

# Resolução de Problemas por Busca

## Busca Informada

## Busca Gulosa e Algoritmo A\*

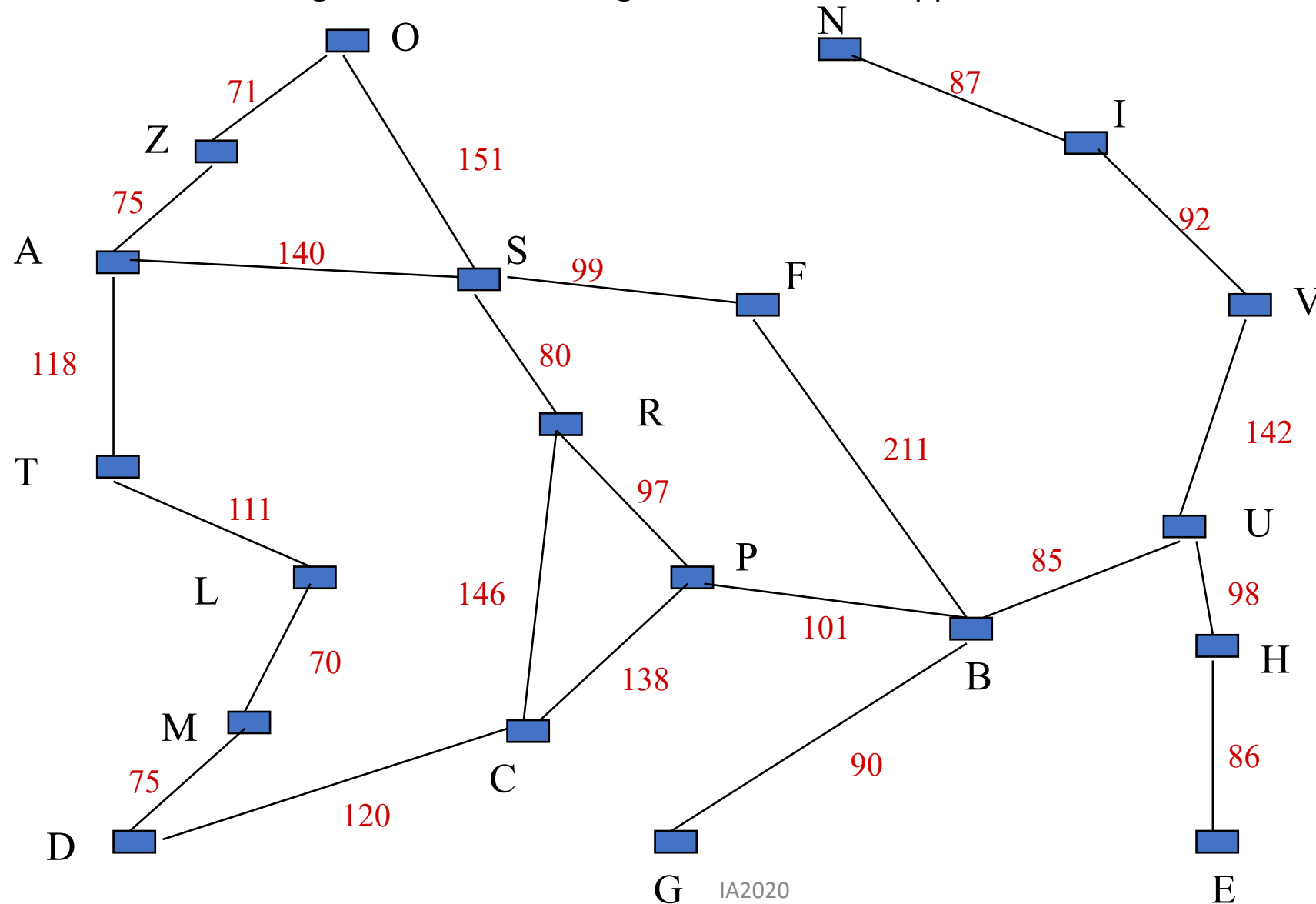
Inteligência Artificial – 2020/1

# Problema: Determinar uma rota entre duas cidades

- Problema: encontrar o melhor caminho entre duas cidades, considerando a distância.
- Estado inicial: cidade A
- Estado final: cidade B
- Função heurística: distância em linha reta entre as cidades
- Função de custo: distância em quilômetros entre as cidades.
- Representação de estado: cada cidade é um estado

# Mapa de Cidades da Romenia - Distâncias de Estradas em Km

Extraído de Russel, S. ; Norvig, P. - Artificial Intelligence - A Modern Approach. Prentice Hall, third edition, 2010.



## Função Heurística para o problema

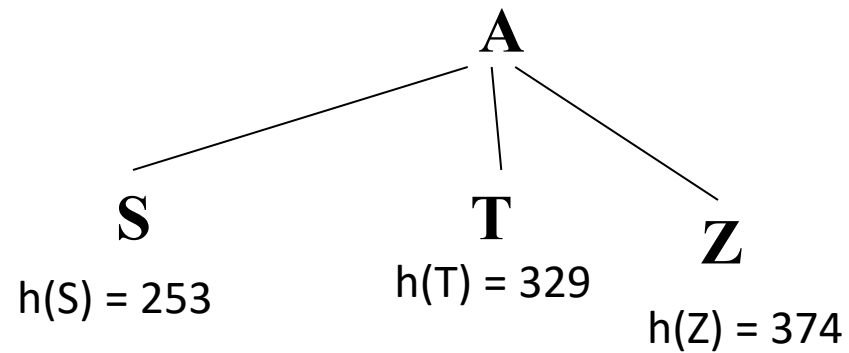
Distância em linha reta  
de todas as cidades até  
a da cidade B

Cidade	Distância até a cidade B
A	366
B	0
C	160
D	242
E	161
F	178
G	77
H	151
I	226
L	244
M	241
N	234
O	380
P	98
R	193
S	253
T	329
U	80
V	199
Z	374

