



Departamento de Engenharia Informática e de Sistemas  
Licenciatura em Engenharia Informática – Ramo de Desenvolvimento de Aplicações

## **Introdução à Inteligência Artificial**

2017/2018



### **Trabalho prático: Troco**

**Trabalho Realizado por:**

Iuri Aires nº21210100

José Hugo Sousa Silva nº21240009

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>Introdução</b>    | <b>3</b>  |
| <b>Trepa-Colinas</b> | <b>4</b>  |
| <b>Evolutivo</b>     | <b>8</b>  |
| <b>Híbrido</b>       | <b>11</b> |
| <b>Conclusão</b>     | <b>11</b> |

## Introdução

Pretende-se com este trabalho a criação e análise de um sistema de troco com vários métodos de otimização que encontrem soluções de boa qualidade para diferentes instâncias.

## Trepa-Colinas

No trepa-colinas utilizamos um método de fácil compreensão, e o algoritmo consegue sempre chegar a solução ideal pretendida.

Os testes seguintes foram realizados com o ficheiro disponibilizado pelo professor, onde existem 3 Tipos de Moedas: 5 cêntimos, 20 cêntimos e 50 cêntimos. Valor a trocar 1 euro.

```
Repeticao 0: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 1: 6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 8
5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 2: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 5
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 3: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 4: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 5
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 5: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 6: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 5
5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 7: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 5
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 8: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 9: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 5

MBF: 4.100000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
```

Número de moedas utilizadas em média: 4.10

Como se pode verificar, encontrou nesta solução a melhor solução possível, que são 2 moedas de 50 cêntimos para o troco de um euro.

```
Repeticao 0: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 1: 10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 11
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 2: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 3: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 4: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 5: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 6: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 7: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 8: 10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 11
10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 9: 10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 11

MBF: 4.700000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Custo final: 2
```

A média de moedas: 4.7 (aumentou um bocado ligeiramente ao teste anterior)

Encontrou a melhor solução mais uma vez, onde foram utilizadas 2 moedas de 50 cêntimos.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE SISTEMAS INSTITUTO  
SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

Realizamos outros testes, desta vez com 5 Tipos de Moedas: 5 cêntimos, 20 cêntimos, 50 cêntimos, 1 euro e 2 euros. Com o troco pretendido de 2 euros e 50 cêntimos.

```
Repeticao 0: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 1: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 2
0 moedas de 0.20 5 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 2: 0 moedas de 0.20 5 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 5
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 3: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 3
5 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 4: 5 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 7
0 moedas de 0.20 5 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 5: 0 moedas de 0.20 5 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 5
10 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 6: 10 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 11
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 7: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 3
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 8: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 3
22 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 9: 22 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 25

MBF: 6.600000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 2
```

Moedas utilizadas em média: 6,6

Como pretendido foi encontrada a melhor solução, 1 moeda de 2 euros e 1 moeda de 50 cêntimos perfazendo o total de 2 euros e 50 cêntimos.



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE SISTEMAS INSTITUTO  
SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

```
Repeticao 0: 10 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 11
12 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 1: 12 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 16
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 2: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 3
16 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 3: 16 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 19
10 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 4: 10 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 11
2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 5: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 1 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 7
2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 6: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 6
6 moedas de 0.05 11 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 7: 6 moedas de 0.05 11 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 17
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 8: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 1.00 0 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 3
0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)

Repeticao 9: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 2

MBF: 9.500000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 1.00 1 moedas de 2.00(Valor = 2.50)
Custo final: 2
```

Média de moedas utilizadas: 9,5 ( Um bocado mais alto que anteriormente)  
Como se pode verificar foi possível chegar mais uma vez à solução ótima.

## Evolutivo

Os testes realizados no método evolutivo são iguais aos anteriores, e com a probabilidade de Mutação a 10% e probabilidade de Recombinação a 10%.

```
Repeticao 1: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Repeticao 2: 12 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 14

Repeticao 3: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2

Repeticao 4: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Repeticao 5: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Repeticao 6: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Repeticao 7: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2

Repeticao 8: 10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 11

Repeticao 9: 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Repeticao 10: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2

Solucoes Invalidos: 0

MBF: 5.600000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
```

Média de moedas utilizadas: 5.6 , baixando as moedas utilizadas em comparação ao trepa-colinas

No método evolutivo, também é possível verificar que encontra a melhor solução.



```
Repeticao 1: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2

Repeticao 2: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2

Repeticao 3: 8 moedas de 0.05 3 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 11

Repeticao 4: 4 moedas de 0.05 4 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Repeticao 5: 4 moedas de 0.05 4 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Repeticao 6: 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2

Repeticao 7: 6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Repeticao 8: 12 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 14

Repeticao 9: 6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Repeticao 10: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Solucoes Invalidos: 0

MBF: 6.800000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
Press [Enter] to close the terminal
```

Média de moedas utilizadas: 6.8

Neste segundo teste no método evolutivo foi encontrado mais uma vez a melhor solução, e a que era pretendida.

