula para discussão com os demais alunos.





# Cadeia de Valor Mineral: Riscos e Incertezas





# Cadeia de Valor Mineral: Riscos e Incertezas

*Incerteza  
Geológica*

*Incertezas  
Operacionais*

*Riscos  
Socioambientais*

*Riscos  
Ocupacionais*

*Riscos  
Financeiros*

*Incertezas  
de Mercado*

Como enfrentar esses desafios?  
**Planeje sua mina; Cumpra o plano!**

*Operação*



# Conceitos de Planejamento

“Planejar antes da guerra é tudo;  
planejar durante a guerra não é nada”.

*(Dwight Eisenhower)*

“O planejamento [...] não diz respeito a  
decisões futuras, mas às implicações futuras  
de decisões presentes.”

*(P. Drucker)*

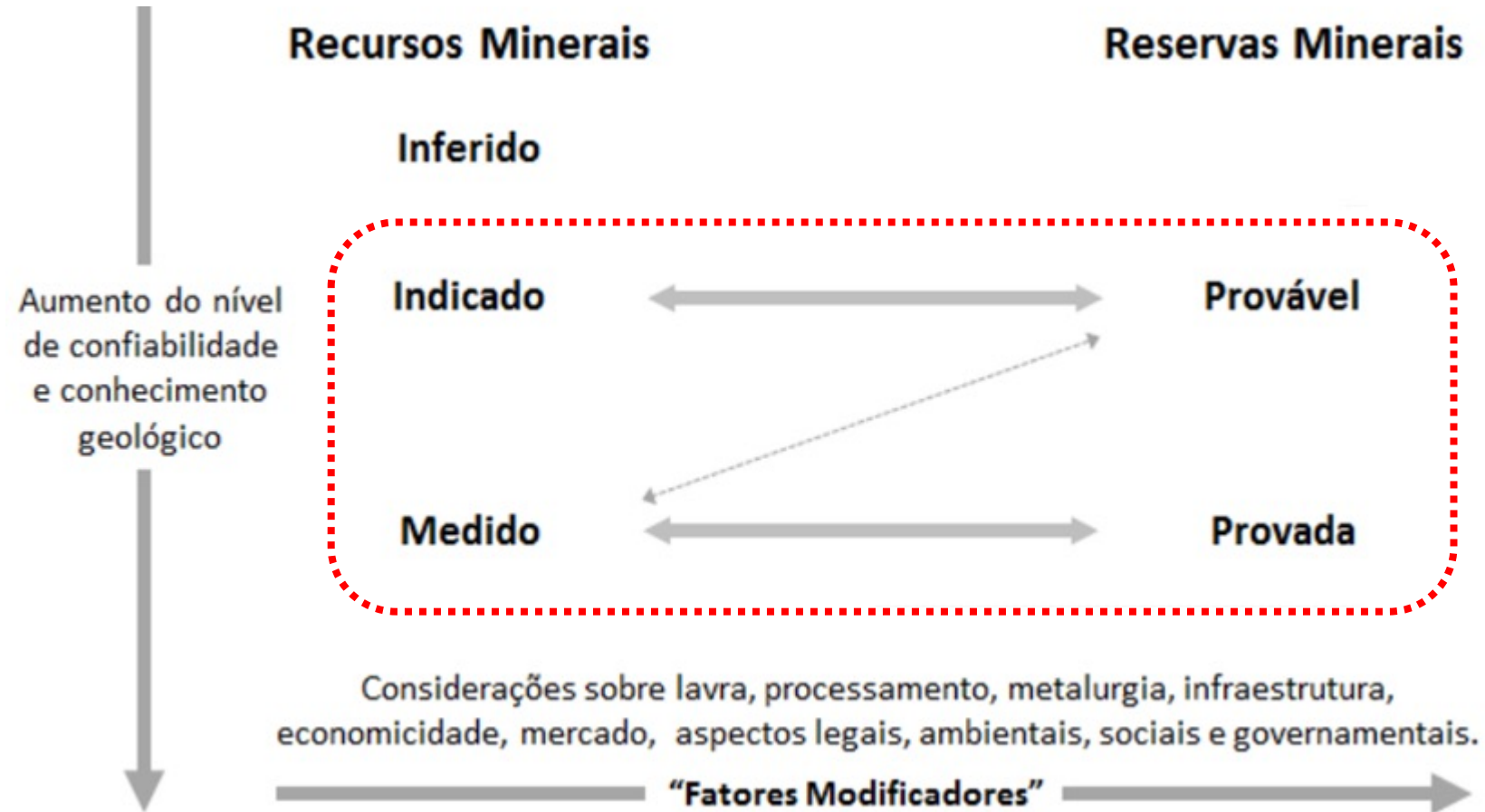


# Planejamento de Lavra, Recursos e Reservas





# Planejamento de Lavra, Recursos e Reservas

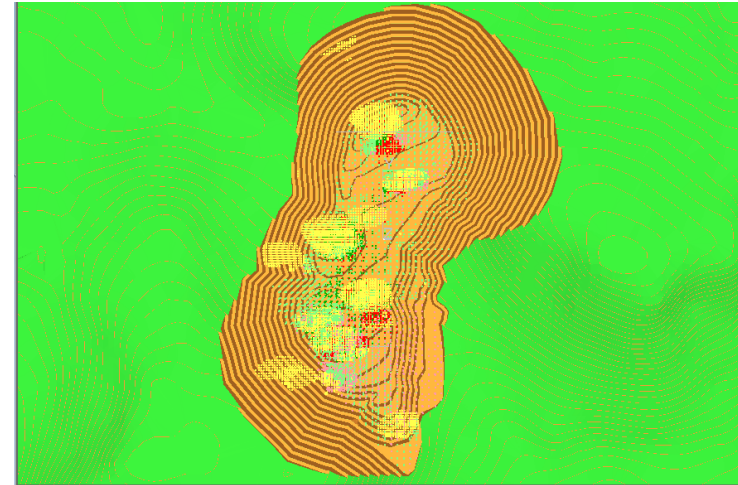




# Fatores Modificadores...

Os **Fatores Modificadores** são considerações sobre:

- Lavra, beneficiamento, metalurgia e infraestrutura;