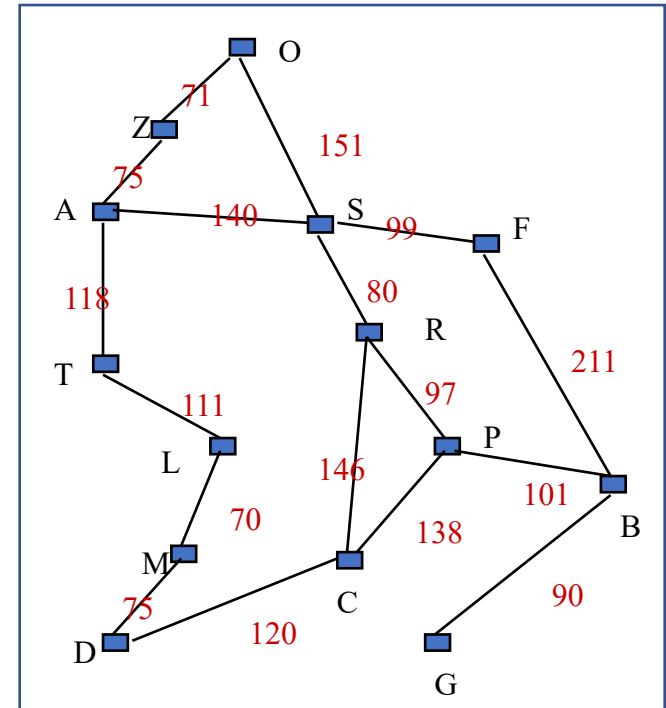
# Problema de determinação de rotas

## Busca Gulosa

- Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



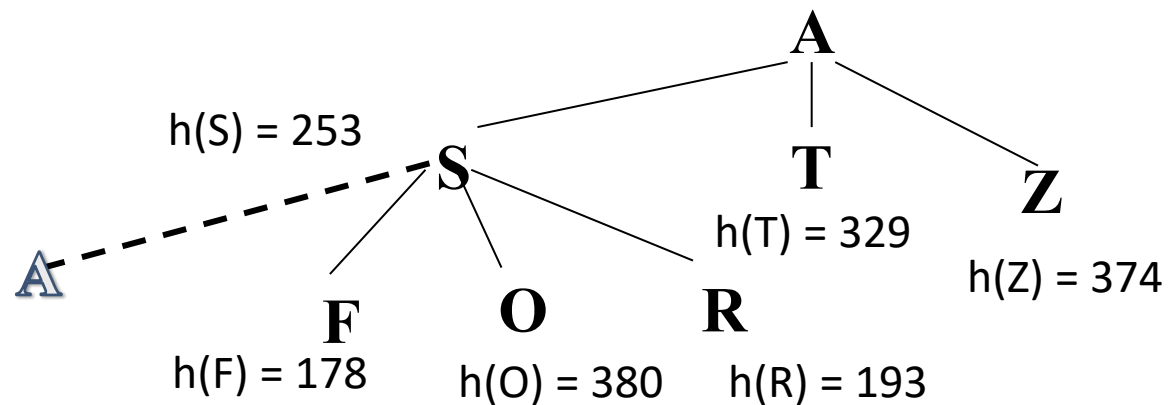
Próximo nó a ser expandido: S



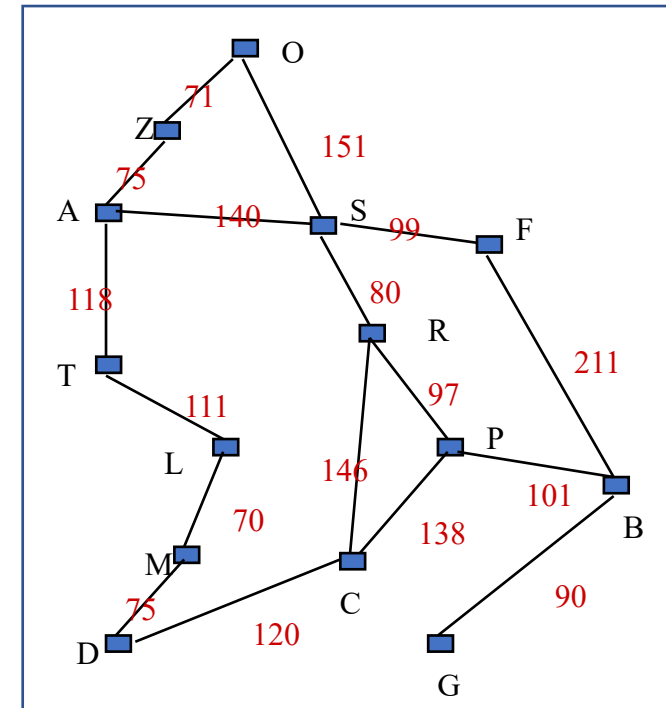
# Problema de determinação de rotas

## Busca Gulosa

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



