



Teoria da Decisão

Trabalho Computacional

Professor: Lucas S. Batista

TEMAS: MODELAGEM, OTIMIZAÇÃO MONO E MULTIOBJETIVO, DECISÃO

Este trabalho tem por intuito abordar, de forma conjunta, os principais conceitos vistos na disciplina ELE088 – Teoria da Decisão.

Especificação do Problema

A partir de 2010 foram definidas leis a serem aplicadas no contexto de barragens de mineração. A evolução desse contexto histórico é ilustrada na Figura 1.

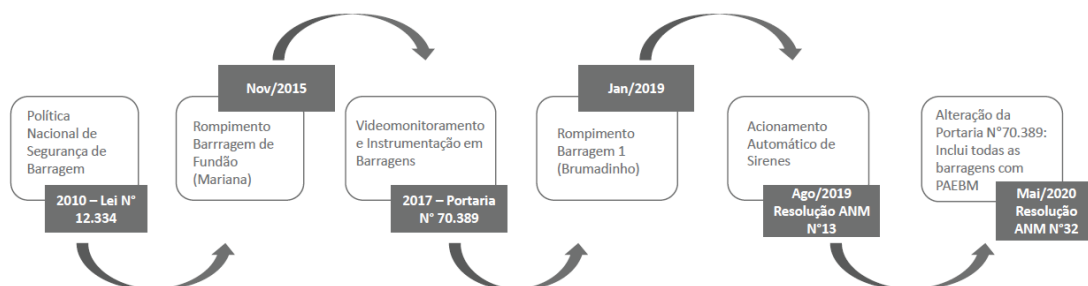


Figura 1: Evolução de leis e portarias aplicadas às barragens de mineração.

De forma geral, essas barragens devem possuir um Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM). Esse plano deve contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes instalados fora da mancha de inundação e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na zona de autossalvamento (ZAS), instalados em lugar seguro, e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual no empreendimento e remoto. A Figura 2 ilustra postes para transmissão e recepção de sinais (à esquerda) e sirenes (à direita).



Figura 2: Exemplos de equipamentos aplicados no monitoramento de barragens.

Com a instalação de inúmeras sirenes, sensores, medidores, painéis elétricos e outros ativos, tornou-se necessário a definição de áreas dedicadas à manutenção preventiva e corretiva desses equipamentos. O propósito deste trabalho envolve a alocação otimizada de equipes às bases de manutenção e a atribuição dos ativos às respectivas equipes instaladas nessas bases.

Seguem informações sobre esse problema:

- Dados de localização dos ativos e das bases de manutenção

As coordenadas (latitude e longitude) dos ativos e das bases de manutenção estão disponíveis no arquivo *probdata.csv*. Esse arquivo apresenta também a distância estimada entre bases e ativos (essas distâncias foram calculadas usando Python, por meio das bibliotecas *osmnx* e *geopy*). O arquivo *probdata.csv* está organizado conforme a Figura 3. Apenas a título de caracterização, as bases consideradas neste trabalho são apresentadas na Figura 4.

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5
Latitude da Base	Longitude da Base	Latitude do Ativo	Longitude do Ativo	Distância entre Base e Ativo

Figura 3: Organização dos dados do problema.

Item	Base	Coordenadas (Latitude e Longitude em Graus)
1	Mina de Segredo	-20.42356922351763 -43.85662128864406
2	Mina de Fábrica	-20.41984991094628 -43.87807289747346
3	Mina do Pico	-20.21903360119097 -43.86799823383877
4	Mina Abóboras	-20.15430320989316 -43.87736509890982
5	Mina Vargem Grande	-20.17524384792724 -43.8776334175356
6	Mina Capitão do Mato	-20.1176047615157 -43.92474303044277
7	Mina de Mar Azul	-20.0552230890194 -43.95878782530629
8	Mina da Mutuca	-20.0266764103878 -43.95792896914806
9	Mina Capão Xavier	-20.05089955414092 -43.97170154845308
10	Mina de Jangada	-20.09607975875567 -44.09515109222237
11	Mina de Águas Claras	-19.96289872248546 -43.90611994799001
12	Mina Córrego do Meio	-19.86222243086092 -43.79440046882095
13	Mina de Córrego do Feijão	-20.12490857385939 -44.12537961904606
14	Mina Tamanduá	-20.08768706286346 -43.94249431874169

Figura 4: Coordenadas das bases de manutenção.

- O que se deseja conhecer
 1. Bases onde serão alocadas as equipes de manutenção;
 2. Os ativos sob responsabilidade de cada equipe.

