

RELATÓRIO TRABALHO INDIVIDUAL 2



No âmbito da UC Optimização Heurística|

```
4. Iteração principal do Simulated Annealing
for k in range(n_temperaturas):
    Tk = 0.5 ** k * T0 # Definir a temperatura Tk
    for _ in range(max_iter):
        # Gerar uma solução vizinha S'
        S_vizinha = gerar_solucao_vizinha(S, matriz_adj, tabela)

        # Calcular o custo da solução vizinha
        custo_vizinho = calcular_custo(S_vizinha, tabela)
        # custo_vizinho = 10400

        # Calcular a variação de custo delta_f (entre o valor da nova solução e o valor da solução atual)
        delta = custo_vizinho - custo_atual

        # Aceitar a solução vizinha com base na variação de custo e temperatura atual Tk
        aceita = accept_solution(delta, temperatura)
        if aceita:
            # Atualizar a solução atual, caso a solução vizinha seja aceite
            S = S_vizinha
            custo_atual = custo_vizinho

        # Escrita das informações da iteração
        all_sols.loc[contador] = {'iter': k, 'temp': temperatura, 'zonas': S, 'rendimento': custo_vizinho, 'prob_aceitação': np.exp(-delta / temperatura)}
        contador += 1

        # Atualizar a melhor solução encontrada (se necessário)
        if custo_vizinho < melhor_custo:
            melhor_solucao = S_vizinha
            melhor_custo = custo_vizinho
        # Calcular impacto ambiental total da melhor solução encontrada
        impacto_total = calcular_impacto(melhor_solucao, tabela)
    # Reduzir a temperatura Tk+1
    temperatura *= alpha
```

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

#OUTPUTS

nome: Rita Guerreiro

número: 112018

turma: CDB2

Índice

Índice	1
Introdução ao Problema	2
Questão a)	3
Questão b)	3
Questão c)	4
Questão d)	7
Questão e)	7
Questão f)	8
Questão g)	9

Introdução ao Problema

A herdade representada na Figura 1 possui uma área florestal dividida nas zonas A1, ..., A30, conforme pode ser visto:

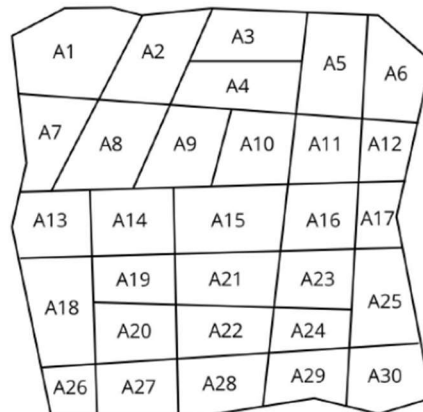


Figura 1: Mapa da área florestal

O dono da herdade pretende escolher quatro zonas para fazer o corte de árvores para vender a uma empresa produtora de mobiliário.

A seguinte tabela contém, para cada zona, a estimativa do rendimento que poderá ser obtido com o corte das suas árvores, e, o índice de impacto ambiental do corte das mesmas numa escala de 1 a 4 (onde 1 representa menor impacto ambiental e 4 maior impacto ambiental).

Zona	Rentabilidade Esperada	Impacto Ambiental	Zona	Rentabilidade Esperada	Impacto Ambiental
A1	2600	2	A16	2900	1
A2	3400	4	A17	1300	4
A3	1900	3	A18	3300	1
A4	2100	4	A19	3000	1
A5	3000	2	A20	4200	1
A6	3200	2	A21	4200	4
A7	3400	1	A22	2400	1
A8	4300	2	A23	4600	3
A9	4700	4	A24	1800	1
A10	1100	3	A25	4500	4
A11	4600	4	A26	2000	2
A12	4700	4	A27	1700	1
A13	1700	1	A28	1700	3
A14	5000	4	A29	1500	2
A15	1900	1	A30	1700	3

Por simplicidade, assume-se que duas zonas são adjacentes apenas se tiverem uma fronteira em comum. Por exemplo, a zona A15 é adjacente à zona A9, mas não é adjacente à zona A19.

Objetivo do problema: O dono da herdade pretende escolher as quatro zonas que maximizam a rentabilidade esperada.

Condições impostas:

- ★ As zonas escolhidas não podem ser adjacentes umas às outras (para garantir a conservação do habitat existente nesta área florestal).
- ★ A soma dos índices de impacto ambiental das quatro zonas escolhidas não pode ultrapassar o valor 8, por outras palavras seja igual ou inferior a 8

Satisfações:

- Todas as zonas da área florestal as árvores satisfazem as exigências da empresa de mobiliário.

Na tentativa de atingir o objetivo, a companhia irá definir e implementar um algoritmo de Simulated Annealing.

Questão a)

Descreva por palavras em que consiste uma solução admissível para o problema.

Uma solução para o problema em causa remete o valor máximo da rentabilidade esperada com o corte das árvores pertencentes às quatro áreas florestais escolhidas. Já uma solução admissível para o problema consiste numa solução que satisfaz obrigatória e simultaneamente as condições impostas, ou seja, a soma dos índices de impacto ambiental das zonas não ultrapasse o valor 8, e, entre as zonas não haja adjacências.