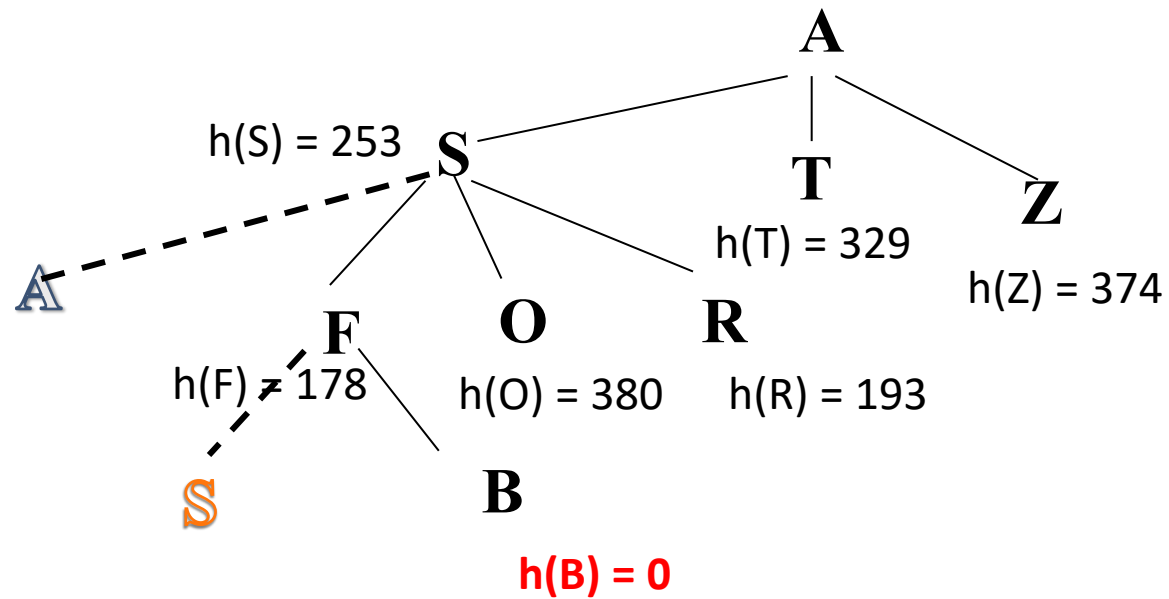
Próximo nó a ser expandido: F



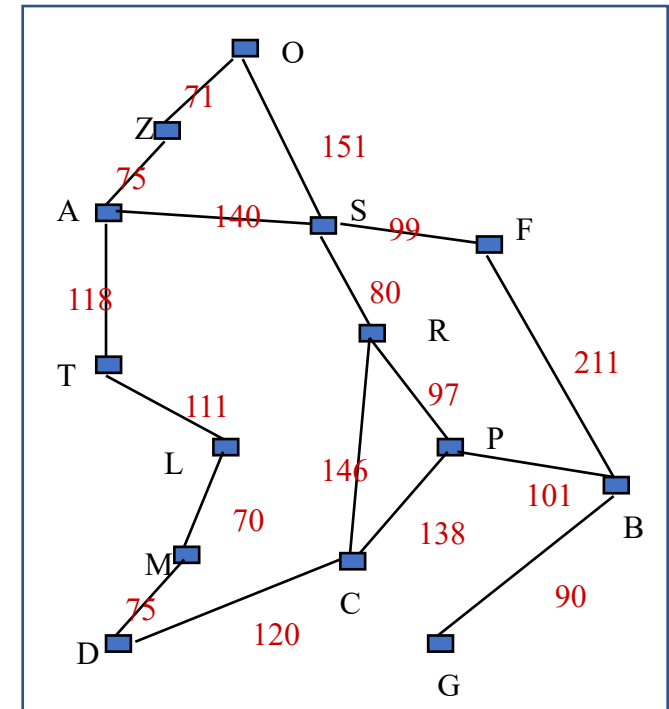
# Problema de determinação de rotas

## Busca Gulosa

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



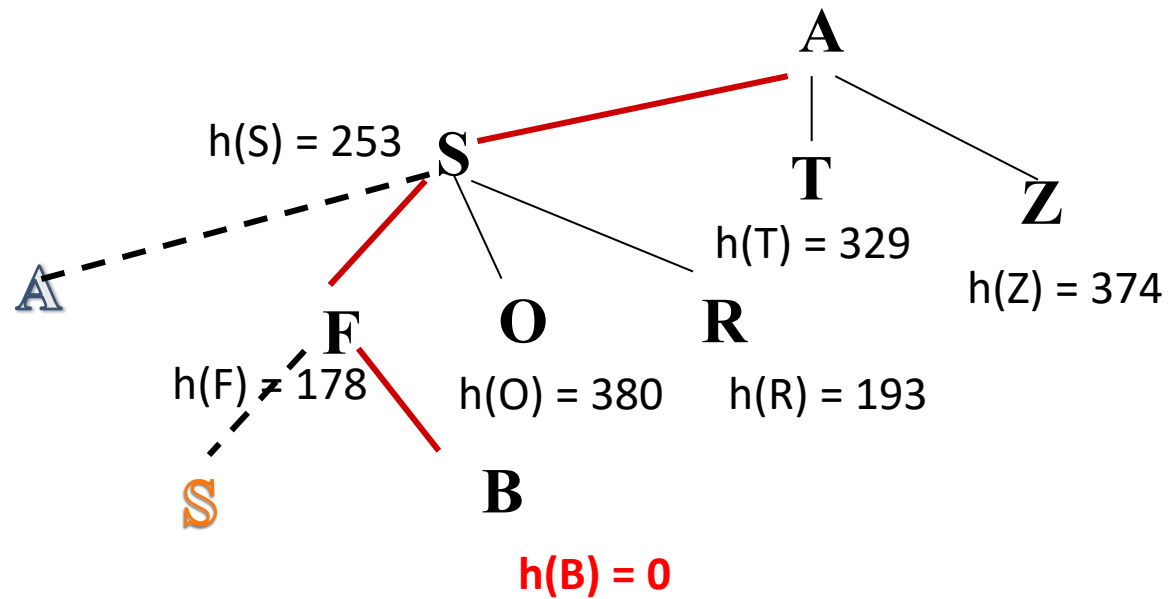
Próximo nó selecionado para expansão: B  
B é o objetivo



