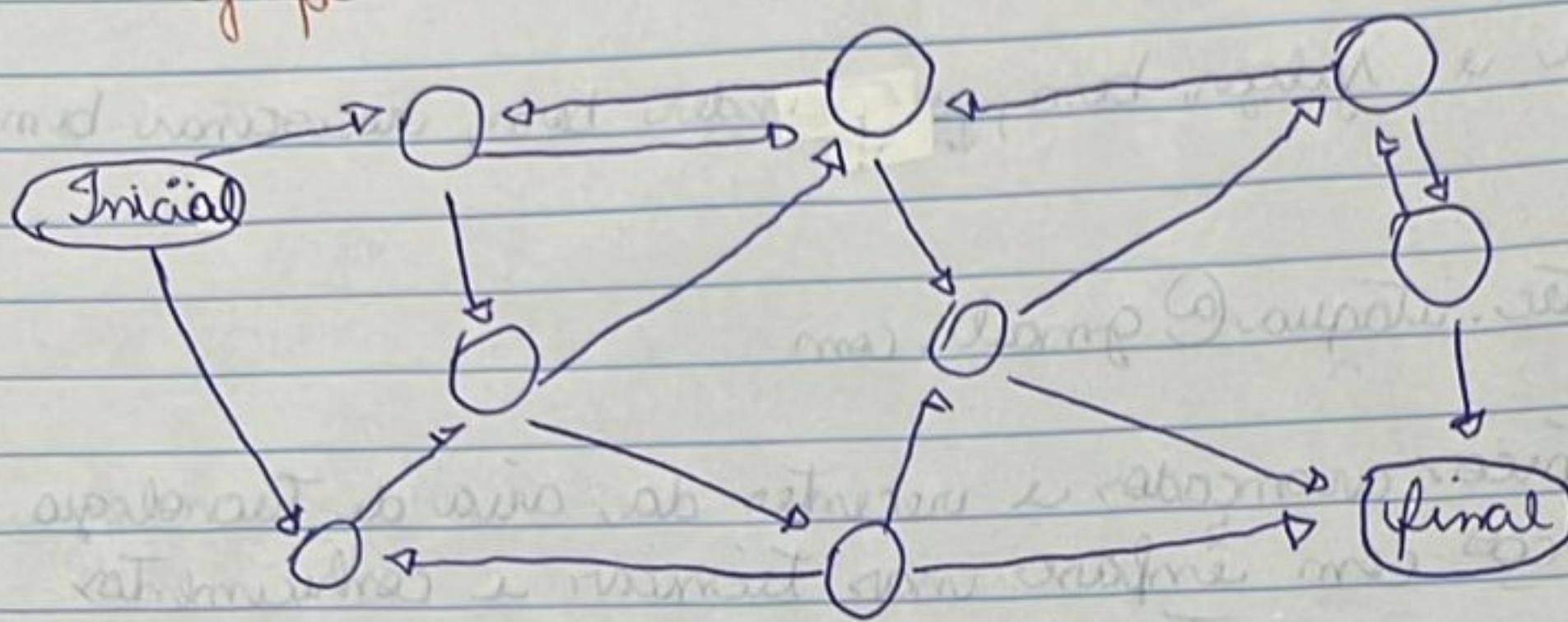


12/08/24

D S T Q O S S  
D L M M J V S

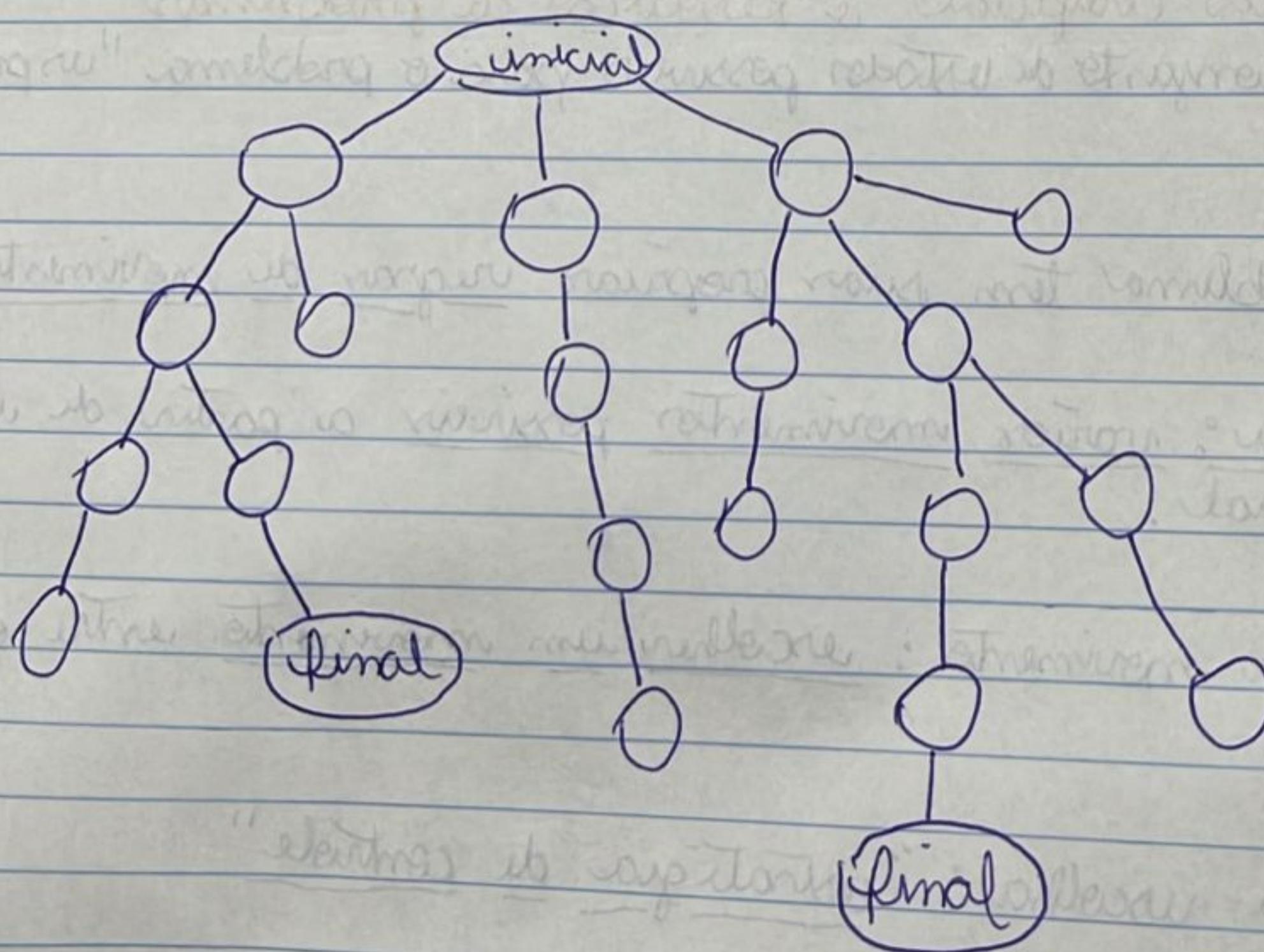
### Grafo de estados



Árvore: grafo conexo, mas direcionado, e usam caminhos fechados.

Raiz: estado inicial

Cada nível: estados sucessores possíveis



B2 02 de dezembro

12/08/24

Inteligência Artificial e Resolução de problemas  
Conjunto de estados possíveis para o problema "usar pacote de estados".

Cada problema tem suas próprias regras de movimento.

Cada etapa: varios movimentos possiveis a partir de um estado atual.

Para cada movimento: escolher um movimento entre os possíveis.

Critério de escolha: "estratégia de controle"

Objetivo: evitar caminhos que itragam a busca de volta a um estado já visitado (loop).

- 6) Veja os cromossomos pais p<sub>1</sub> e p<sub>2</sub> abaixo, com representação baseada em ordem. Usando cruzamento com dois pontos de quebra, indicados pelas linhas tracejadas abaixo, assinale um dos cromossomos filhos que seriam obtidos:

p<sub>1</sub> = 1 3 | 5 2 4 | 6  
 p<sub>2</sub> = 4 6 | 2 3 5 | 1

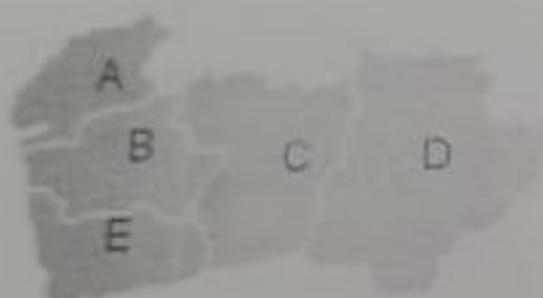
( ) 1 3 4 2 5 6  
 ( ) 4 3 5 2 6 1  
 ( ) 4 3 5 2 4 1  
 ( ) 4 6 5 2 4 1

- 7) Considere a matriz de distâncias abaixo para o problema do caixeiro viajante com 4 cidades. Três cromossomos abaixo, assinale o que representa a **pior** solução:

	1	2	3	4
1	0	5	2	1
2	1	0	4	3
3	2	1	0	7
4	1	3	4	0

( ) 2 1 4 3  
 ( ) 3 1 4 2  
