



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI-3325

LAVRA DE MINAS: MINERAÇÃO A CEU ABERTO

AULA 4 - 2023

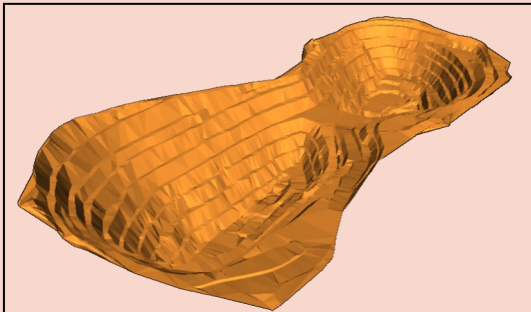
Lavra por Métodos Hidráulicos

Prof. Giorgio de Tomi

Prof. Ricardo Cabral de Azevedo

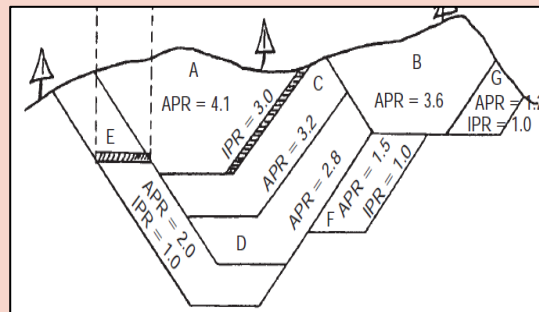
PMI-3325 LAVRA A CÉU-ABERTO

- Métodos de Lavra (Lavra em bancadas, em tiras, de rochas ornamentais, métodos hidráulicos)
- Desenho de cava (atividades [Modelo Geológico, Topográfico e Geotécnico, Termo de Referência, Mecanismos, Produtos], geometrias básicas)
- IPCC
- Micromine (projeto prático de desenho de cava)



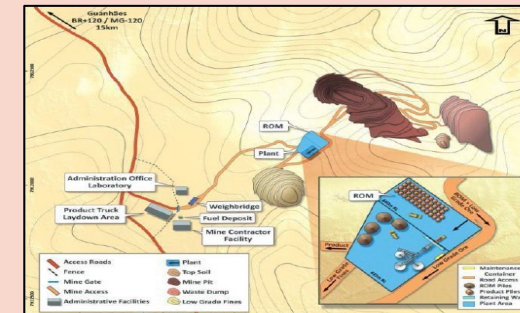
PMI-3220 PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINAS

- Cadeia de Produção Mineral (Conceito, Gestão e Governança)
- Códigos internacionais de Recursos e Reservas Mineiras
- Fatores Modificadores de conversão de recursos para reservas
- Planejamento de Lavra (Ciclo, Horizonte [Longo, médio e curto])
- Micromine (Projeto prático de planejamento de lavra)



PMI-3236 PROJETO DE LAVRA DE MINA

- Revisão (desenho de cava, ciclo de planejamento de lavra)
- Fases do Projeto (FEL1, FEL2, FEL3, Detalhamento, Construção, outros)
- Planejamento (PMBok, Project charter, EAP...)
- Aspectos socioambientais
- Gerenciamento de Risco
- Documentação
- Trade-offs
- Plano Diretor de Mineração

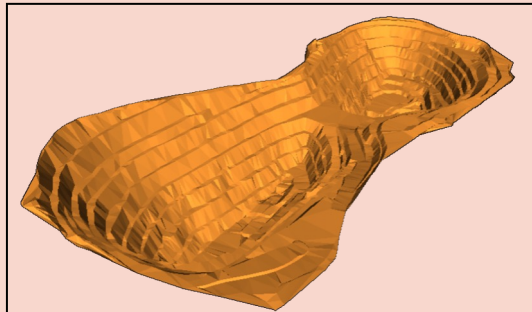


**PMI-3325
LAVRA A CÉU-ABERTO**

- Métodos de Lavra (Lavra em bancadas, em tiras, de rochas

**FOCO:
Desenho
de cava
(geometria)**

- Micromine (projeto pratico de desenho de cava)

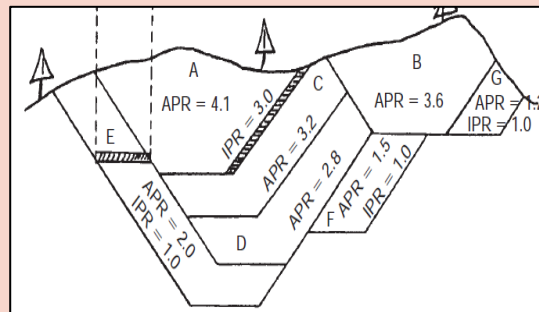


**PMI-3220
PLANEJAMENTO DE LAVRA
DE MINAS**

- Cadeia de Produção Mineral (Conceito, Gestão e

**FOCO:
Cenários
de lavra
(LT, MP, CP)**

- Micromine (Projeto pratico de planejamento de lavra)

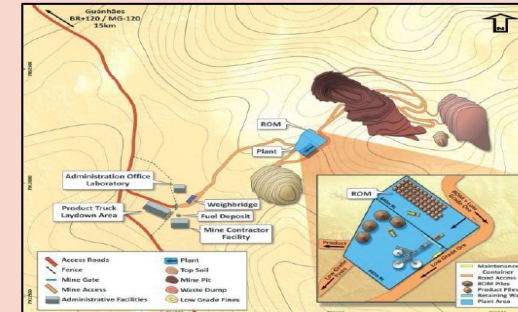


**PMI-3236
PROJETO DE LAVRA DE MINA**

- Revisão (desenho de cava, ciclo de planejamento de lavra)

**FOCO:
Plano diretor de
mineração
(Técnico, socioambiental)**

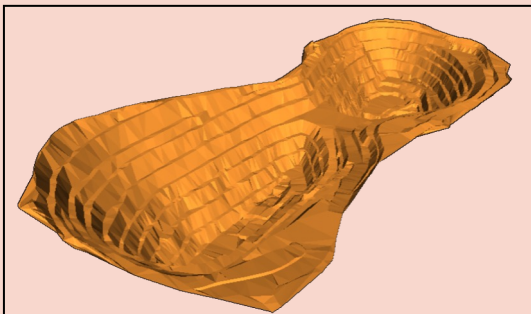
- Plano Diretor de Mineração



**PMI-3325
LAVRA A CÉU-ABERTO**

- Métodos de Lavra (Lavra em bancadas, em tiras, de rochas

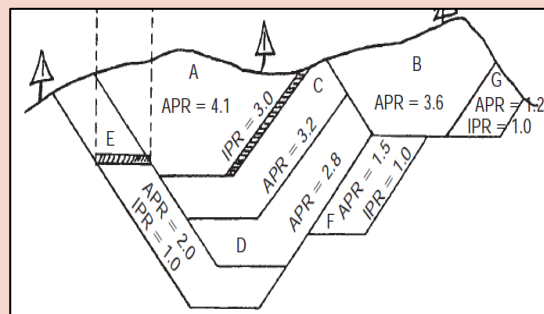
• Micromine (projeto pratico de desenho de cava)



**PMI-3220
PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINAS**

- Cadeia de Produção Mineral (Conceito, Gestão e

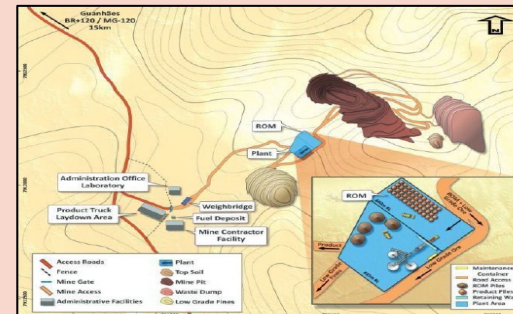
• Micromine (Projeto pratico de planejamento de lavra)



**PMI-3236
PROJETO DE LAVRA DE MINA**

- Revisão (desenho de cava, ciclo de planejamento de lavra)