# Problema de determinação de rotas

## Busca Gulosa

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B

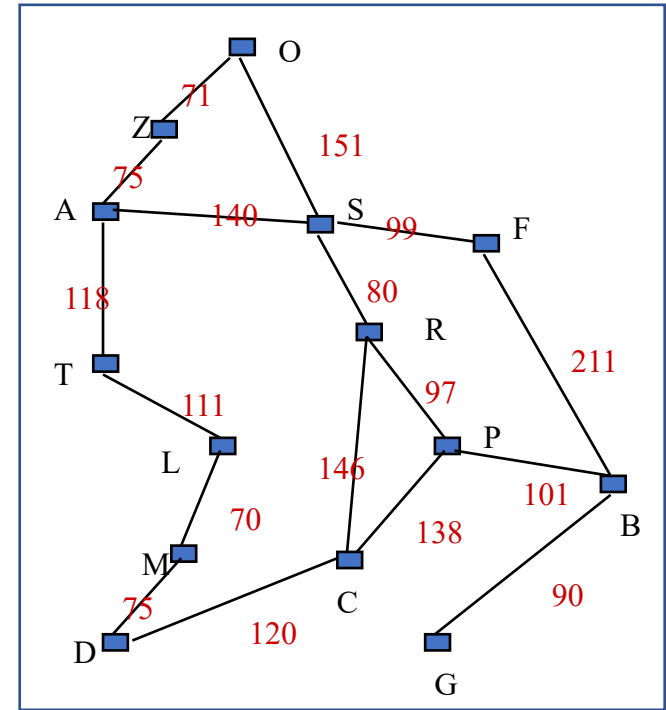


Solução encontrada não é ótima: A – S – F – B

$$140 + 99 + 211 = 450$$

Solução ótima: A – S – R – P – B

$$140 + 80 + 97 + 101 = 418$$



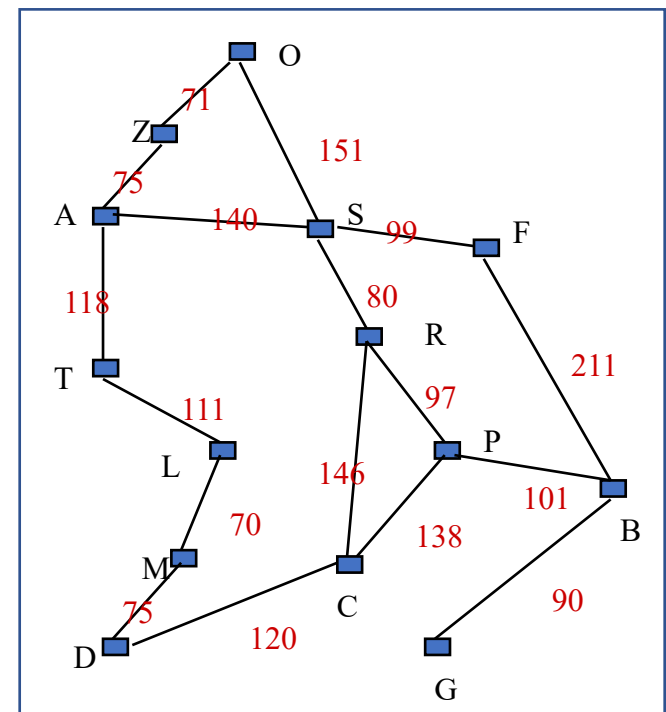


# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B

A

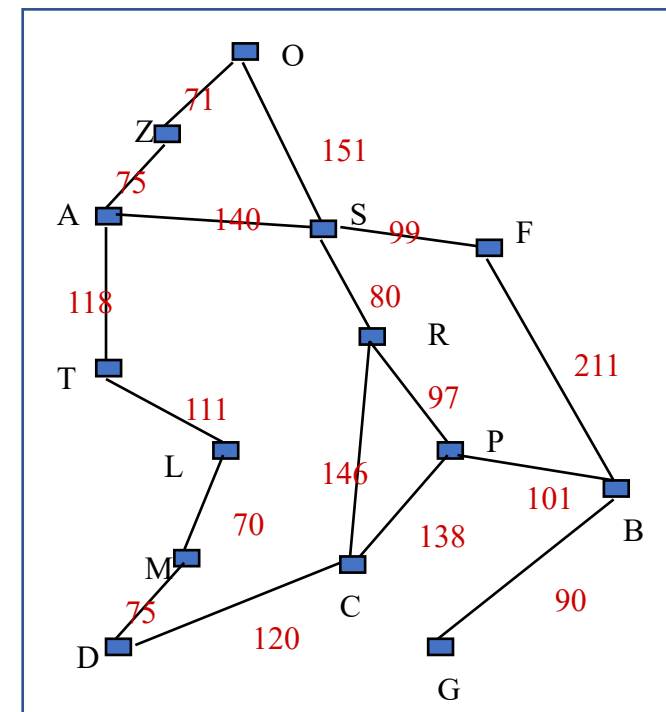
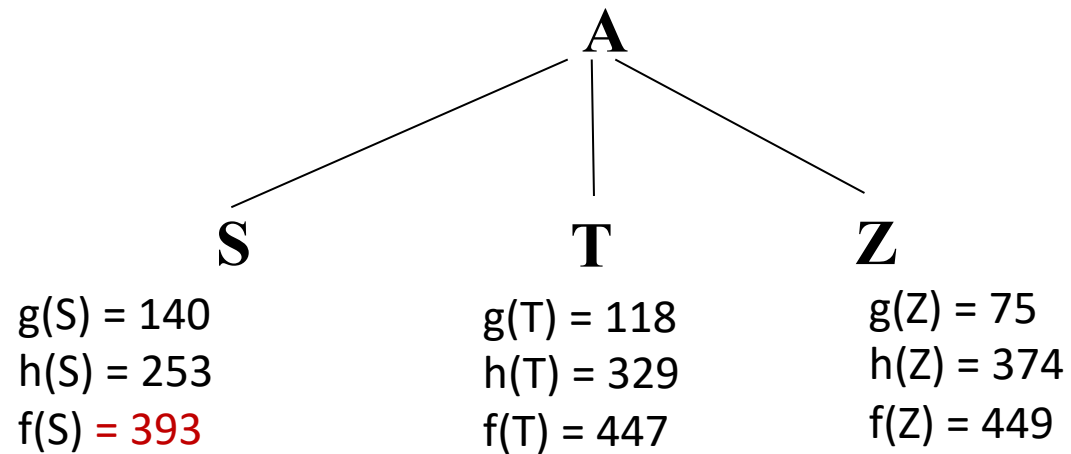