 ( ) 1 2 3 4

- 8) Considere as 4 regiões (A..D) no mapa abaixo. Seja o objetivo de pintar cada região com usando o menor número de cores possível, mas de modo que regiões adjacentes não tenham a mesma cor. Desenhe o grafo correspondente a este problema para que seja usado um algoritmo de busca em profundidade para encontrar as cores necessárias. DICAS: vértices são regiões e arestas são fronteiras entre regiões que não podem ter mesma cor.



- 9) Dada a matriz de tempos de processamento das quatro tarefas T(i) nas três máquinas M(1), M(2), M(3), qual seria o makespan para a ordenação de tarefas 4,2,1,3, no problema de flowshop estudado em aula?

	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)
M(1)	2	1	2	3
M(2)	1	2	3	3
M(3)	4	1	2	2

Complete a tabela abaixo para determinar o makespan da ordenação (4,2,1,3) de tarefas.

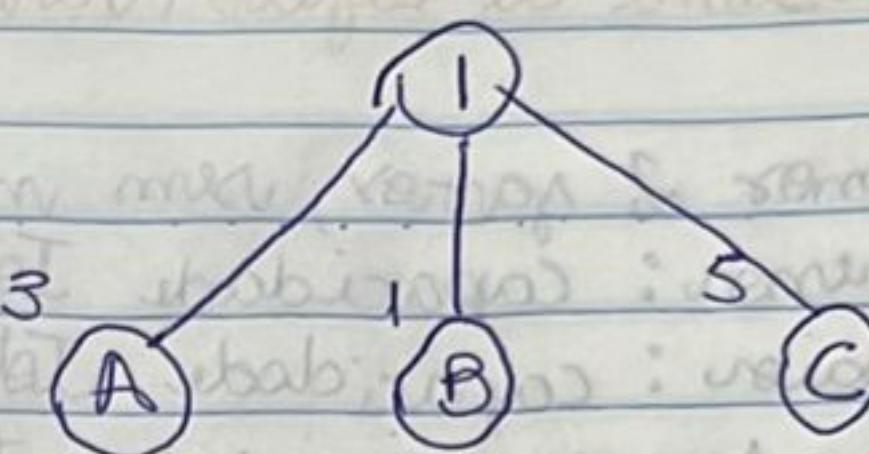
	T(4)	T(2)	T(1)	T(3)
	0	0	0	0
M(1)	0	3	4	6
M(2)	0	6	9	
M(3)	0	8		

12/08/24  
D S T Q O S S  
D L M M J V S

abertos

Fechados : {1}

Abertos : {A|3/I, B|1/I, C|5/I}



Prolog - "Programming in logic"  
Linguagem criada em 1971 na Universidade de  
marseille (França).

Prolog procura atingir uma meta, um objetivo, chamado "goal".

Programa = relogos de "cláusulas" que representam "fatos" e "regras" (base de conhecimento).

O goal é uma indagação (pergunta) que o Prolog tenta responder de modo afirmativo (yes/true) ou negativo (no/false).