• Plano Diretor de Mineração



META: Proporcionar produtos efetivos para a empresa colaboradora



CONTEÚDO 2023

Introdução da disciplina e método de aprendizado
Introdução - visão geral de lavra a céu-aberto
Fluxo de informações de desenho de cava
Lavra por métodos hidráulicos
Lavra em tiras
Lavra de agregados para construção civil
Lavra de rochas ornamentais
Oficinas (bloco de aulas práticas)
Entrega dos trabalhos e apresentação dos grupos



Rules of Engagement

- **Trabalhos em grupo: mínimo** de um computador/notebook por grupo. O acesso será via rede WIFI do laboratório (orientado pelos monitores)
- **Responsável:** Professores G. de Tomi e Ricardo C. de Azevedo, com apoio dos monitores Alunos de Pós-Graduação (Rafael, Irfan e Gaby) e monitores Alunos de Graduação.
- **Empresa colaboradora:** a ser definida junto aos monitores
- **Gravações:** Os docentes não permitem gravação de vídeo e áudio.
- **Atenção:** Respeitar os horários de início das aulas



SUMARIO

- Visão geral da lavra por métodos hidráulicos
- Lavra por desmonte hidráulico
- Lavra por dragagem
- Pós-aula: atividades do projeto em grupo



Métodos de Lavra a Céu-aberto

- Lavra a céu-aberto:
 - ✓ lavra em bancadas
 - ✓ desmonte hidráulico e dragagem
 - ✓ lavra em tiras
 - ✓ outros métodos



INTRODUÇÃO

A seleção de um método de lavra hidráulico depende de fatores como:

- ***Características espaciais do depósito*** (dimensões, forma, atitude, e profundidade);
- ***Características físico-mecânicas e geotécnicas do depósito e das formações rochosas vizinhas;***
- ***Condições hidrogeológicas e disponibilidade de água na superfície;***
- ***Fatores político e econômicos;***
- ***Fatores socioambientais.***



INTRODUÇÃO

- A lavra por métodos hidráulicos inclui desmonte, extração, seleção e concentração de minérios e/ou minerais de interesse **utilizando água**
- Estes métodos são mais eficientes em **depósitos submersos** ou localizados próximos à **fontes abundantes de água**.
- Correspondem a **~10% da produção mundial** de bens minerais.
- A aplicação da lavra por métodos hidráulicos é restrita a **depósitos aluvionares** ou similares.
- Mas é bastante atrativa em função dos **baixos custos operacionais**



INTRODUÇÃO

- Depósitos aluvionares ou similares são **depósitos superficiais** ou sub-superficiais, normalmente **tabulares** e com **mergulhos suaves**;
- Para permitir lavra por métodos hidráulicos, o depósito deve ocupar **áreas extensas**, com partículas do mineral de interesse (ex. Au, Pt, diamantes, cassiterita, etc.) disseminadas em materiais pouco ou **não-consolidados** (como areia, cascalho, rochas alteradas, etc.).



MÉTODOS DE LAVRA HIDRÁULICA

- Os métodos de lavra hidráulica mais comuns são:

- **DESMONTE HIDRÁULICO**

(usando jatos de água de alta pressão para desmonte e transporte do material)

- **DRAGAGEM**

(usando balsas flutuantes com bombas de sucção para desmonte e transporte do material)



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

EXEMPLOS: DESMONTE HIDRÁULICO





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PMI3225: Lavra a Céu Aberto

EXEMPLOS





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

EXEMPLOS





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

EXEMPLOS





DESMONTE HIDRÁULICO

- Utiliza grandes quantidades de **água sob alta pressão**, para desintegrar o material, e preparar seu transporte.
- O transporte para a usina de beneficiamento pode ser feito **por gravidade** ou através de bacias de captação com **bombas de sucção de polpa**
- A água chega da fonte através de **bombas de alta pressão** ligadas por linhas de tubulações a monitores móveis.



DESMONTE HIDRÁULICO

- A altura da frente tem normalmente entre **5 e 10 metros**;
- Para aproveitamento por gravidade, é necessário gradiente topográfico de pelo menos **2% para areia, 4 a 5% para cascalhos finos, e mais de 5% para materiais grosseiros**.
- Alternativamente, usam-se **bombas de sucção de polpa** com dutos ligados à usina de beneficiamento.



DESMONTE HIDRÁULICO

Características técnicas:

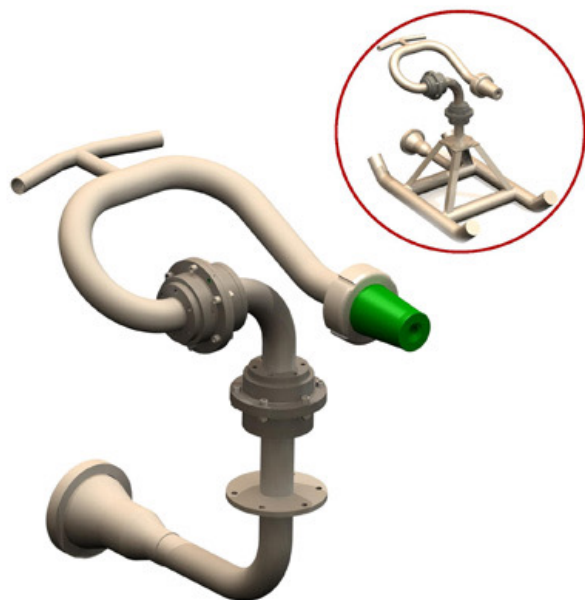
- diâmetro do bico do monitor: **40 a 150 mm**
- Pressão necessária: **300 a 1400 KPa**
- Volume de água necessário: **30 a 150 l/s**
- Velocidade do jato d'água:
0,15 m/s (areia)
1,50 m/s (cascalho)
3,00 m/s (cascalho com seixos)



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

DESMONTE HIDRÁULICO (monitores)



Fonte: www.cerumaq.com.br



Fonte: www.acp-id.com



DESMONTE HIDRÁULICO

- **Limitações:**

- Disponibilidade de água
- Espessura do depósito
- Granulometria máxima
- Disposição de rejeitos

- **Restrições ambientais:**

- Qualidade e recuperação da água
- Restauração das grandes áreas lavradas
- Método de lavra **PROIBIDO** em diversos países desenvolvidos (banido na Califórnia desde as décadas de 80/90)



DESMONTE HIDRÁULICO

- **Vantagens:**
 - Produtividade média a alta
 - Custo operacional baixo
 - Taxas de produção razoáveis
 - Baixo custo de capital
 - Pode ser semiautomatizado
- **Desvantagens:**
 - Pode ocasionar graves danos ambientais
 - Necessita de água em abundância
 - Corte ineficiente, baixa seletividade
 - Desafios de segurança ocupacional



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

ESTUDO DE CASO: Desmonte Hidráulico

Lavra de depósito de ouro aluvionar na Região Amazônica





ESTUDO DE CASO: Desmonte Hidráulico

- Toda a infraestrutura foi fornecida **por via aérea**.
- Desmatamento inicial foi feito **manualmente**.
- A operação produziu mais de **2000 kg de ouro em três anos** (ou ~70 mil oz Au).
- Teor médio do depósito foi estimado em **0,456 g/m³**.