OPEN	A-366
CLOSED	--

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



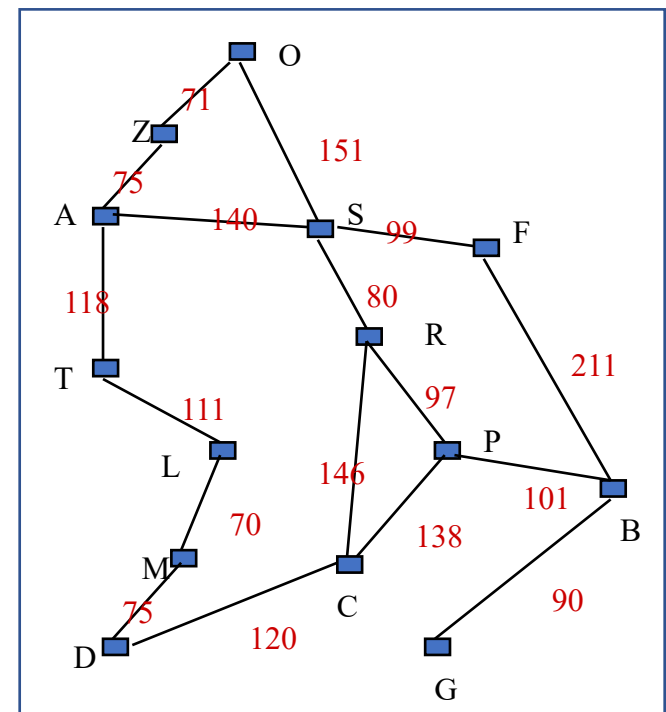
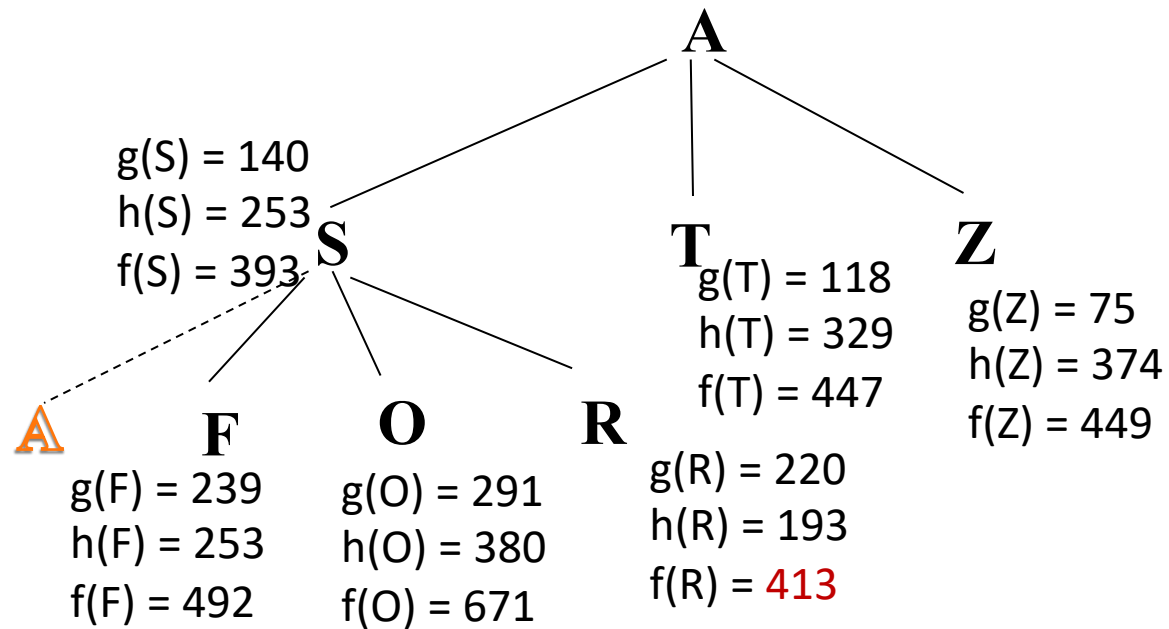
OPEN	S-393	T-447	Z-449
CLOSED	A-366		

Próximo nó a ser expandido: S

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



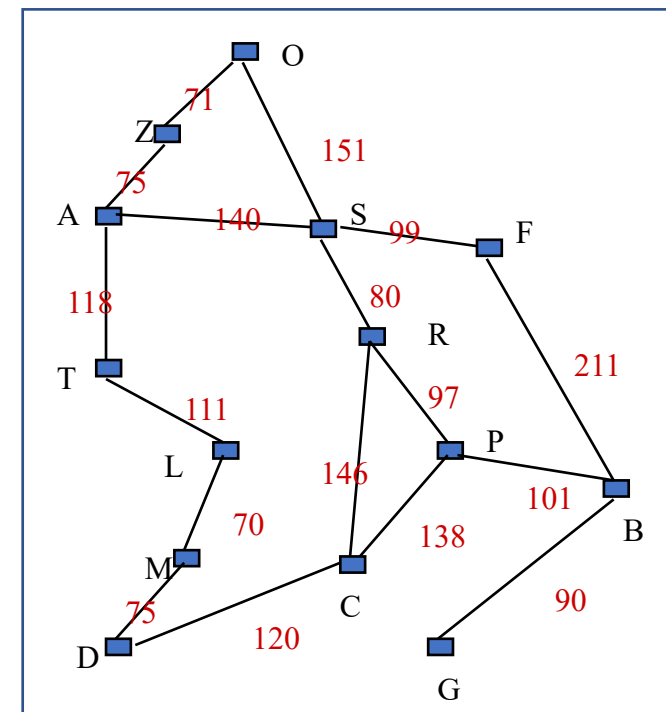
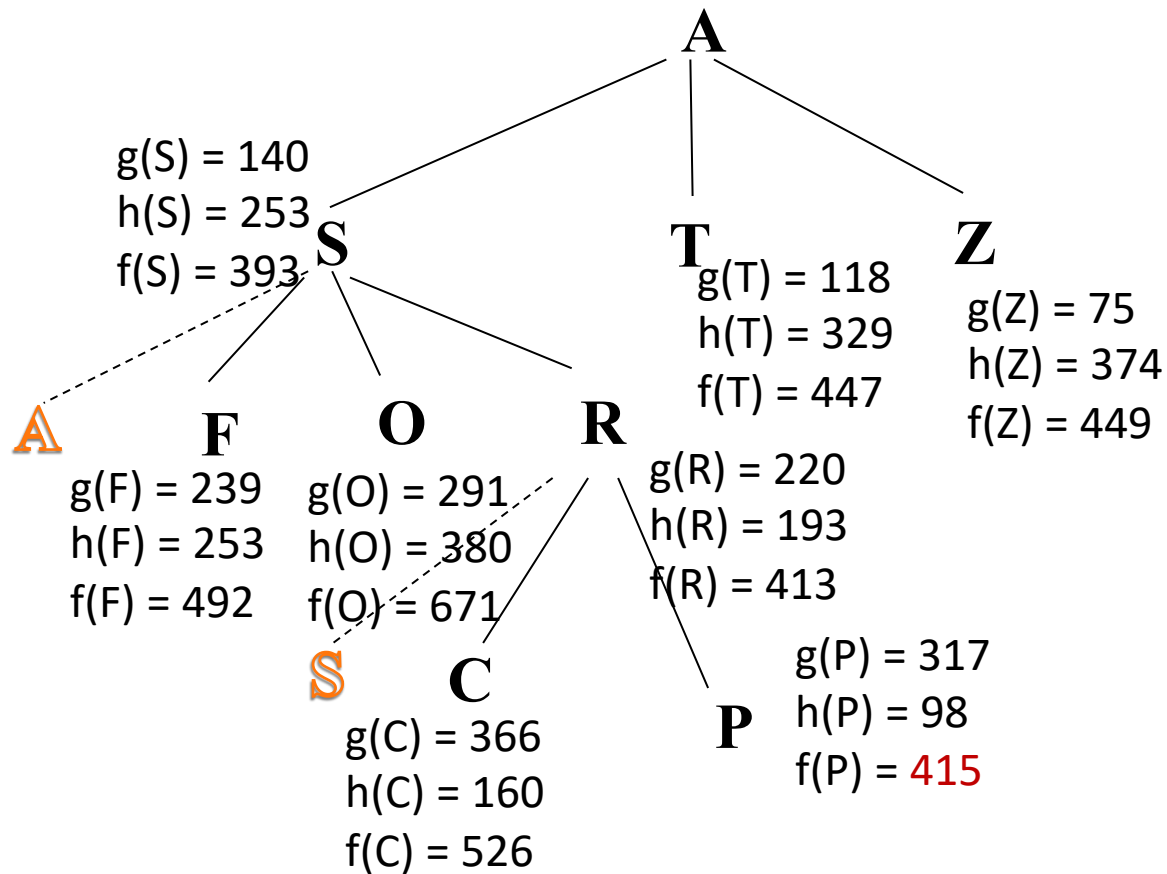
<b>OPEN</b>	R-413	T-447	Z-449	F-492	O-671
<b>CLOSED</b>	A-336	S-393			