- Economicidade e mercado;
- Aspectos legais, governamentais e de ESG;



a serem levados em conta no momento de **converter Recursos para Reservas**.

O engenheiro de minas é responsável pelos ***fatores modificadores*** do negócio. Portanto...

**O engenheiro de minas  
também é  
o engenheiro de *fatores modificadores*.**



# Exemplos de Fatores Modificadores:

## Aspectos Técnicos:

- **Recuperação metalúrgica:** menor recuperação implica na redução das reservas
- **Teor de corte na lavra:** teor de corte menor implica no aumento das reservas
- **Modal logístico de escoamento:** um modal de menor custo implica no aumento de reservas

## Aspectos Legais:

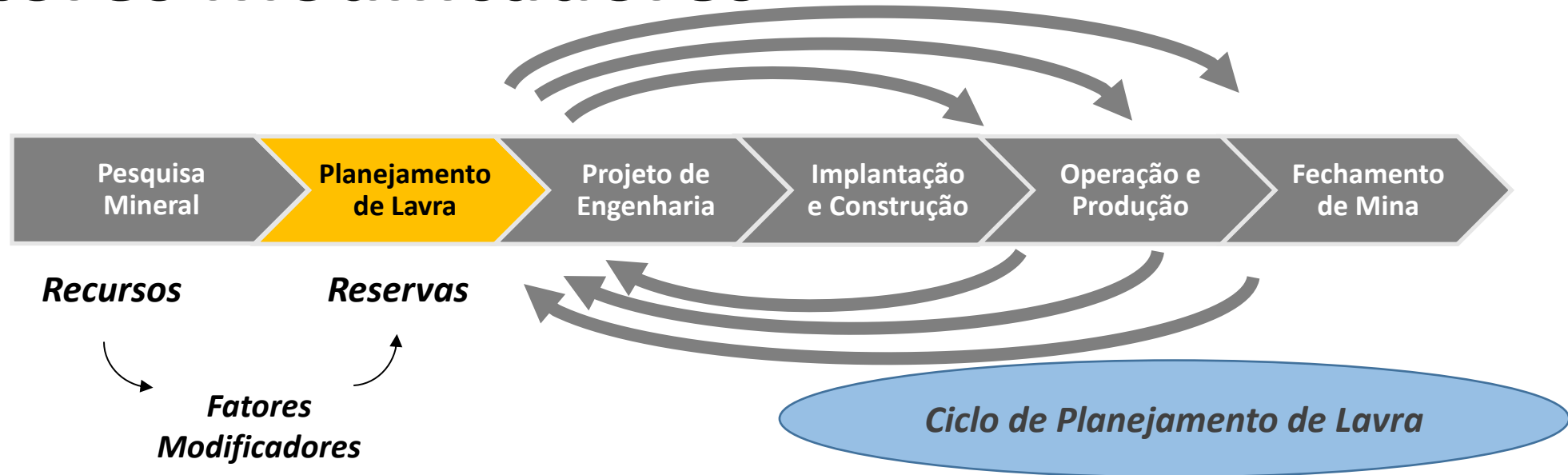
- **Direito minerário:** a revogação de um alvará pode implicar na redução de recursos e reservas
- **Alteração na CFEM:** aumento na CFEM pode implicar na redução das reservas
- **Acordo com superficiário:** um acordo favorável com superficiário pode aumentar as reservas