ESTUDO DE CASO: Desmonte Hidráulico

- O teor de corte utilizado na lavra foi **0,1 g/m³**.
- **Reconciliação** a partir das reservas estimadas na fase de pesquisa obteve diferenças máximas de **5%**.
- Alguns **diamantes aluvionares** foram achados, mas a lavra foi planejada para a lavra e recuperação de ouro.
- Produção diária = **5.000 m³**



MÉTODOS DE LAVRA HIDRÁULICA

- Os métodos de lavra hidráulica mais comuns são:
 - DESMONTE HIDRÁULICO
(usando jatos de água de alta pressão para desmonte e transporte do material)
 - DRAGAGEM
(usando balsas flutuantes com bombas de sucção para desmonte e transporte do material)



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

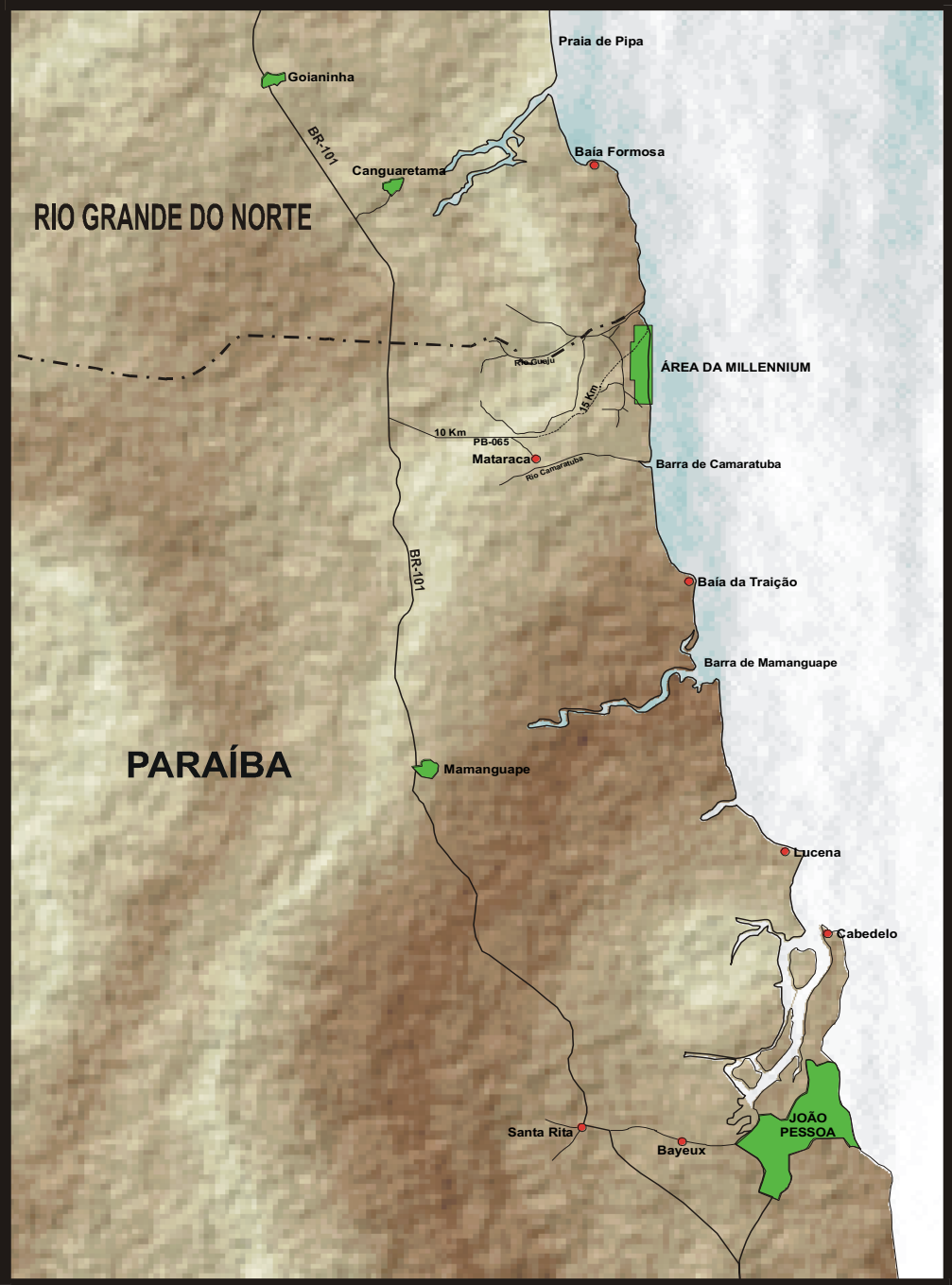
PMI3225: Lavra a Céu Aberto

Lavra por Dragagem



Lavra por Dragagem: exemplo da mina do Guajú







Histórico da mina do Guajú

- Titulares iniciais: Andrade Gutierrez e Bayer do Brasil.
- Direitos minerais: 15 de fevereiro de 1978.
- Produção de Ilmenita: Abril de 1983 (50% da capacidade).
- A capacidade total de Ilmenita atingiu em 1986.
- Produção de Zirconita e Rutilo em 1988.
- Operava uma mineração a céu aberto usando tratores de esteira para desmontar as dunas de areia e os transportadores de correia para transportar o R.O.M. até a planta de concentração fixa.
- A capacidade de mineração era de 600 MTPH de Areia com o método a seco.