- Restrições de projeto
 1. Cada equipe deve ser alocada a exatamente uma base de manutenção;
 2. Cada ativo deve ser atribuído a exatamente uma base de manutenção;
 3. Cada ativo só pode ser atribuído a uma base se esta estiver ocupada por pelo menos uma equipe de manutenção;
 4. Cada ativo deve ser atribuído a exatamente uma equipe de manutenção;

5. Cada ativo só pode ser atribuído a uma equipe se esta estiver ocupando a base na qual o ativo estiver alocado;
6. Considerando a existência de n ativos e m bases, cada equipe deve ser responsável por pelo menos $\eta n/m$, em que $\eta = 0.2$ é um percentual definido pela empresa.

Com base nas especificações anteriores, pede-se:

ENTREGA #1: MODELAGEM MATEMÁTICA E OTIMIZAÇÃO MONO-OBJETIVO

i. Formulação:

Assuma a seguinte definição das variáveis de otimização:

$x_{ij} \in \{0,1\}$: 1 se o ativo i for atribuído à base j ; 0, caso contrário;

$y_{jk} \in \{0,1\}$: 1 se a base j for ocupada pela equipe k ; 0, caso contrário;

$h_{ik} \in \{0,1\}$: 1 se o ativo i for mantido pela equipe k ; 0, caso contrário.

(a) Modele uma função objetivo $f_1(\cdot)$ para minimização da distância total entre os ativos e suas respectivas equipes de manutenção.

(b) Modele uma função objetivo $f_2(\cdot)$ para minimização da diferença do número de ativos mantidos pelas equipes mais e menos sobrecarregadas.

(c) Modele as restrições do problema.

ii. Algoritmo de solução:

(a) Proponha uma variação da metaheurística vista no curso que seja adequada para resolver as versões mono-objetivo do problema (i.e., para otimizar separadamente as funções $f_1(\cdot)$ e $f_2(\cdot)$ com suas respectivas restrições).

(b) Explícite como uma solução candidata será modelada computacionalmente.

(c) Proponha pelo menos três (03) estruturas de vizinhança.

(d) Proponha uma heurística construtiva para gerar a solução inicial.

(e) Considere alguma estratégia de refinamento (busca local).

iii. Resultados da otimização mono-objetivo:

(a) Utilize o algoritmo proposto no item (ii) para resolver as versões mono-objetivo do problema.

(b) Como o método é estocástico, ele deve ser executado 05 vezes para cada uma das funções e os cinco resultados finais obtidos devem ser apresentados: para cada função otimizada, mostre os valores *min*, *std* e *max* considerando-se as 05 soluções finais encontradas.

(c) Para cada função otimizada, apresente as 05 curvas de convergência do algoritmo sobrepostas em uma mesma figura, i.e., evolução do valor de $f(\cdot)$ em função do número de avaliações de soluções candidatas ou iterações do algoritmo proposto.

(d) Para cada função otimizada, plote uma figura no plano Cartesiano com a melhor solução encontrada, ilustrando a localização de todos os ativos e todas as bases (destaque as bases ocupadas e as respectivas equipes alocadas). Estabeleça conexões entre os ativos e as respectivas equipes de manutenção responsáveis. Veja exemplo de ilustração na Figura 5.