Busca em profundidade.

Predicados

Palavras criadas para representar fatos.

Requisitos mínimos de sintaxe que devem ser respeitados.  
nós criamos os predicados e seus significados

Exemplo :  
Chovendo

fato = hoje está chovendo  
ou então = está chovendo

12/08/24

D T O Q S S  
D L M M J V S

a mesma forma de representação em goal

Exemplo:

? estacionando.

Yes

Predicados podem ter qualidades, relações entre argumentos.

Por exemplo:

joão é pai de Pedro  
pai (joão, Pedro).

Distância entre SP e mogi é de 50km  
distância (sóspaulo, mogi, 50).

Variáveis

Primeria letra maiúscula

Exemplo:

joão é pai de quem?

? pai (joão, quem).

Quem = ana

Quem = pedro

Típico anônima = sublinha (-)

Significa que no lugar pode estar qualquer valor.

26 | 08 | 24  
D S T Q Q S S  
D L M M J V S

## Computação Evolutiva

Nome dado ao estudo de algoritmos cuja inspiração é o processo de evolução natural das espécies.

Origem: Trabalho de um pesquisador de Holland, em 1975.

Evolução: ao longo de gerações os indivíduos de uma população alteram suas características para ficarem mais bem adaptados ao meio ambiente que habitam.

Isto ocorre naturalmente com os seres vivos, animais e vegetais.

## Problemas de Optimização Heurística

Problemas que admitem muitas soluções válidas, chamadas de soluções viáveis.

Há critérios que permitem avaliar a "qualidade" dessas soluções.

Ex: Dados dois endereços (A e B) de uma cidade, encontrar um caminho para ir do ponto A ao ponto B.

Numa malha urbana, por exemplo, há muitos caminhos possíveis para ir do ponto A ao ponto B. Se o caminho procurado deve ser o mais curto possível, ou o mais rápido possível. Assim, os diversos caminhos possíveis, soluções do problema, podem ser avaliados e comparados.

- 9) Dada a matriz de tempos de processamento das quatro tarefas T(i) nas três máquinas M(j), abaixo, qual seria o makespan para a ordenação de tarefas 4,2,1,3, no problema de flowshop permutacional estudado em aula?

	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)
M(1)	2	1	2	3
M(2)	1	2	3	3
M(3)	4	1	2	2

Complete a tabela abaixo para determinar o makespan da ordenação (4,2,1,3) de tarefas.

	T(4)	T(2)	T(1)	T(3)
	0	0	0	0
M(1)	0	3	4	6
M(2)	0	6	9	12
M(3)	0	8	.	.

Ex: Outro problema clássico é determinar a "melhor" viagem para um caminhão de uma empresa que deve sair de um depósito, fazer as entregas, e retornar ao depósito.

Este problema consiste em determinar a ordem com que os clientes serão visitados pelo caminhão. Por exemplo, para 5 clientes há  $5! = 120$  ordenações possíveis, para 6 clientes há  $6! = 6 \cdot 5! = 720$ , e assim por diante. Para  $N$  clientes, há  $N!$  possíveis ordenações. Com  $N=10$  clientes há milhares de ordenações possíveis.

Heurísticas não garantem soluções ótimas, ela produz uma solução boa.

### Heurísticas

Algoritmos que produzem "boas" soluções para problemas de otimização, mas necessariamente a "melhor" solução.

Heurísticas específicas são criadas para resolver determinados problemas.

Heurísticas mais gerais chamadas "meta-heurísticas", podem ser aplicadas a diversos problemas.

As mais conhecidas são:

Busca Tabu (tabu search)

Colônia de formigas (ant colony)

Nuvem de partículas (particle swarm)

Resfriamento simulado (simulated annealing)

Algoritmo genético (genetic algorithm)

D	S	T	Q	Q	S	S
D	L	M	M	J	V	S

Regras

Forma geral: < fato > if < fato >, < fato >, ...

Obs: if pode ser escrito :-

O lado esquerdo é verdadeiro use o lado direito e for

Exemplo: pai (joão, ana)

pai (joão, lucas)

mãe (maria, ana)

mãe (maria, lucas)

mãe (ana, julia)

filho (A,B) :- pai (B,A); mãe (B,A).

Significado: A é filho de B se B é pai de A ou  
B é mãe de A.

Lucas é filho de joão?

? filho (lucas, joão)  
Yes

Listas não vazias tem duas partes:

Cabeça: 1º elemento da lista

Cauda: lista original, sem a cabeça

Ex: [1,2,3] Cabeça: 1 Cauda: [2,3]

Podemos representar a lista com a cabeça e a cauda,  
separadas por uma barra vertical:

Ex: [1,2,3] é o mesmo que

[1|[2,3]] é o mesmo que

[1|[2|[3|[]]] é o mesmo que

[1|[2|[3|[[]]]]]

19 | 08 | 24  
D X T Q Q S S  
D L M M J V S

v1

listas não recursivas: são formadas por outra lista, sua cauda.

Em prolog usam algoritmos não implementados com predicados mais clássicos do programar.

Exemplo: Verificam se um valor é um elemento de uma lista.

pertence ( $A, [A | -]$ ).

pertence ( $A, [- | B]$ ) :- pertence ( $A, B$ )

? pertence (2, [2, 4, 6]).

Yes

(Tratamento de listas Prolog - Site)

\* jarros d'água

busca ([0, 0], [[0, 0]]).

imprime ([]).

imprime ([H | T]) :- write (H), nl, imprime (T),

busca ([2, -], soluções) :- imprime (soluções).

busca (atual, visitados) :-

move (atual, novo),

legal (novo),

met(member'(novo, visitados)),

busca (novo [novo | visitados]).

Pegar 2 estados = a origem e o banco.

9) Dada a matriz de tempos de processamento das tarefas, qual seria o makespan para a ordenação de tarefas estudado em aula?

	T(1)	T(2)	T(3)	T(4)
M(1)	2	1	2	3
M(2)	1	2	3	3
M(3)	4	1	2	2

Complete a tabela abaixo para determinar o makespan.