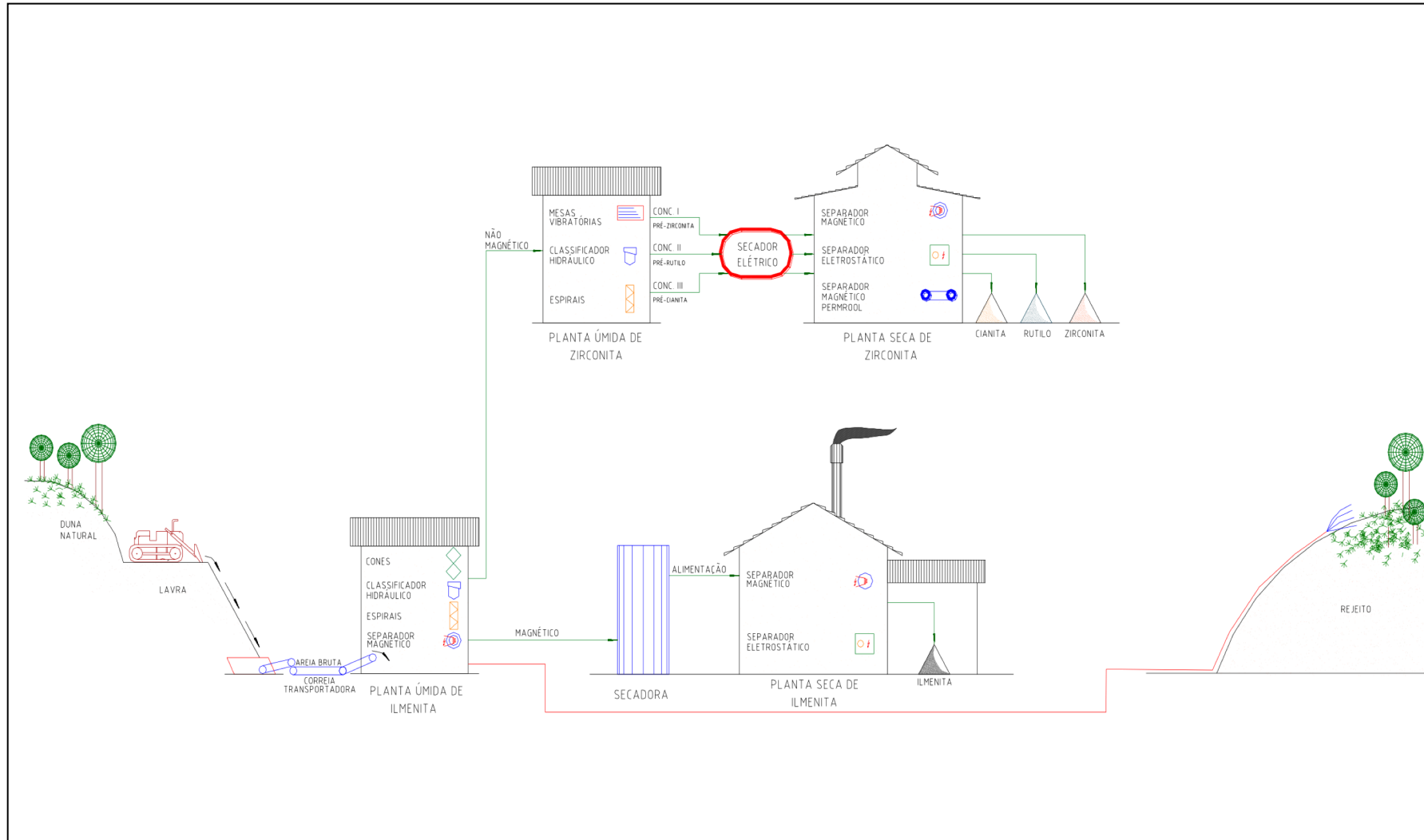


ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PMI3225: Lavra a Céu Aberto



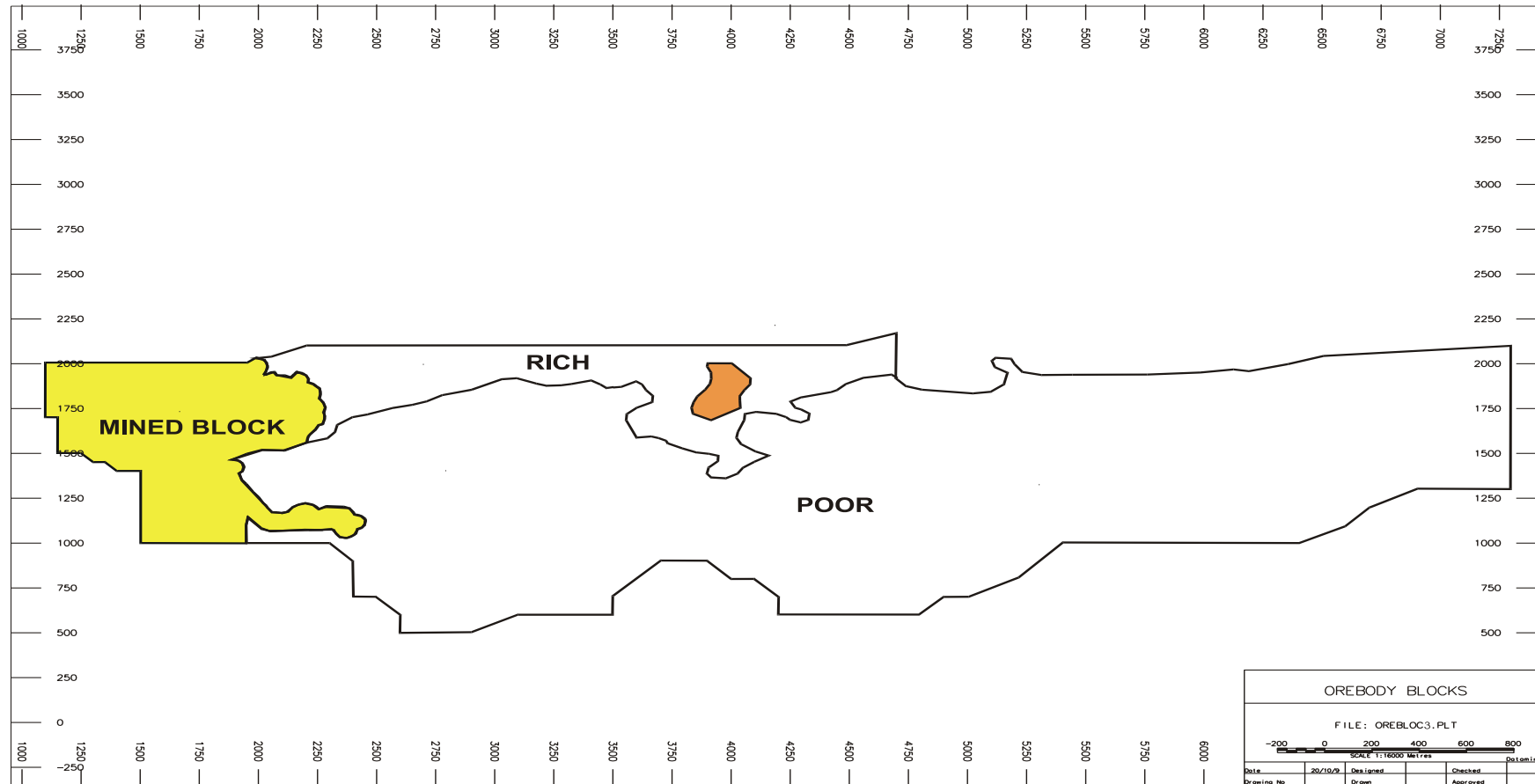


Fluxograma geral: lavra por dragagem





Layout da mina





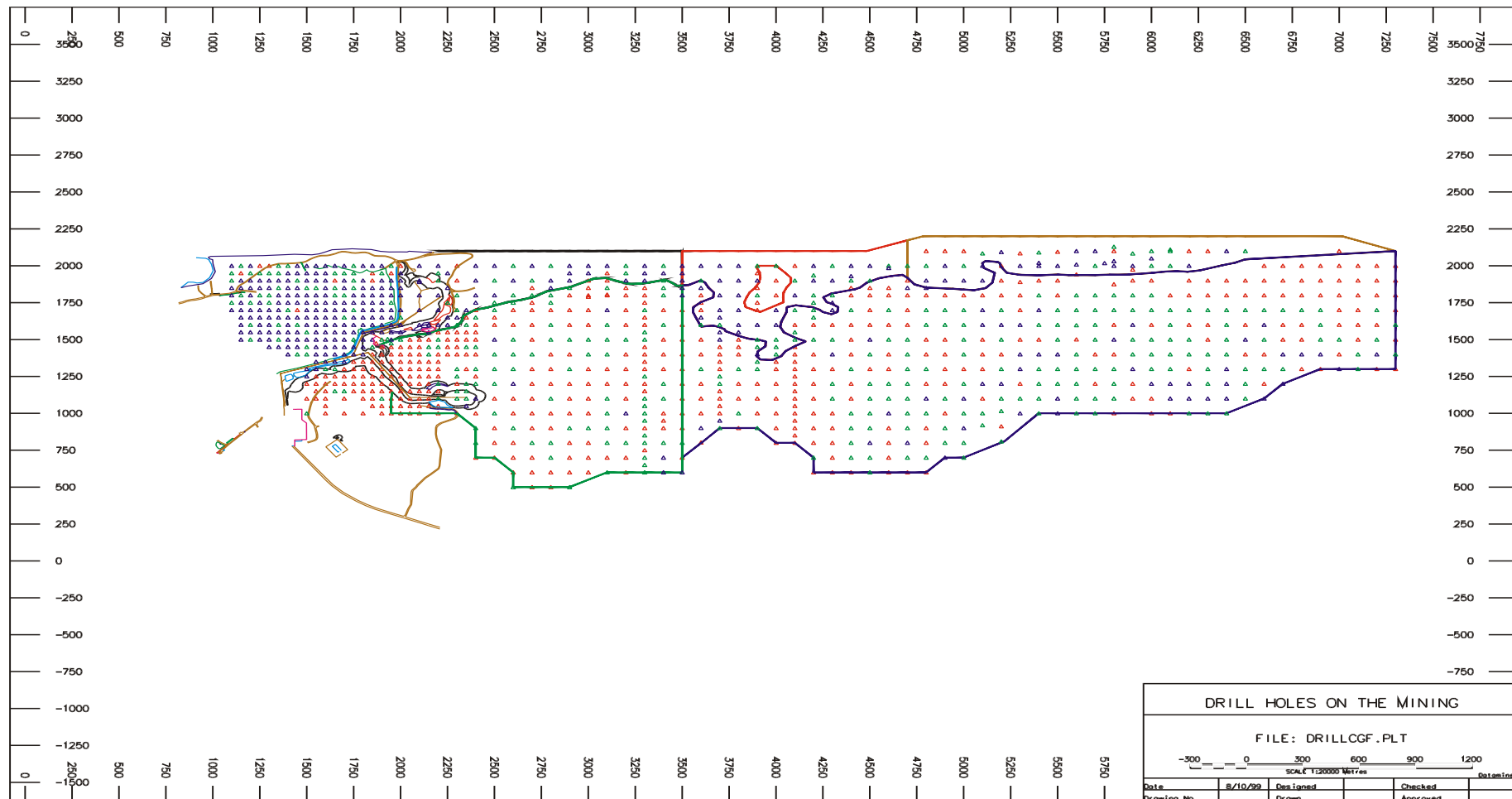
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