Os próximos 2 testes foram realizados com o ficheiro teste1.txt que foi utilizado para o trepa-colinas.

```
Repeticao 1: 2 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 5

Repeticao 2: 1 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4

Repeticao 3: 10 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Repeticao 4: 1 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4

Repeticao 5: 4 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 2 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 7

Repeticao 6: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3

Repeticao 7: 5 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 7

Repeticao 8: 10 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Repeticao 9: 4 moedas de 0.05 5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Repeticao 10: 2 moedas de 0.05 3 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 7

Solucoes Invalidos: 0

MBF: 6.700000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3
```

Média de moedas utilizadas: 6.7

Neste teste como se pode verificar foi encontrado a melhor solução, com o número de moedas utilizados = 3. E com várias soluções apresentadas, o algoritmo selecionou a melhor.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE SISTEMAS INSTITUTO  
SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

```
Repeticao 1: 4 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 2 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 7

Repeticao 2: 2 moedas de 0.05 7 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Repeticao 3: 12 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 14

Repeticao 4: 2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 6

Repeticao 5: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3

Repeticao 6: 5 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 7

Repeticao 7: 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3

Repeticao 8: 0 moedas de 0.20 4 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4

Repeticao 9: 8 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 2 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Repeticao 10: 10 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Solucoes Invalidos: 0

MBF: 7.400000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3
```

Média de moedas utilizadas: 6.7

Com a implementação do evolutivo podemos chegar as soluções pretendidas e ideias, como se pode verificar no exemplo.

## Híbrido

No método híbrido, utilizamos os mesmos ficheiros e a mesma probabilidade de mutação e recombinação.

```
Repeticao 1:
Trepacolinhas:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 2:
Trepacolinhas:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 3:
Trepacolinhas:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5
  16 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 4:
Trepacolinhas:
  16 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 17

Evolutivo:
  8 moedas de 0.05 3 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 11
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 5:
Trepacolinhas:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 6:
Trepacolinhas:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
  4 moedas de 0.05 4 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
```



```
Repeticao 7:
TrepaColinas:
  4 moedas de 0.05 4 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Evolutivo:
  6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8
  6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 8:
TrepaColinas:
  6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Evolutivo:
  2 moedas de 0.05 2 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 9:
TrepaColinas:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  10 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 11
  6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)

Repeticao 10:
TrepaColinas:
  6 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 8

Evolutivo:
  5 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 5

Solucoes Invalidos: 0

MBF: 6.200000

Melhor solucao encontrada 0 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50(Valor = 1.00)
Moedas Utilizadas: 2
```

Média de moedas utilizadas: 6.2

Com a implementação do híbrido e com a nossa otimização de programa encontramos rapidamente a melhor solução como podemos no exemplo em cima.



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE SISTEMAS INSTITUTO  
SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

```
Repeticao 1:
TrepaColinas:
  12 moedas de 0.05 7 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 19

Evolutivo:
  2 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 5
  10 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 2:
TrepaColinas:
  10 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 10

Evolutivo:
  3 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 5
  0 moedas de 0.20 4 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 3:
TrepaColinas:
  0 moedas de 0.20 4 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4

Evolutivo:
  3 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 5
  3 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 4:
TrepaColinas:
  3 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 5

Evolutivo:
  0 moedas de 0.20 4 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4
  0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 5:
TrepaColinas:
  0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3

Evolutivo:
  2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 2 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4
  0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 6:
TrepaColinas:
  0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 3

Evolutivo:
  2 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 5
  12 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
```

```
Repeticao 7:
TrepaColinas:
  12 moedas de 0.05 0 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 2 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 14

Evolutivo:
  0 moedas de 0.20 4 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4
  1 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 8:
TrepaColinas:
  1 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4

Evolutivo:
  2 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 2 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 4
  2 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 9:
TrepaColinas:
  2 moedas de 0.05 1 moedas de 0.20 2 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 6

Evolutivo:
  6 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 1 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 7
  4 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)

Repeticao 10:
TrepaColinas:
  4 moedas de 0.20 1 moedas de 0.50 1 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 6

Evolutivo:
  4 moedas de 0.05 9 moedas de 0.20 0 moedas de 0.50 0 moedas de 0.70 0 moedas de 0.80(Valor = 2.00)
Moedas Utilizadas: 13

Solucoes Invalidos: 0

MBF: 6.500000
```

Média de moedas utilizadas: 6.5

Com a implementação do híbrido e com a nossa optimização de programa encontramos rapidamente a melhor solução como podemos no exemplo em cima.

## Conclusão

Com a realização deste trabalho, conseguimos aplicar as técnicas utilizadas na disciplina e esperemos poder aplicar estes algoritmos no futuro. Conseguimos entender o conceito de inteligência artificial e como está funciona, e o seu objetivo.