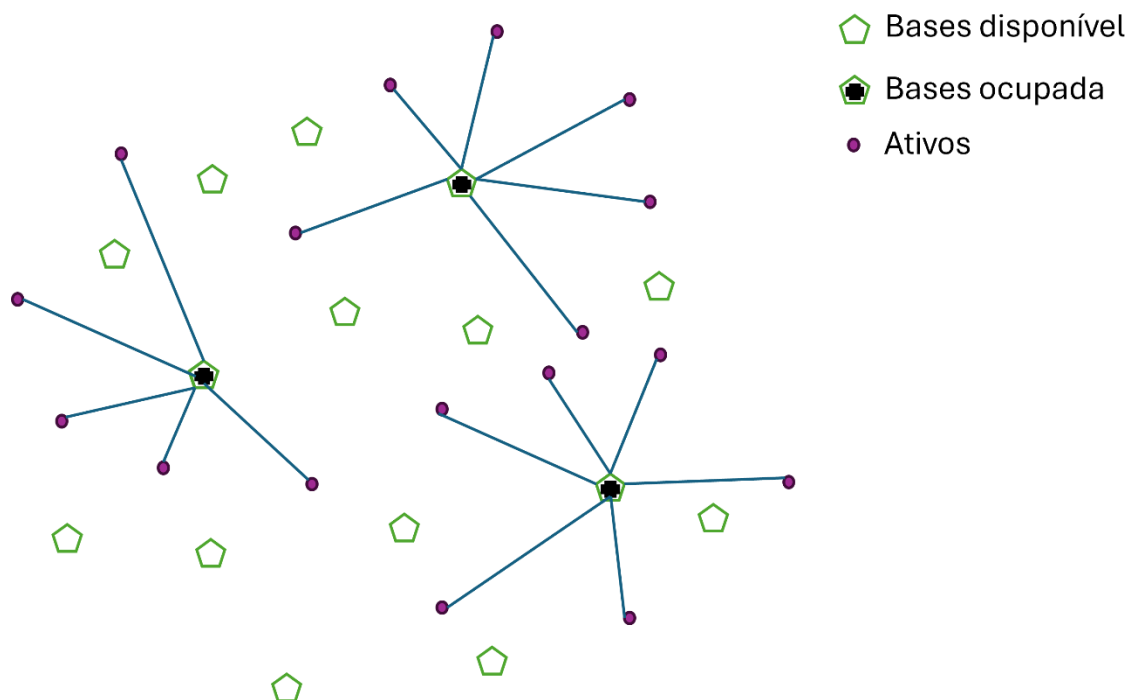


Figura 5: Ilustração de uma solução para o problema.

ENTREGA #2: OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO

iv. Resultados da otimização multiobjetivo:

(a) Apresente a modelagem matemática do problema considerando as abordagens escalares Soma Ponderada (P_w) e ϵ -restrito (P_ϵ).

(b) Para cada uma das abordagens escalares (Soma Ponderada (P_w) e ϵ -restrito (P_ϵ)), utilize o algoritmo apresentado no item (ii) para resolver o problema biobjetivo construído.

(c) Como o método é estocástico, ele deve ser executado 05 vezes considerando cada uma das abordagens escalares. Para cada uma das técnicas empregadas, as 05 fronteiras obtidas devem ser apresentadas sobrepostas em uma mesma figura.

(d) Cada fronteira estimada deve conter no máximo 20 soluções não-dominadas.

ENTREGA #3: TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

v. Resultados da tomada de decisão:

(a) Empregue 02 métodos de auxílio à tomada de decisão para escolher a ação final a ser implementada (as opções são Abordagem Clássica, AHP, ELECTRE, PROMETHEE e TOPSIS).

(b) Compare os métodos escolhidos. Como executou o otimizador mais de uma vez, considere a fronteira não-dominada obtida a partir da união de todas as fronteiras estimadas (no fim do processo, considere no máximo 20 soluções não-dominadas).

(c) Assuma como critérios de decisão pelo menos quatro (04) atributos de interesse, i.e., as duas funções objetivo definidas no problema e pelo menos mais duas funções adicionais que considerar relevantes (e.g., desvio padrão do balanço de carga das equipes, desvio padrão do desvio da distância total percorrida por cada equipe, robustez da solução em relação a ausência de uma ou mais equipes, robustez da solução em relação a inviabilidade de uma equipe em atender certos ativos etc.). Os atributos empregados devem ser claramente definidos e apresentados. A ideia é escolher uma configuração final (solução) que seja confiável/ robusta diante de cenários ligeiramente distintos do previsto. Para os atributos adicionais a serem propostos, a equipe tem liberdade para gerar os dados extras necessários.

(d) Os métodos de decisão utilizados devem ser apropriadamente definidos e apresentados.

(e) No caso de incomparabilidade entre alternativas no final do processo, estabeleça um critério adicional e tome sua decisão. É importante notar que neste trabalho você representa a unidade de decisão e, portanto, é responsável pela definição dos pesos dos atributos e demais parâmetros que forem necessários.

(f) Plote uma figura contendo a fronteira de soluções avaliadas na tomada de decisão e indique, nesta figura, qual(is) solução(ões) foi(foram) escolhida(s).

(g) Plote uma figura no plano Cartesiano com a(s) solução(ões) final(is) escolhida(s), ilustrando a localização das equipes e suas conexões com os respectivos ativos (conforme ilustrado na Figura 5).

NOTA

O atendimento a todos os itens estabelecidos, bem como a apresentação e organização formal deste TC, são fundamentais para uma avaliação adequada do trabalho. Para o texto final, o aluno deve empregar um dos “templates” disponibilizados na página da disciplina. O texto final e código usado no desenvolvimento deverão ser enviados somente via plataforma Moodle.

Serão aceitos no máximo 10 grupos.