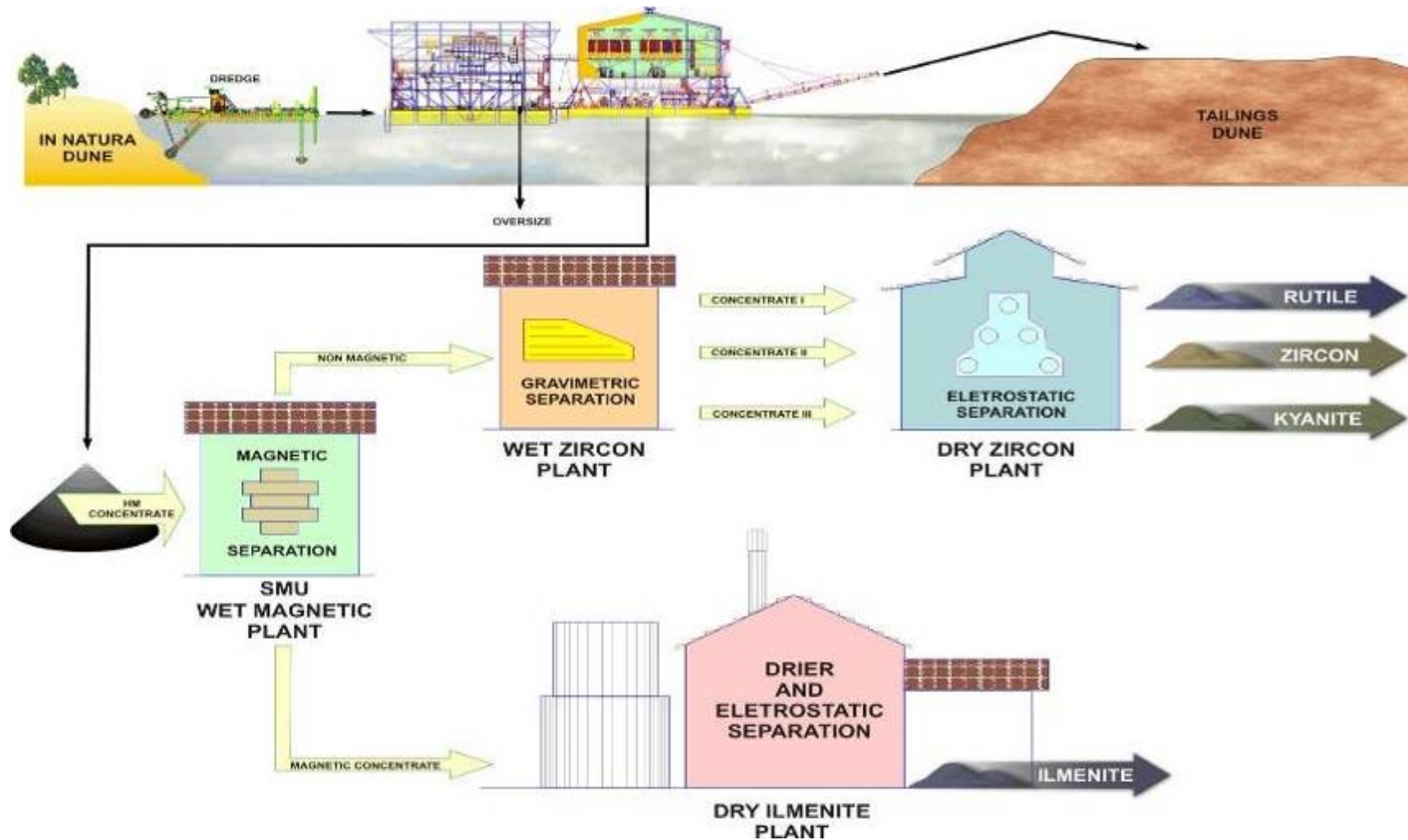
Layout da mina



Pesquisa mineral

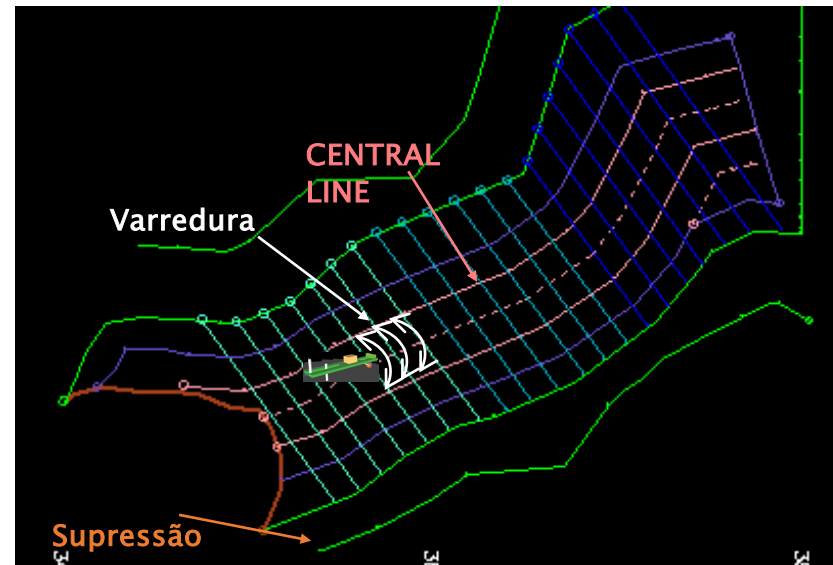
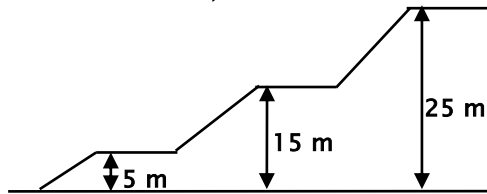