		T(4)	T(2)	T(1)	T(3)
		0	0	0	0
M(1)	0	3	4	6	8
M(2)	0	6	9	9	13
M(3)	0	8	1	1	1

12 108 1024  
 D S T Q Q S S  
 D L M M J V S

Vitória

Problema de lógica (Jarras d'água):

Típico de jarras, sem marcas

menor: capacidade total de 3 litros

maior: capacidade total de 4 litros

Os jarras inicialmente estão vazios

Fonte de água tem limites

Objetivo: colocar exatamente 2 litros de água no jarro

maior.

Estado:  $(x, y)$

Estado inicial:  $(0, 0)$

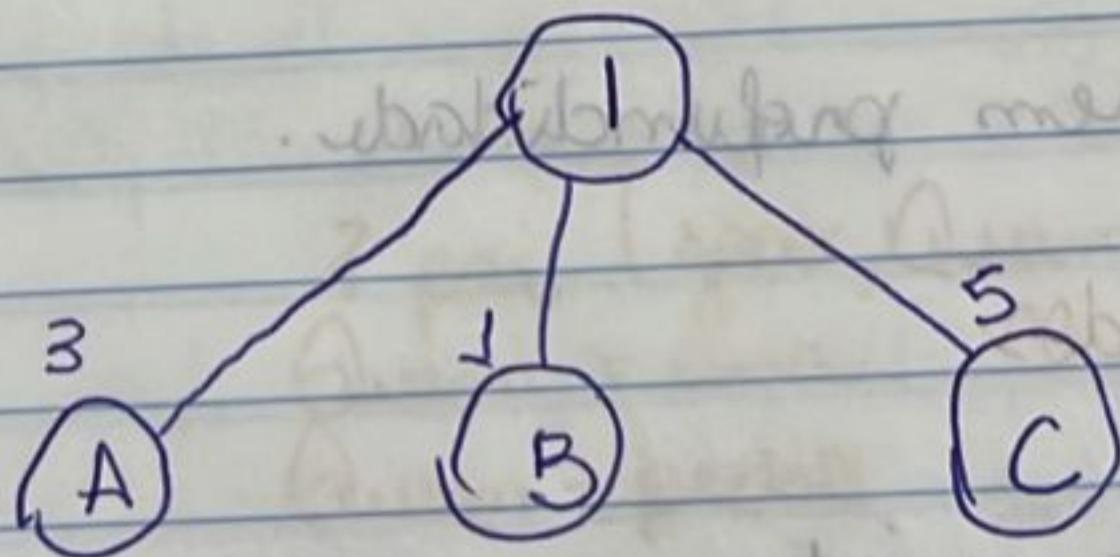
Estado final:  $(2, -)$  ("-" significa qualquer valor válido).

Best-first: processo de busca em árvore

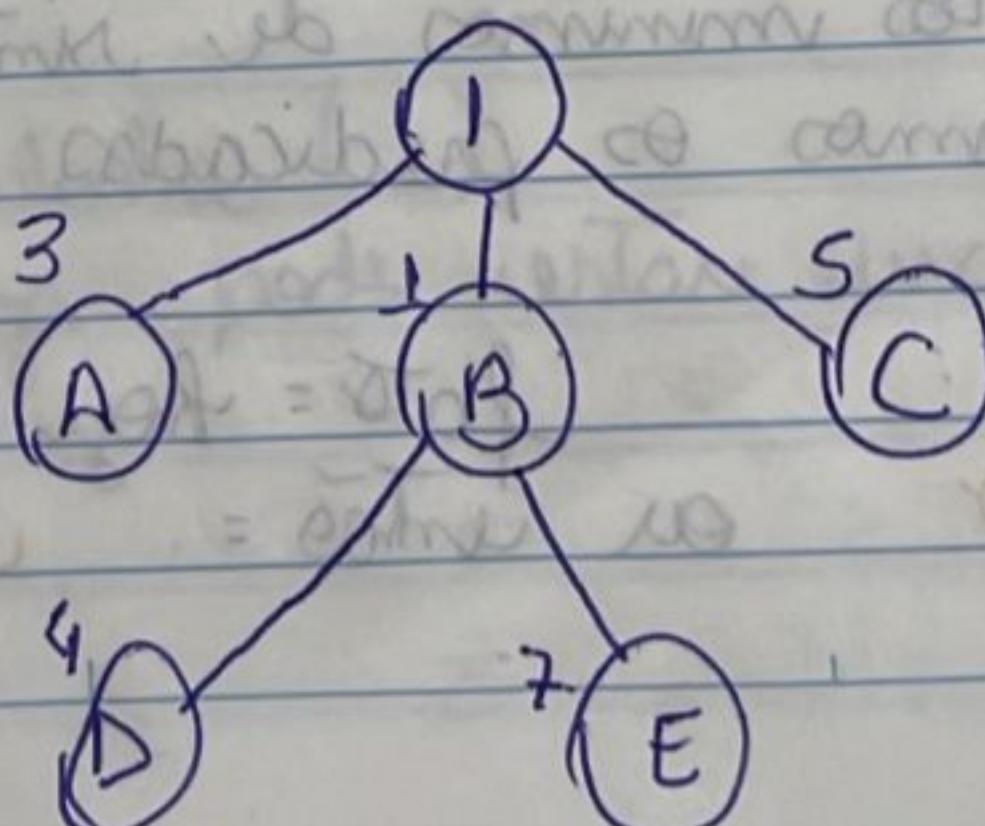
Necessário = critério para medir quanto um estado é "promissor"

↓ inicial

Fechados:  $\{I\}$   
 Abertos:  $\{A, B, C\}$



Fechados:  $\{I, B\}$   
 Abertos:  $\{A, C, D, E\}$



D S T Q Q S S  
D L M M J V S

Maximo local versus maximo global (ou minimo).  
(o algoritmo tem que sair do maximo local).

Forma geral do algoritmo:

Inicializa ( $P$ );

Analia ( $P$ );

Para  $T = 1$  até maximo-gerações fazer

$P_2 \leftarrow$  nova;

Para  $i = 1$  até  $N$

Pai 1 = seleciona ( $P$ );

Pai 2 = seleciona ( $P$ );

Filho = cruzamento (Pai 1, Pai 2);

Com probabilidade de mutação

mutação (filho);

Inserir filho em  $P_2$ ;

Fim Para;

Analia ( $P_2$ );

$P \leftarrow P_2$ ; // substitui a geração atual pela nova

Fim Para;

Retorna melhor indivíduo em  $P$ .