Próximo nó a ser expandido: R

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



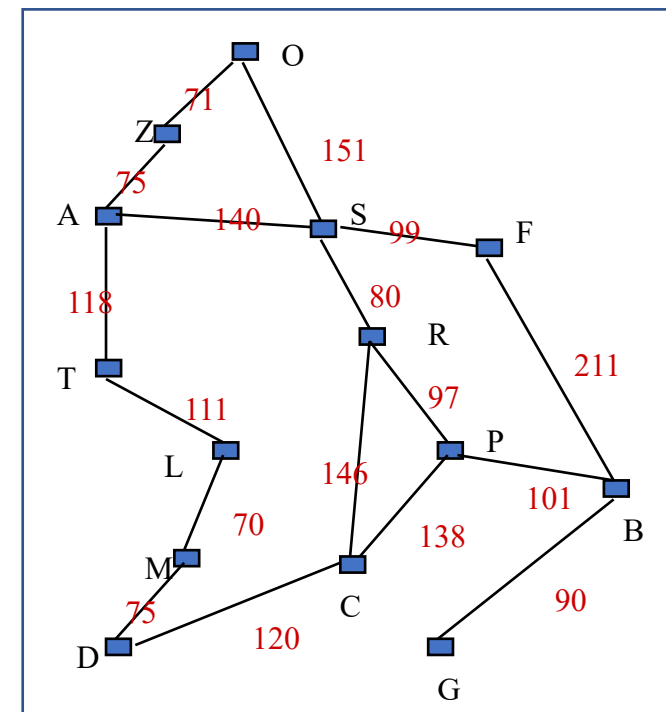
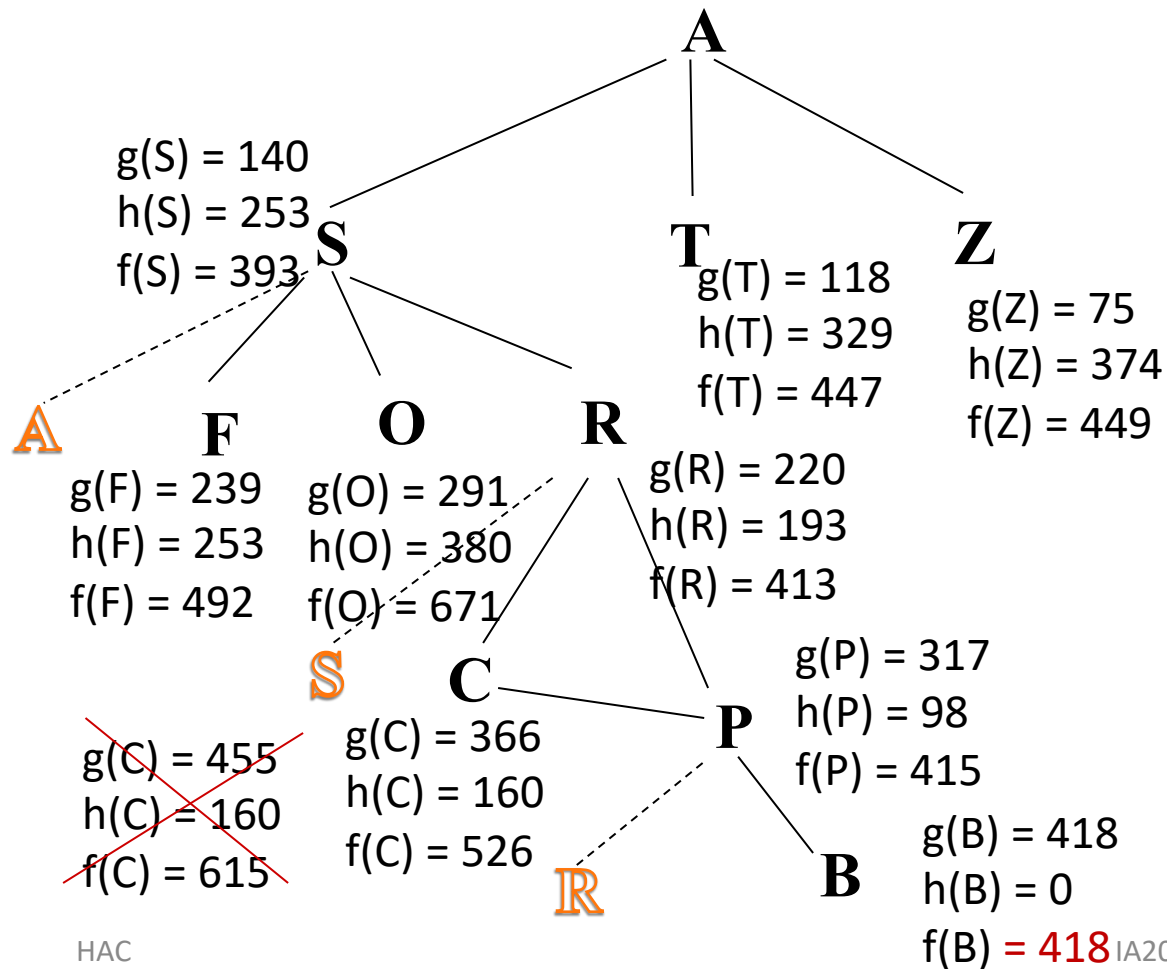
OPEN	P-415	T-447	Z-449	F-492	C-526	O-671
CLOSED	A-336	S-393	R-413			