Arranjo produtivo

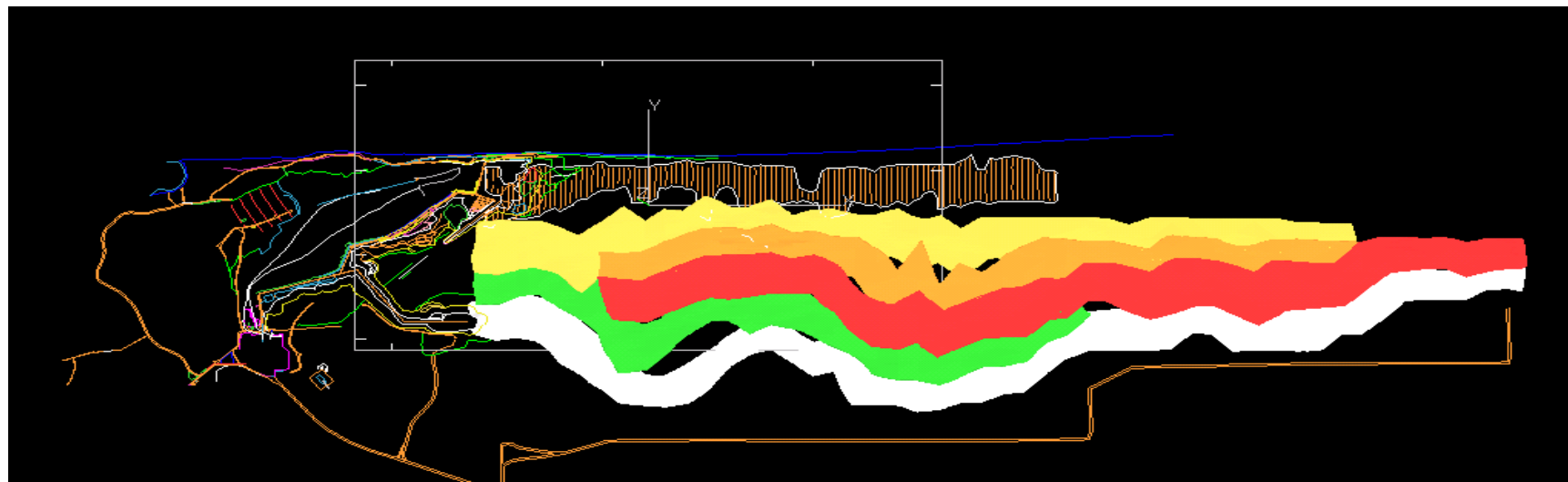
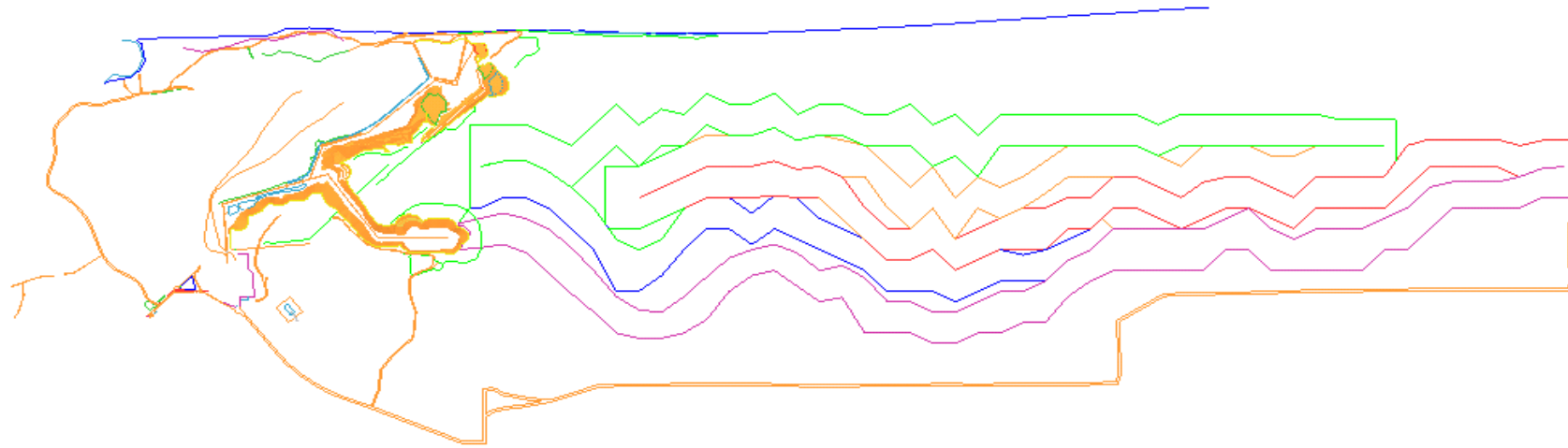


Itens de controle

- NÍVEL ÁGUA POÇA
- PROFUNDIDADE POÇA (6m – 11m)
- TRILHA DE DRAGAGEM
- EMPILHAMENTO REJEITOS
- OPERAÇÃO DRAGAGEM



Trilha de dragagem:



Visão geral





Planejamento de Lavra – Critérios de Projeto

The following criteria are given as a guide. The important issues are the minimum tailings distances.

Pond Length (at water level):

Normal operating: ~250 metres.

Minimum: ~200 metres (depending on whether boom stacking or landline stacking).

Pond Width (at water level):

Maximum: ~235 metres.

Minimum: ~142 metres.

Pond Depth:

Maximum : ~10 metres.

Minimum : ~ 6 metres.

Distance from toe of low level tailings to toe of intermediate level tailings:

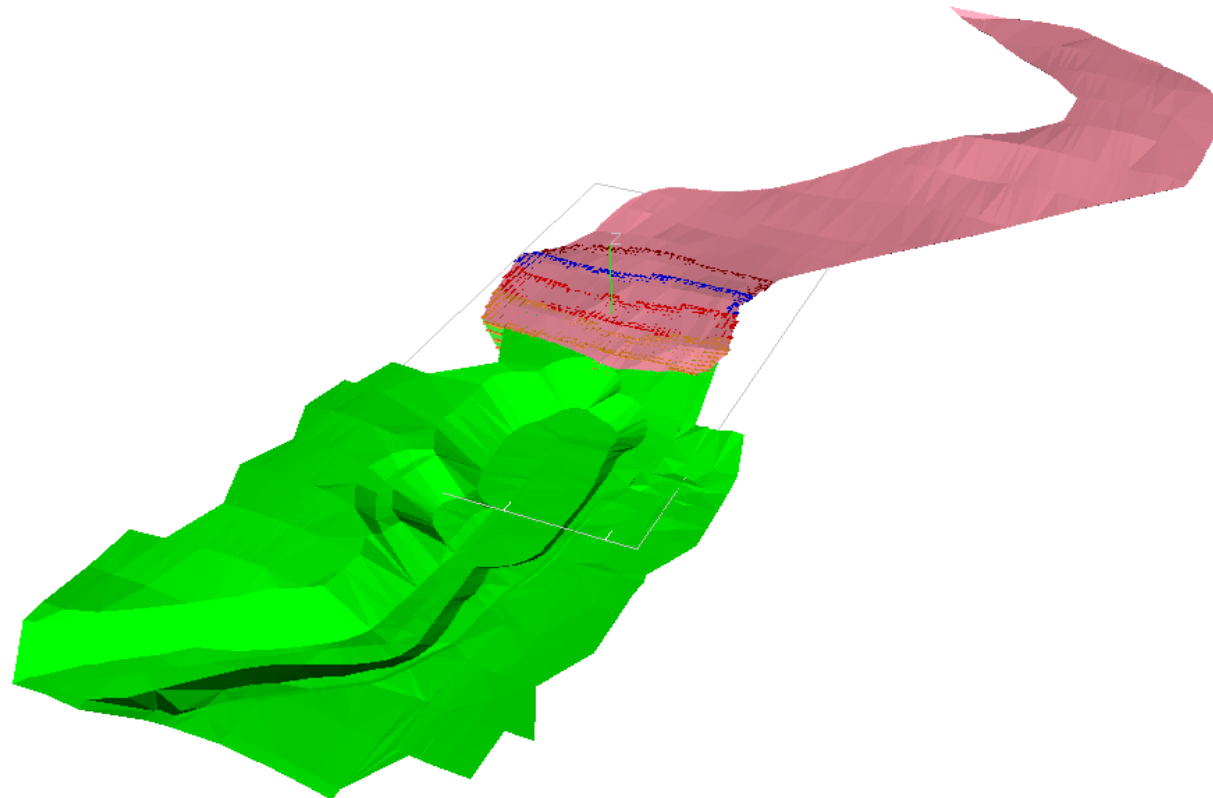
Minimum : ~100 metres

Distance from top of intermediate level tailings to toe of high level tailings:

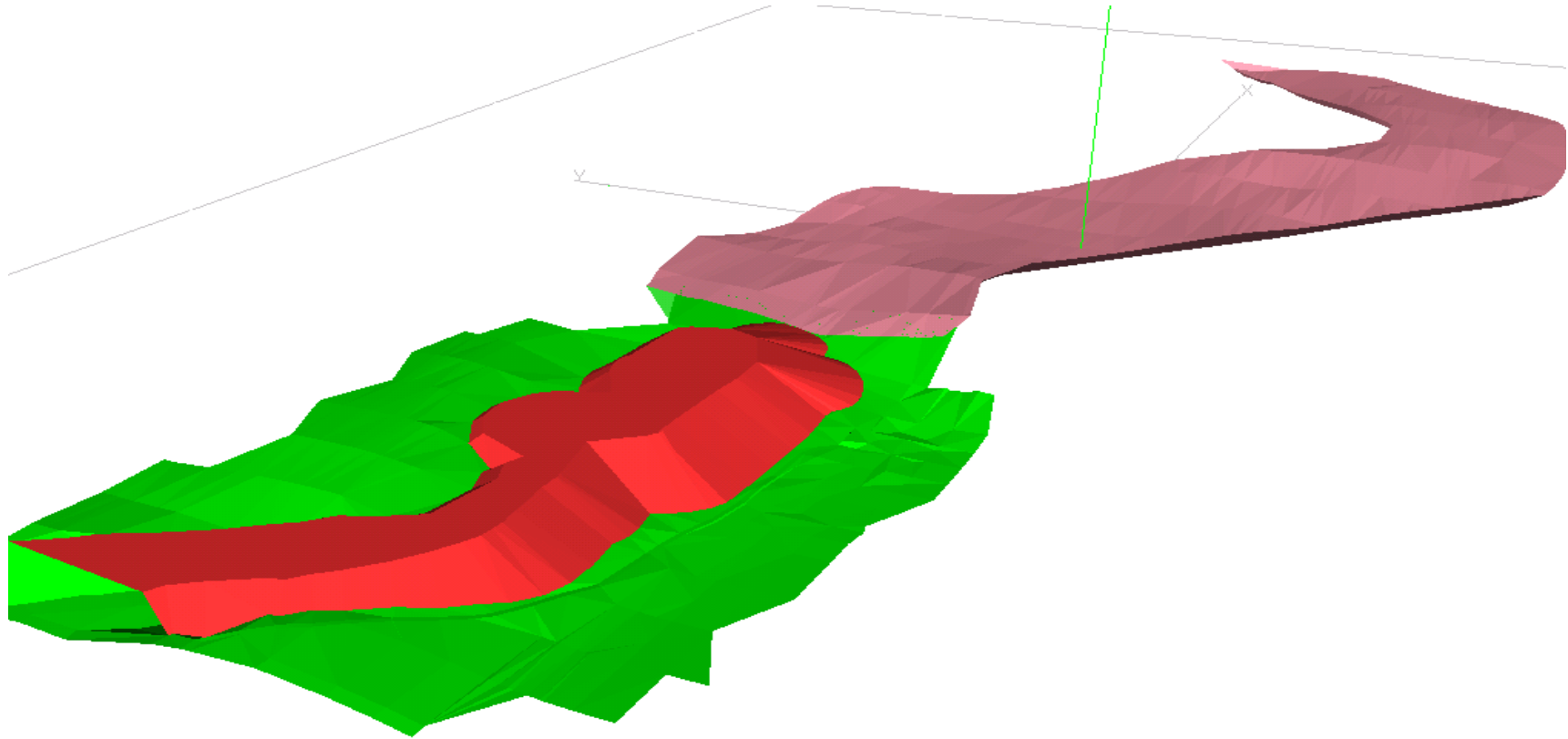
Minimum : ~110 metres

Important Note: The **minimum** tailings distances stated above may need to be increased, or may be able to be decreased, if operating experience proves otherwise. The slimes content of the headfeed material, and hence the tailings, will vary from time to time, and this may also influence the minimum distances if the assumed angles of repose prove to be incorrect.

Início da operação (“box cut”)