### Cromossomos

Cromossomos 01101011

Representa um número para solucionar um problema.

D	S	T	Q	Q	S	S
D	L	M	M	J	V	S

Nesta tabela exemplificamos que os indivíduos 3 e 6 são muito mais bem avaliados que os demais, e que deixa a chance dos outros indivíduos praticamente nula na votação.

### Seleção por Rank

O objetivo deste método de seleção também é evitar o favorecimento excessivo dos "super" bem avaliados.

A ideia é ordenar os indivíduos de acordo com suas avaliações de modo decrescente, e usar esta ordem (ou rank) para fazer a seleção.

### Base 2 pra base 10

6	5	4	3	2	1	0
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	1	0	0	0	0

1011100 = Lennil

0110111 = S. amit

$$0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$0 \quad 32 + 16 \quad 0 \quad 0 \quad 10101 \quad 0$$

48      base 10

002P

001

0mol

11111

11000

10001

8

1

2

3

- 6) Veja os cromossomos pais p1 e p2 abaixo, com representação baseada em ordem. Usando cruzamento com dois pontos de quebra, indicados pelas linhas tracejadas abaixo, assinale um dos dois cromossomos filhos que seriam obtidos:

p1 = 1 3 | 5 2 4 | 6  
p2 = 4 6 | 2 3 5 | 1

( ) 1 3 4 2 5 6  
( ) 4 3 5 2 6 1  
( ) 4 3 5 2 4 1  
~~( ) 4 6 5 2 4 1~~

- 7) Considere a matriz de distâncias abaixo para o problema do caixeiro viajante com 4 cidades. Entre os três cromossomos abaixo, assinale o que representa a **pior** solução:

1 2 3 4  
1 0 5 2 1  
2 1 0 4 3  
3 2 1 0 7  
4 1 3 4 0

( ) 2 1 4 3  
( ) 3 1 4 2  
~~( ) 1 2 3 4~~

- 8) Considere as 4 regiões (A..D) no mapa abaixo. Seja o objetivo de pintar cada região com uma cor, usando o menor número de cores possível, mas de modo que regiões adjacentes não tenham a mesma cor. Desenhe o grafo correspondente a este problema para que seja usado um algoritmo de coloração de vértices para encontrar as cores necessárias. DICA: vértices são regiões e arestas são fronteiras entre regiões que não podem ter mesma cor.

2 109 124  
 D X T Q D S S  
 D L M M J V S

### Cruzamento uniforme

Esse método utiliza uma sequência binária aleatoriamente gerada.

Por exemplo: Se o valor que for 1 copiamos o gene do pai 1 para o filho 1.

Pai 1: 0110110

Pai 2: 1011101

1 = copiar gene do pai 1 para o filho 1

Quia: 1010100

0 = copiar gene do pai 2 para o filho 1.

Filho 1 = 0011101

Filho 2 = 1110110 (inverso do filho 1).

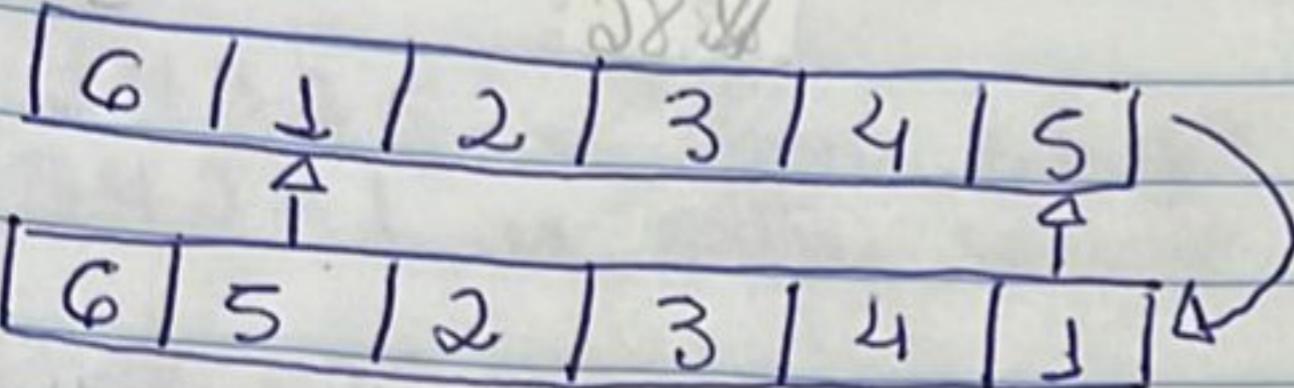
### Seleção por torneio

	Individuo	Avaliação
1	10010	200
2	10101	100
3	11111	9500
4	11000	100
5	10001	100
6	01100	10000
7	11100	1
8	11001	40

09 | 09 | 24  
 D D T Q Q S S  
 D L M M J V S

## Mutação

A mutação pode ser feita de modo muito simples, escolhendo aleatoriamente duas cidades e irá trocar as posições entre si.



## Flow shop permutacional

Chama-se "flow shop" o problema de alocar tarefas a máquinas numa fábrica, de modo que as tarefas sejam terminadas, em todas as máquinas, o mais rápido possível.

0 | L | 0 | L | L | 0 |

Considera-se neste problema que todas as tarefas tem que passar por todas as máquinas, e a tarefa pode começar numa máquina sómente depois de terminar na máquina anterior.

O caso particular em que a ordem das tarefas em todas as máquinas deve ser a mesma recebe o nome "flow shop permutacional" (FSP).