As soluções admissíveis irão variar consoante as áreas escolhidas e o algoritmo gerado.

Questão b)

Defina uma heurística que lhe permita determinar uma solução admissível para o problema.

As *thumb's rules* definidas de uma heurística construtiva que permita determinar uma solução admissível para o problema são as seguintes:

Passo 1

Escolher aleatoriamente uma zona

Passo 2

Para a zona i escolhida, calcular para as suas j zonas não adjacentes $S_i = \sum_{i \neq j} S_{ij}$, onde S_{ij} = soma dos índices de impacto ambiental entre a zona i e todas as zonas j não adjacentes

Passo 3

Escolher aleatoriamente uma zona j cuja soma dos índices de impacto ambiental seja inferior a 7 (para garantir a satisfação do critério da soma total dos índices de impacto ambiental de todas as zonas selecionadas não ultrapassar 8)

Passo 4

Atualizar a soma dos índices de impacto ambiental das zonas selecionadas

Passo 5

Escolher obrigatória e aleatoriamente uma zona que ainda não tenha sido selecionada, que não seja adjacente às zonas já selecionadas e cuja soma do índice de impacto ambiental desta com impacto ambiental até ao momento seja inferior a 8. Se não houverem zonas disponíveis que atendam aos critérios o algoritmo deve parar. Atualizar novamente o impacto ambiental.

Passo 6

Repetir o passo 5 para a última zona selecionada, mas neste escolher aleatoriamente uma zona j cuja soma dos índices de impacto ambiental seja inferior ou igual a 8 ao invés de inferior a 7.

Questão c)

Tendo em conta a alínea b), determine uma solução admissível para o problema

Construção da solução admissível para o problema com base nas regras definidas na alínea anterior:

Passo 1

A zona escolhida aleatoriamente é a A15.

Passo 2

As zonas adjacentes à A15 são a A9,A10,A15,A16 e A21, pelo que as não adjacentes são as restantes, ou seja, [A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A14, A17, A18, A19, A20, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29 e A30].

Para as zonas não adjacentes a soma dos índices de impacto ambiental destas com A15 é dada por: $S_{ij} = s_i + s_j$, com $i \neq j$, com $i=A15$ e j as respetivas zonas não adjacentes.

Na seguinte tabela encontram-se na primeira coluna as zonas j (não adjacentes à A15), na segunda coluna o respectivo valor do índice de impacto ambiental da zona j (S_j), e por fim na terceira coluna, a soma dos índices de impacto ambiental de j e A15.

Zona j	Sj	Sj + SA15
A1	2	3
A2	4	5
A3	3	4
A4	4	5
A5	2	3
A6	2	3
A7	1	2
A8	2	3
A11	4	5
A12	4	5
A13	1	2
A14	4	5
A17	4	5
A18	1	2
A19	1	2
A20	1	2
A22	1	2
A23	3	4
A24	1	2
A25	4	5
A26	2	3
A27	1	2
A28	3	4
A29	2	3
A30	3	4

SA15
1

Passo 3

As zonas não adjacentes a A15 e cuja soma dos índices de impacto ambiental seja igual ou inferior a 6 são todas as não adjacentes determinadas no passo anterior (observável na terceira coluna da tabela prévia).

Assim, basta escolher aleatoriamente uma das zonas não adjacentes a A15, a escolhida será a A2.

Passo 4

Uma vez que já foram escolhidas duas zonas, o impacto ambiental é agora equivalente à soma dos índices das zonas escolhidas, ou seja, 5 (SA15=1 + SA2=4).

Passo 5

Conjunto de zonas não seleccionadas dentro das possíveis até ao momento são: [A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A12, A13, A14, A17, A18, A19, A20, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29 e A30].

As zonas anteriores verificam a condição de não adjacência a A15, no entanto é preciso determinar quais destas verificam simultaneamente a condição de não adjacência a A2, pois nenhuma das zonas selecionadas pode ser adjacente.

As zonas adjacentes a A2 são: A1, A3, A4 e A8, como tal todas as restantes são não adjacentes. Assim, sem as zonas adjacentes a A2, o novo conjunto de zonas aptas a serem selecionadas é: [A5, A6, A7, A11, A12, A13, A14, A17, A18, A19, A20, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29 e A30].

Para estas zonas é necessário calcular a soma do índice de impacto ambiental destas com o impacto ambiental até ao momento ($S=5$), presente na terceira coluna da seguinte tabela:

Zona j	Sj	Sj + S	S
A5	2	7	5
A6	2	7	
A7	1	6	
A11	4	9	
A12	4	9	
A13	1	6	
A14	4	9	
A17	4	9	
A18	1	6	
A19	1	6	
A20	1	6	
A22	1	6	
A23	3	8	
A24	1	6	
A25	4	9	
A26	2	7	
A27	1	6	
A28	3	8	
A29	2	7	
A30	3	8	

De entre as zonas na tabela, aquelas cuja soma do impacto ambiental é inferior ou igual a 7 são respetivamente: [A5, A6, A7, A13, A18, A19, A20, A22, A24, A26, A27 e A29]. A zona escolhida aleatoriamente deste conjunto de possibilidades é a A18, pelo que o impacto ambiental é agora de 6.