## Aspectos de ESG:

- **Renovação do licenciamento:** atrasos no licenciamento pode causar redução das reservas
- **Audiência pública:** sucesso numa audiência pública pode implicar no aumento das reservas
- **Fechamento de Mina:** problemas no plano de uso futuro pode implicar na redução das reservas



# Fatores Modificadores

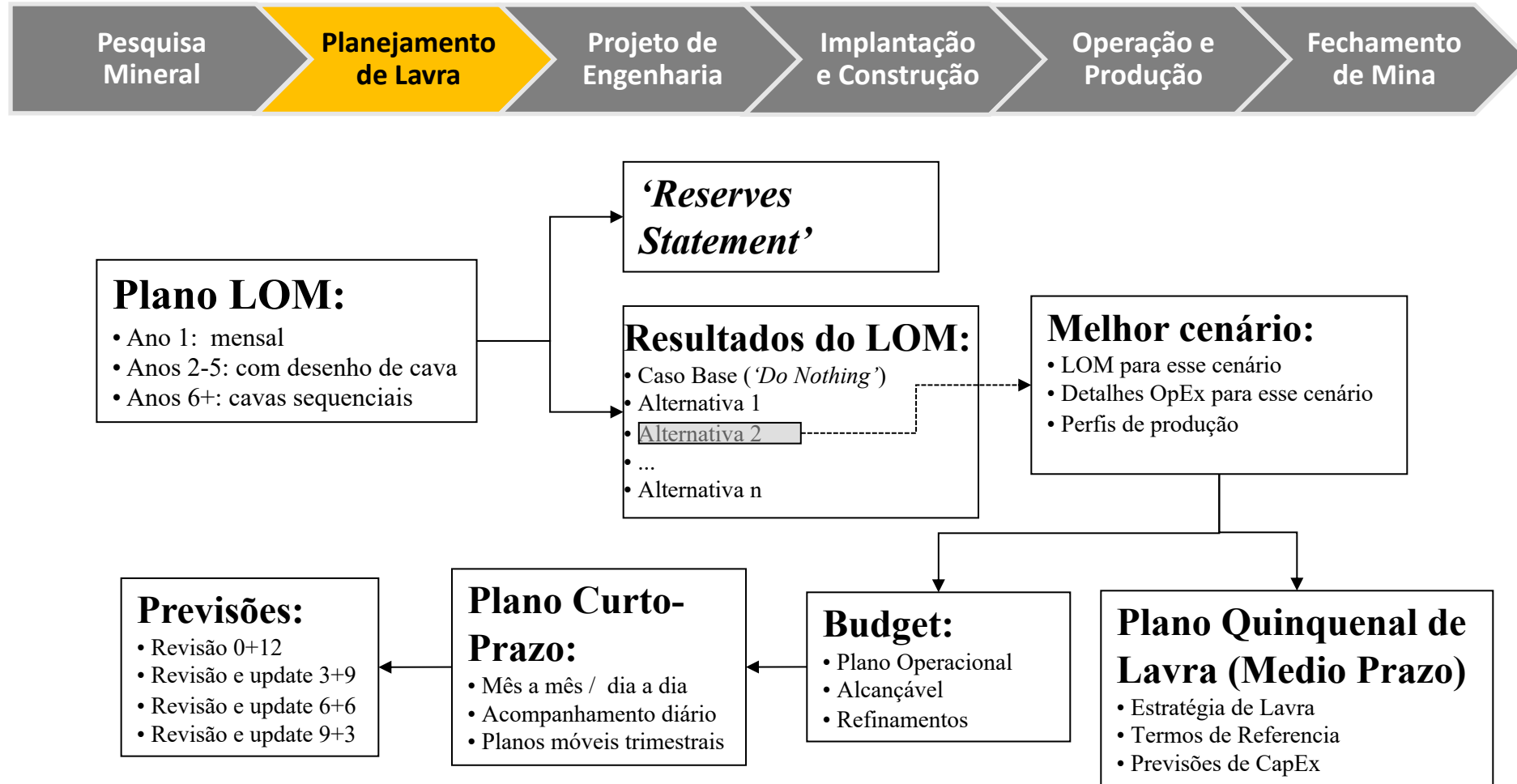


Portanto, o **planejamento de lavra** é responsável por avaliar, estimar, definir e manter atualizados os **Fatores Modificadores** do “negócio mineração”.