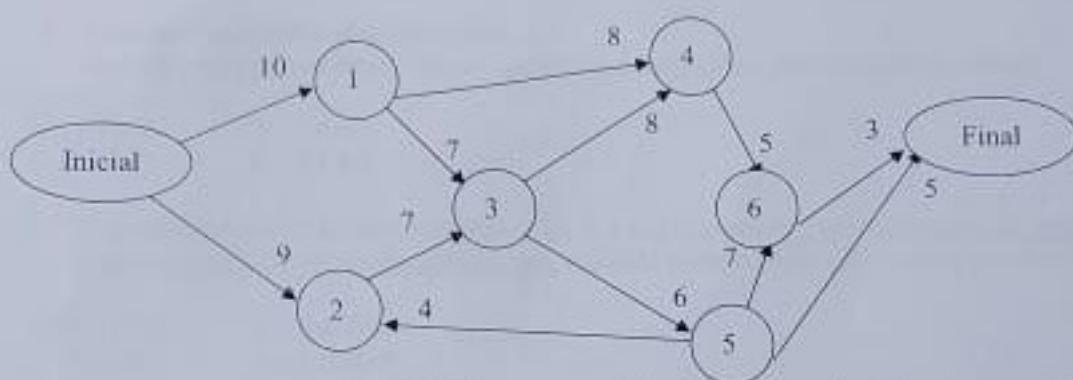
No caso de N tarefas, um problema FSP tem  $N!$  soluções possíveis.

Nome: Laura Beatriz Ferreira Murtinho  
 Nome: Thiago da Silveira Oliveira  
 Nome: Júlio César da Silva

RA 1550782111024  
 RA 1550782121042  
 RA 1550782011042

80  
81

1. Considere o grafo abaixo, com as estimativas de custo restante em cada ligação entre estados.



- a) Se o algoritmo best-first NÃO tivesse uma lista de vértices já visitados (e proibidos), o que ocorreria na busca com as estimativas de custo restante mostradas acima?
- ( ) chega ao final sem problema      (X) não chega ao final porque fica em um loop
- a) Se ficar em um loop, em quais vértice está esse loop ou, se chegar ao final, em quantos passos vai do inicio ao final? 2, 3 e 5

2. Associe as operações com sua descrição simbólica para problema dos jarros de água:

- |  |   |
|--|---|
| a) Encher jarro de 3l                              | (G) $(x,y) \rightarrow (4,y)$ , Se $X < 4$                    |
| b) Colocar toda água do jarro de 3l no jarro de 4l | (D) $(x,y) \rightarrow (x,3)$ , Se $y < 3$                    |
| c) Esvaziar jarro de 3l                            | (I) $(x,y) \rightarrow (0,y)$ , Se $x > 0$                    |
| d) Completar jarro de 3l com água do jarro de 4l   | (C) $(x,y) \rightarrow (x,0)$ , Se $y > 0$                    |
| e) Completar jarro de 4l com água do jarro de 3l   | (E) $(x,y) \rightarrow (4,y-(4-x))$ , Se $x < 4$ e $x+y >= 4$ |
| f) Esvaziar jarro de 4l                            | (J) $(x,y) \rightarrow (x-(3-y),3)$ , Se $y < 3$ e $x+y >= 3$ |
| g) Encher jarro de 4l                              | (B) $(x,y) \rightarrow (x+y,0)$ , Se $y > 0$ e $x+y <= 4$     |
| h) Colocar toda água do jarro de 4l no jarro de 3l | (H) $(x,y) \rightarrow (0,x+y)$ , Se $x > 0$ e $x+y <= 3$     |

3. Considere as cláusulas Prolog abaixo:

```

pai(joao,ana).
pai(joao,lucas).
mae(maria,ana).
mae(maria,lucas),
mae(ana,julia).
```

Escreva uma pergunta (query ou goal) para o Prolog responder o seguinte:

- a) João é pai de Ana? Pai(joao,ana)
- b) Quem é filho de João? Filho(joao,\_)

X

4. A respeito do Algoritmo Genético (AG), considere a tabela abaixo com uma população de 5 cromossomos, suas avaliações absolutas (f) e relativas (%), e responda as questões.

09 | 09 | 24  
D L M M J V S

Representação baseada em ordem

Soluções diferentes de uma simples sequência binária.  
Exemplo: uma sequência de 5 algarismos (1..5).

14325 é uma solução  
54321 é outra solução diferente da anterior

Os elementos são os mesmos, mas a ordem com que se apresentam é diferente.

Usando AG para resolver o problema do caixeiro viajante

Devemos determinar:

Representação

Avaliacão

Seleção

Cruzamento

Mutação

01101000 ←

01101000 →

S + P + QL + SE

01 0001 ← 0110 = X

Seleção

S + P2 + E = V

1 - 8S

Podemos usar o mecanismo da roleta adaptado para minimização.

Assim, o vetor de uma rota com distância = 14 é dado por  $37 - 14 = 21$

09 | 09 | 24  
 D S T O O S S  
 D L M M J F S

Rotas	Distância total	L-Distância	%
1	14	23	23/86
2	16	21	21/86
3	12	25	25/86
4	20	17	17/86
Total		86	100%

### Cruzamentos

Dados dois cromossomos pais selecionados e uma  
sequência guia:

1 | 4 | 6 | 3 | 2 | 5

5 | 1 | 2 | 6 | 4 | 3 |

0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

Se o bit guia for 1, copiamos as cidades unidas  
por círculos do pai 1 para os filhos, mas unidas  
por círculos

1 | 4 | 6 |   | 2 |   |

Preenchemos as posições vazias com as cidades  
não copiadas do pai 1, na ordem em que aparecem  
do pai 2.