Próximo nó a ser expandido: P

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



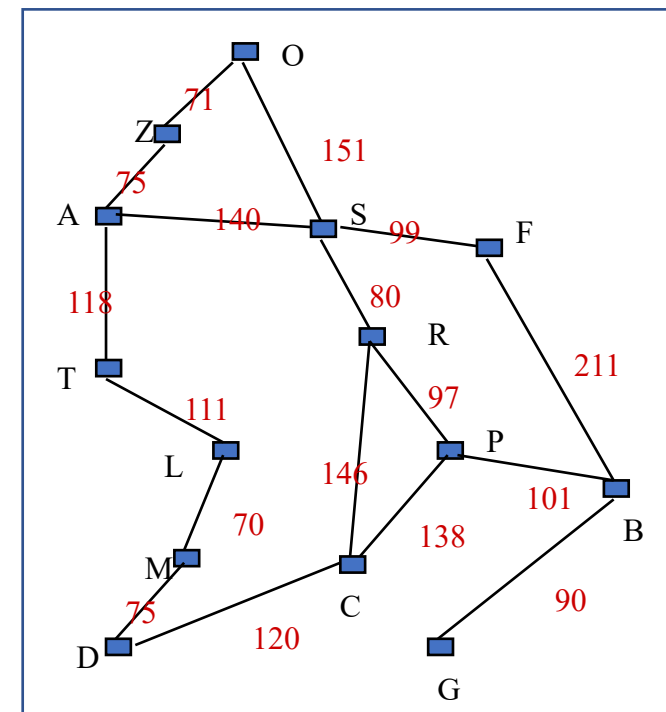
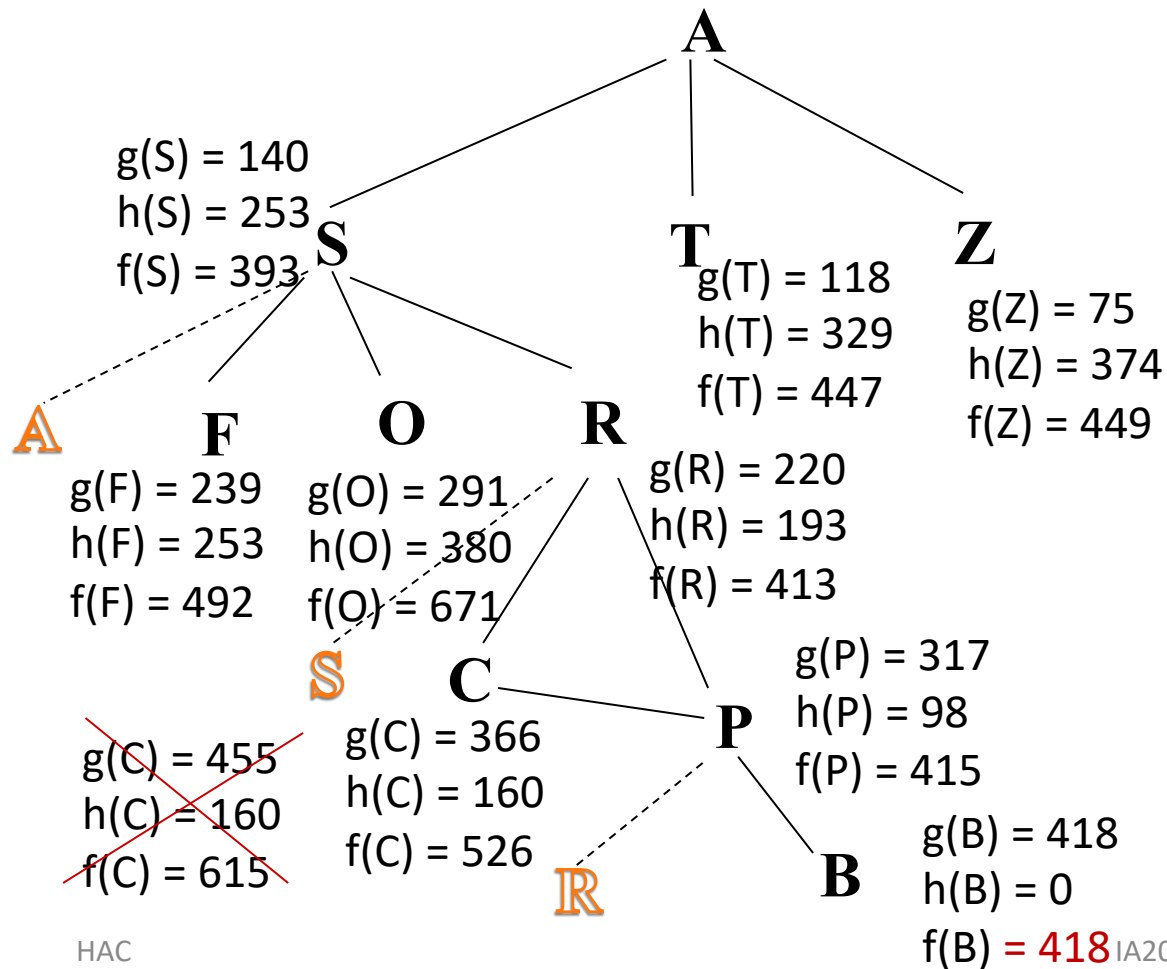
P gera caminho alternativo até C com custo maior

OPEN	P-415	T-447	Z-449	F-492	C-526	O-671
CLOSED	A-336	S-393	R-413			

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



P gera caminho alternativo até C com custo maior  
Valor antigo é mantido, C permanece em OPEN