As zonas selecionadas são portanto a A15, A2 e a A18.

Passo 6

Dentro do conjunto de possibilidades [A5, A6, A7, A13, A18, A19, A20, A22, A24, A26, A27 e A29], as zonas adjacentes a A18 são a A13, A19, A20 e A26, excluindo estas o novo conjunto de possibilidades é: [A5, A6, A7, A18, A22, A24, A27 e A29].

Na tabela seguinte encontra-se na terceira coluna a soma do índice de impacto ambiental das zonas prévias com o impacto ambiental até ao momento ($S=6$):

Zona j	S_j	$S_j + S$	S
A5	2	8	6
A6	2	8	
A7	1	7	
A18	1	7	
A22	1	7	
A24	1	7	
A27	1	7	
A29	2	8	

Uma vez que todas as zonas apresentam uma soma de impacto ambiental igual ou inferior a 8, qualquer uma pode ser a última escolhida. A última zona escolhida aleatoriamente é a A29.

A solução admissível determinada para o problema é: A15, A2, A18, A29.

O rendimento esperado com esta solução corresponde à soma da rentabilidade esperada destas áreas, ou seja, 10 000 unidades monetárias ($1900 + 3400 + 3300 + 1500$).

Questão d)

Defina a estrutura de vizinhança de uma solução.

A estrutura de vizinhança de uma solução remete a função que, ao fazer pequenas mudanças graduais e sistemáticas a cada solução $s \in S$, atribui-lhe um conjunto de soluções vizinhas (representadas por $\mathcal{N}(s) \rightarrow$ vizinhança da solução s). Estas mudanças podem ser implementadas de diversas maneiras, como trocar um elemento por outro, adicionar ou remover elementos, ou modificar parâmetros da solução. O objetivo é explorar as diferentes possibilidades à volta da solução atual para encontrar soluções alternativas que possam ser melhores em termos de critérios específicos.

Questão e)

Tendo em conta a alínea d), determine uma solução vizinha da solução que apresentou na alínea c).

Uma vizinhança da solução obtida na alínea c) pode ser obtida removendo a última zona selecionada, e inserindo uma outra zona aleatória cujo impacto ambiental total é igual ou inferior a 8.

Removendo a última zona selecionada: A27, e, substituindo-a por outra da tabela 3 cuja soma do impacto ambiental seja igual ou inferior a 8, uma vez que todas as zonas da tabela seguem este critério, a escolhida aleatoriamente é a A24.

Assim, uma solução vizinha para a solução obtida na alínea c) é por exemplo:

A15, A2, A18, A24

O rendimento esperado com esta solução é de 10 400 unidades monetárias (1900 + 3400 + 3300 + 1800), superior e consequentemente melhor do que a solução inicial.

Questão f)

Na tentativa de determinar uma solução, o dono da herdade irá definir e implementar um algoritmo de Simulated Annealing. Tendo em conta a estrutura de vizinhança definida na alínea d), apresente o pseudocódigo para a aplicação do algoritmo tomando como parametrização:

• $T = (t_0, t_1, t_2, t_3, t_4)$, em que $t_0 = 0.2 \times f(\text{Solução Inicial})$; $t_k = 0.5^k t_0$, $k = 1, 2, 3, 4$;

• $m_k = 5$, $k = 0, 1, 2, 3, 4$.

- Solução inicial: S_0

- Estrutura de vizinhança \aleph

- Função de avaliação f

- Processo de arrefecimento: $T = (t_0, t_1, t_2, t_3, t_4)$, em que $t_0 = 0.2 \times f(\text{Solução Inicial})$; $t_k = 0.5^k t_0$, com $k = 1, 2, 3, 4$

- Número de iterações para cada temperatura: $\text{max_iter} < 5$ (pois $M = 5$, com $k = 0, 1, 2, 3, 4$)

Pseudocódigo:

1. Inicializar a temperatura T_0 , o fator de resfriamento α e o número máximo de iterações max_iter

2. Gerar uma solução inicial aleatória S

3. Avaliar o custo da solução inicial $f(S)$

4. Para k de 0 a 4:

- Definir a temperatura $T_k = 0.5^k \cdot T_0$

- Para m_k de 0 a 4:

- Para i de 0 a max_iter :

- Gerar uma solução vizinha S' de S

- Avaliar o custo da solução vizinha $f(S')$

- Calcular a variação de custo $\Delta f = f(S') - f(S)$

- Se $\Delta f < 0$ ou $\text{rand}() < \exp(-\Delta f / T_k)$:

- Aceitar a solução vizinha S'

- Atualizar a solução atual $S = S'$

- Atualizar o custo atual $f(S) = f(S')$

- Reduzir a temperatura $T_{k+1} = \alpha \cdot T_k$

5. Retornar a solução encontrada S

Questão g)

Implemente o procedimento definido na alínea f).