5 | 4 | 6 | 1 | 2 | 3 |

### Exemplo

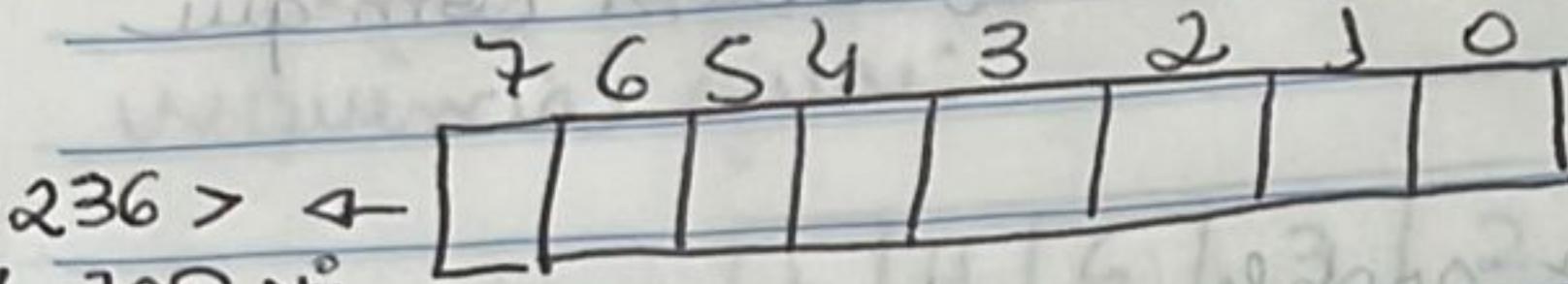
$[3,5] \rightarrow$  intervalo

$$d = 5 - 3 = 2$$

2 decimais

$$2 \text{ TD N}^{\circ} 5 = 2 \times 100 = 200$$

Quantos bits para 200 números  
(pelo menor)



(236 maior que 200 números)

### População

$00110110_2 \rightarrow$  cromossomo

$$32 + 16 + 4 + 2$$

$$\times^{-1} = 54_{10} \rightarrow \text{base 10}$$

$$X = 3 + 54 \cdot \frac{2}{2^8 - 1}$$

$$= 3 + 54 \cdot \frac{2}{255}$$

$$X = 3,42 \cancel{x}$$

$$LC = PL - FE$$

	População	F
1	0 1 0 1 0	6 10%
2	1 1 0 0 0	18 30%
3	1 0 0 1 0	20 40%
4	1 0 1 0 1	3 5%
5	0 1 1 1 0	9 15%
Total		60 100

Q) Entre as 5 possibilidades, quais são os dois indivíduos com maior chance de serem selecionados pelo método da roleta?

- ( ) 1 e 2      ( ) 4 e 5  
 2 e 3      ( ) 1 e 5

a) Entre as 5 possibilidades, quais são os dois indivíduos com maior chance de serem selecionados pelo método da roleta?

- ( ) 1 e 2      ( ) 4 e 5  
 2 e 3      ( ) 1 e 5

b) Supondo uma seleção dos indivíduos 3 e 5, e um cruzamento com um ponto de quebra entre terceiro e quarto genes da esquerda para direita, assinale os dois filhos que seriam gerados.

- 01101      ( ) 01010  
 11001      ( 10010

5. Qual é a função da mutação nos A.G.?

- ( ) Acelerar a melhoria de soluções  
 Aumentar a diversidade de indivíduos  
 Retardar a melhoria de soluções

6. Assinale a alternativa correta em relação aos parâmetros nos AG?

- ( ) Taxa de mutação é muito grande, e a mutação ocorre com grande frequência  
 O tamanho da população deve ser sempre inferior a 10 indivíduos  
 Não há regras gerais, os parâmetros são acertados em cada caso com experimentação.

7. Assinale V/F:

V) Cruzamento com um ponto de quebra é a única forma de combinar os genes de cromossomos binários.

F) A taxa de mutação nos AG é normalmente baixa.

V) Elitismo garante a presença na população final do melhor cromossomo gerado no algoritmo todo.

8. O objetivo final de um AG é encontrar uma solução

- ) que seja com certeza sempre a melhor solução possível do problema  
 com qualidade próxima do máximo global de qualidade  
 que tenha qualidade próxima a qualquer máximo local.

9. Considerando um conjunto de cinco cidades (1,2,3,4 e 5), cuja matriz de distâncias em km é dada abaixo ( $d_{ij}$  = distância da cidade(linha) i à cidade(coluna) j). Se usarmos um AG para encontrar o caminho mais curto para percorrer todas as cidades e voltar à origem, entre os cromossomos relacionados abaixo, assinale o que tiver **melhor** avaliação.

	1	2	3	4	5
0	4	2	3	2	
1	0	5	2	1	
2	1	0	3	7	
3	2	1	0	3	
2	1	7	3	0	

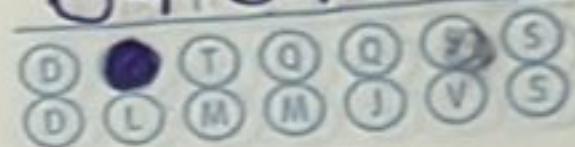
$$4+5+7+3+2=22$$

- ( ) 1 2 3 5 4  
 4 5 1 3 2  
 1 3 4 5 2

$$3+2+1+7+2=17$$

$$2+3+1+7=13$$

09/09/24



outros giorni o mesmo dia

M = máquinas

N = Tarefas (jobs)

N x M

E	S	I	M/T
0	0	0	E O/L
L = L + O/L	F = S + P	O/E	
S + E (2L)	E = P + d = F + E	O/S	

Exemplo:

N = 3 Tarefas

M = 3 máquinas

Tempos

T/M	1	2	3
1	3	2	1
2	3	3	2
3	4	3	1

valores corretos

→ Tarefa 3 na máquina 3  
demora 1 hora.

A.G para resolver FSP

### Representação

Sequência de Tarefas

Ex: 2 1 3

3 2 1

1 2 3

2 0 0 T 2

1

3

8

3

Cruzamento = mesmas usadas no caixeiro viajante

Mutações = "

Seleções = roleta adaptada

Avaliações = makespan, quanto menor, melhor será a solução (do mesmo modo que a distância total da tour do caixeiro viajante).

16 | 09 | 24

D	S	T	O	A	S	S
D	L	M	M	J	V	S

São dados  $N$  pontos candidatos a portes de atendimento, cada um deles também com sua localização.