Deposição de rejeitos



Início da operação

Pátio de Montagem



Draga



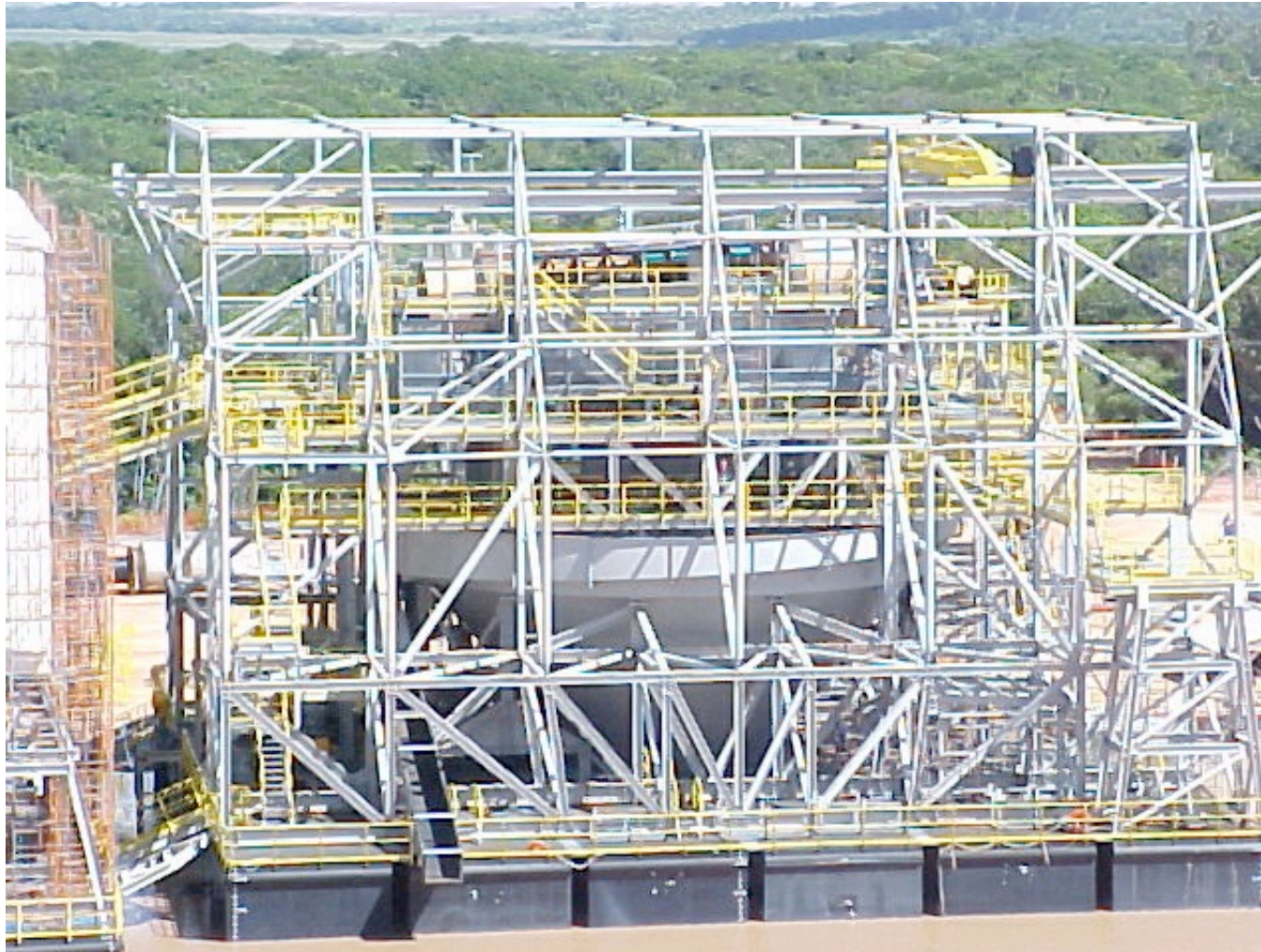
Início da operação



Draga



Módulo
Concentrador



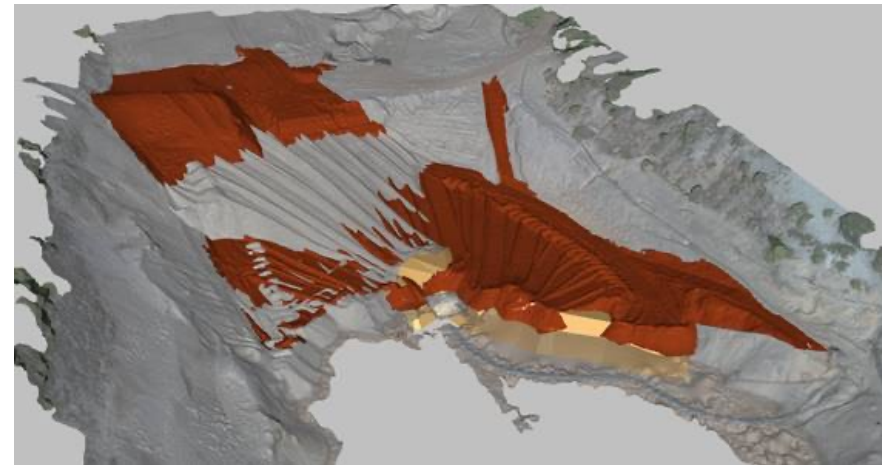
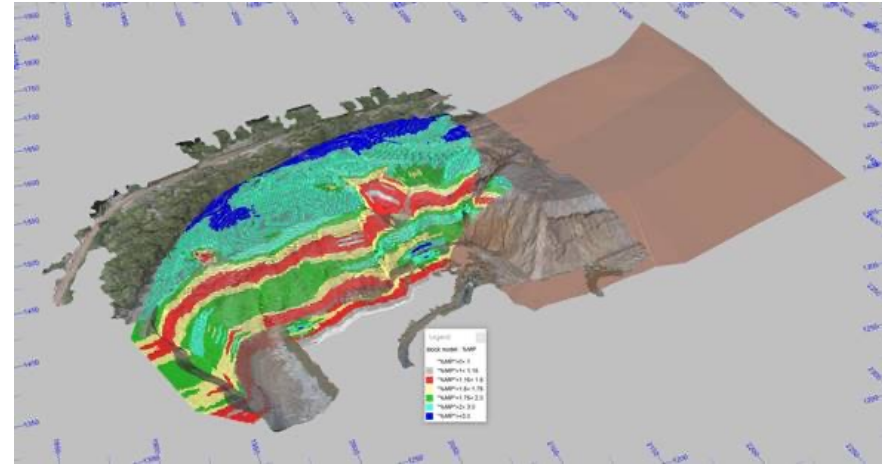
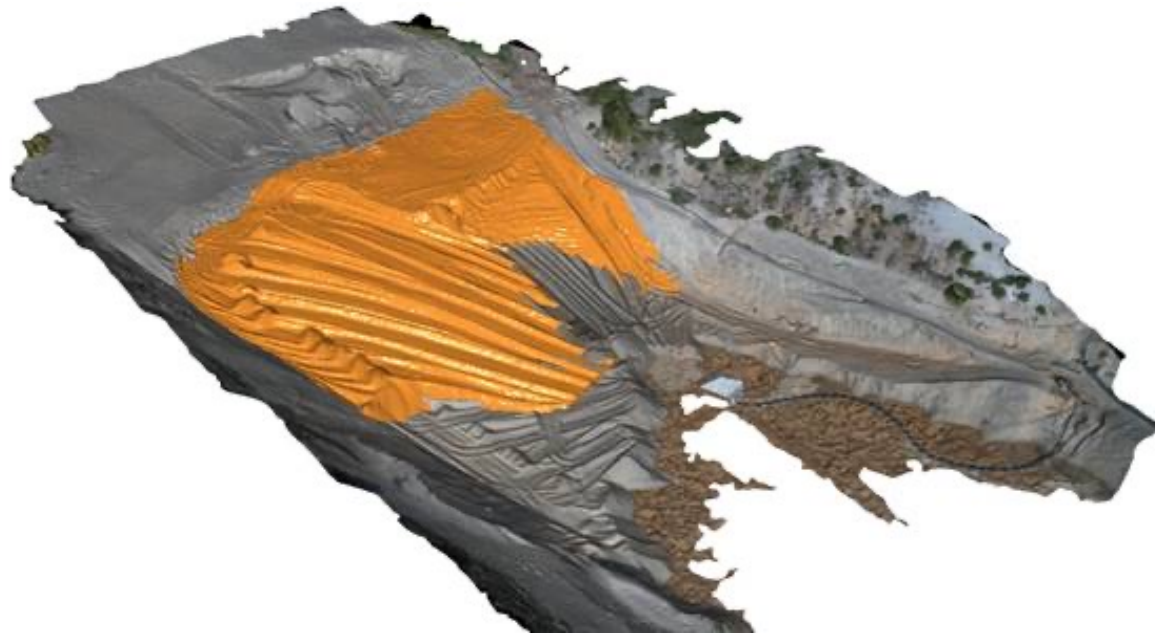
Módulo
Surge Bin



Início da operação



Planejamento de lavra





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

Operação plena

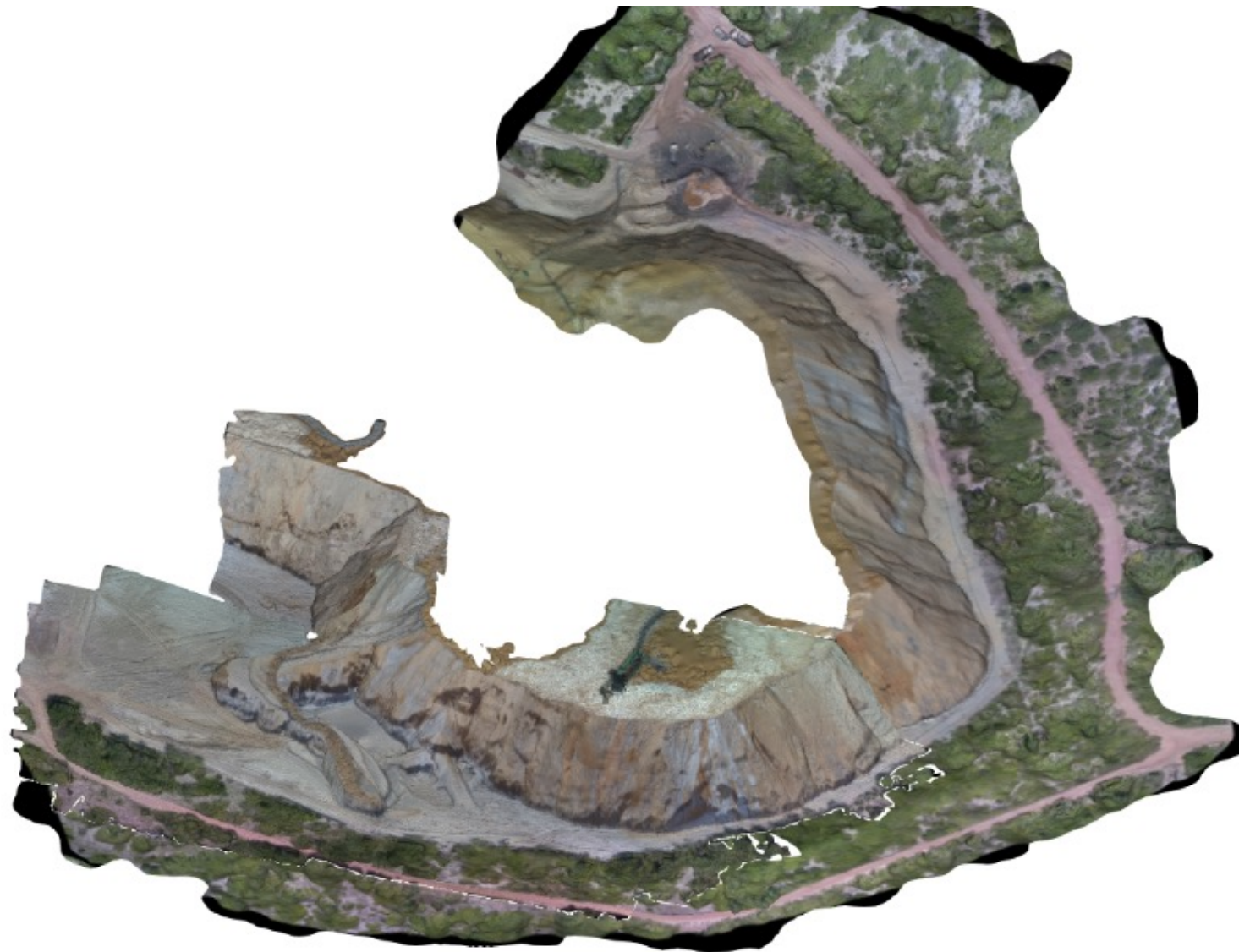




ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

Operação plena





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMI3225: Lavra a Céu Aberto

Operação plena





Pós-aula...

- Atividades do projeto da disciplina
- Prática com Micromine

Próxima aula

- Apresentação da MACRO ENTREGA 01
- Acompanhem no ***e-disciplinas***