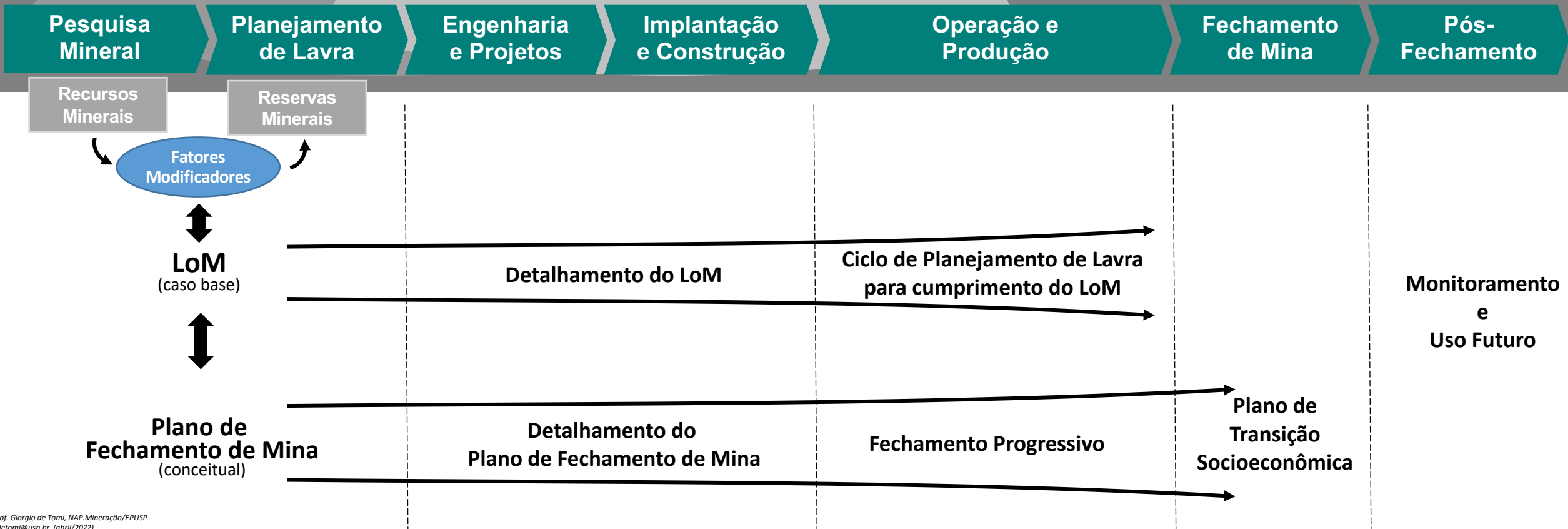


# Exemplo de Ciclo de Planejamento de Lavra





# Cadeia de Valor Mineral





# Cadeia de Valor Mineral





# Aula 01: Aprendizado

- O planejamento é uma **etapa essencial** na cadeia de valor mineral.
- Ele se aplica à **todas as fases da mineração** até o fechamento de mina.
  - *O planejamento de longo prazo que é feito antes do projeto e implantação da mina é válido até o final da vida útil da mina?*
  - *Porque?*
  - *Quais os principais riscos que impactam a cadeia de produção mineral?*
  - *O plano de fechamento de mina faz parte do ciclo de planejamento de lavra?*



# Seção Prática Aula 01: Eng. Rafael

Temas das seções práticas
<b>Sessão prática 1:</b> EDA e tratamento estatístico de dados geológicos para estimativa de modelos de blocos considerando a seleção de equipamentos de lavra
<b>Sessão prática 2:</b> Análise comparativa de diferentes cenários econômicos e operacionais e seus impactos no resultado final de projetos de mineração
<b>Sessão prática 3:</b> Otimização de lavra (métodos manuais e computacionais) e operacionalização.
<b>Sessão prática 4:</b> Sequenciamento de lavra, análise do comportamento de variáveis econômicas (VPL) e operacionais, empilhamento de estéril em cava.