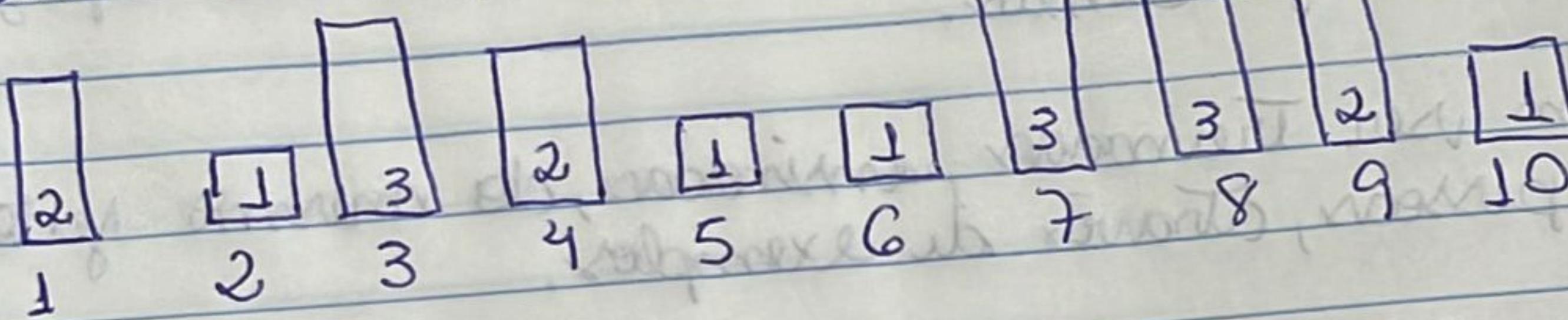
Mutação

Escolhemos aleatoriamente uma mediana no cromossomo e a substituimos por uma candidata aleatória.

### Beam packing

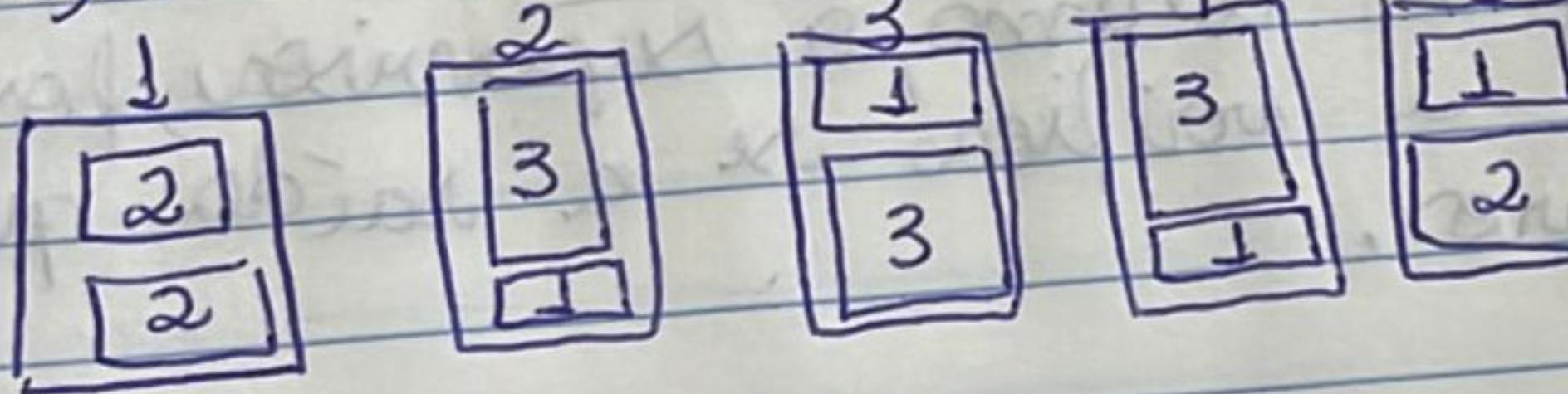
Este é também um problema clássico de otimização difícil de resolver dependendo da instância.

Itens e seus pesos ( $N=10$ )



Beams = caixas

### Alocação



5 beams usados

$C = 4$

(a capacidade das caixas é 4).

D	S	T	Q	Q	S	S
D	L	M	M	J	V	S

## Redes neurais artificiais

Rede neural Artificial (RNA) é um modelo de processamento inspirado no modo como o cérebro processa informações.

Usa um conjunto de elementos muito simples, interligados que cooperam entre si para produzir o resultado do processamento.

### Treinamento

Quando não criadas, as RNA ainda não são capazes de resolver os problemas.

Precisam usar Treinadoras, ensinadoras, da mesma jeito que as pessoas, através de exemplos.

Chama-se treinamento supervisionado, o treinamento em que um agente externo, o supervisor, fornece exemplos à rede e verifica se a saída que ela produz tem erros.

Esses erros são usados para corrigir a rede, e um exemplo é usado, e assim por diante.

Por exemplo, neurônio MPC:

As entradas  $x$ , são usadas juntas com seus respectivos pesos  $w_i$  para calcular uma soma que é aplicada numa função de ativações para

D L T Q O M J V S

$$\begin{array}{c|c}
 T/M & \\
 \hline
 1:0 & 1 \\
 3:0 & 0 \\
 2:0 & 3 \\
 \hline
 4+3=7 & \\
 7+3=10 & \\
 10+1=11 & \\
 10+3=13 & \\
 13+2 & \\
 \hline
 \end{array}$$

→ somar com a matriz anterior

$$\begin{array}{l}
 \text{matriz soma} = M \\
 (\text{valor}) \text{ maior} = h \\
 M \times h
 \end{array}$$

máximo

### Horário escolar

E S L M/T  
L S E L  
S E E S

horário E = h

16/09/24

segunda

Este problema consiste em distribuir os aulas de uma escola entre os horários dentro de um período (tipicamente, uma semana).

Ex: Semana com 5 dias, 4 horários por dia, total de 20 horários:

	S	T	Q	Q	S
1					
2					
3					
4					

### P-medianas

Este é um problema clássico de localização.

São dados  $\Delta$  pontos de demanda, todos eles em alguma local, por exemplo, no plano com coordenadas  $x$  e  $y$ .



$\theta = \text{Teta}$

Ver predizido o valor de uma saída  $y$ .

Para treinamento, essa entrada tem um valor de saída correto conhecido, e desejado,  $d$ .

O erro  $e$ :  $e = d - y$ .

Classificadores

Um neurônio MPC recebe valores  $x_i$  de entrada e prediz uma saída  $y=0$  ou  $y=1$ .

Para cada entrada há duas possibilidades de saída.