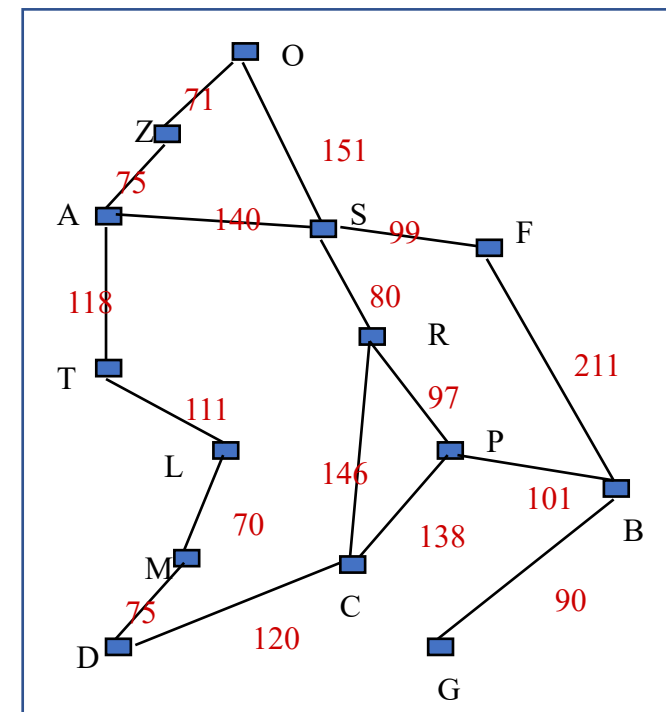
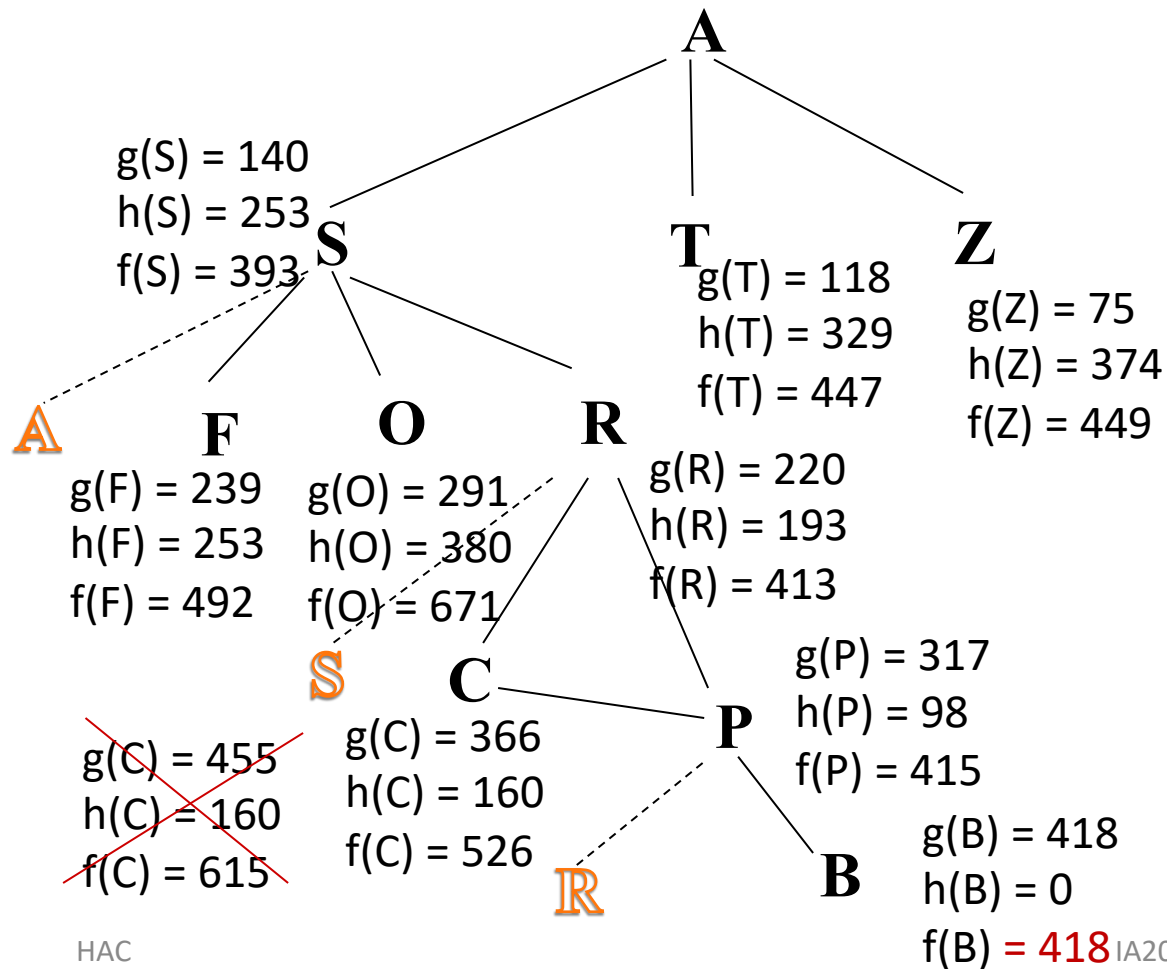
OPEN	B-418	T-447	Z-449	F-492	C-526	O-671
CLOSED	A-336	S-393	R-413	P-415		

Próximo nó a ser expandido: B

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



P gera caminho alternativo até C com custo maior  
 Valor antigo é mantido, C permanece em OPEN

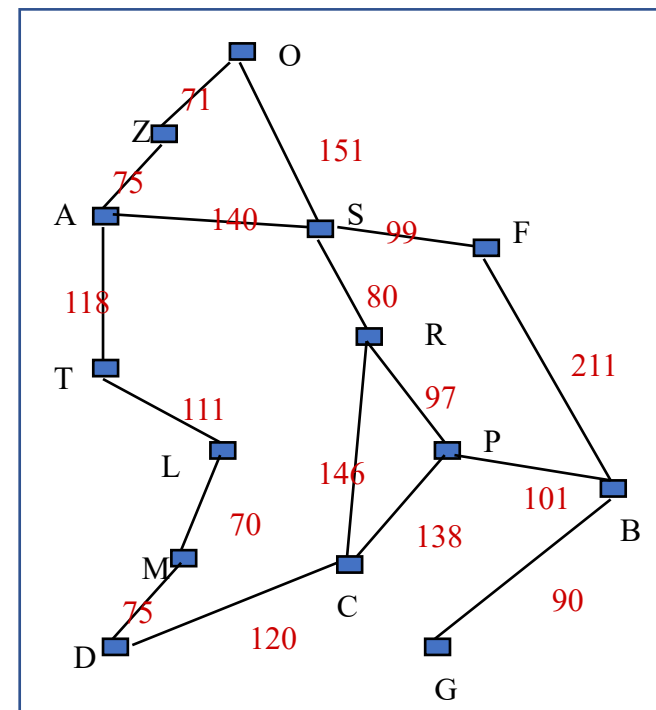
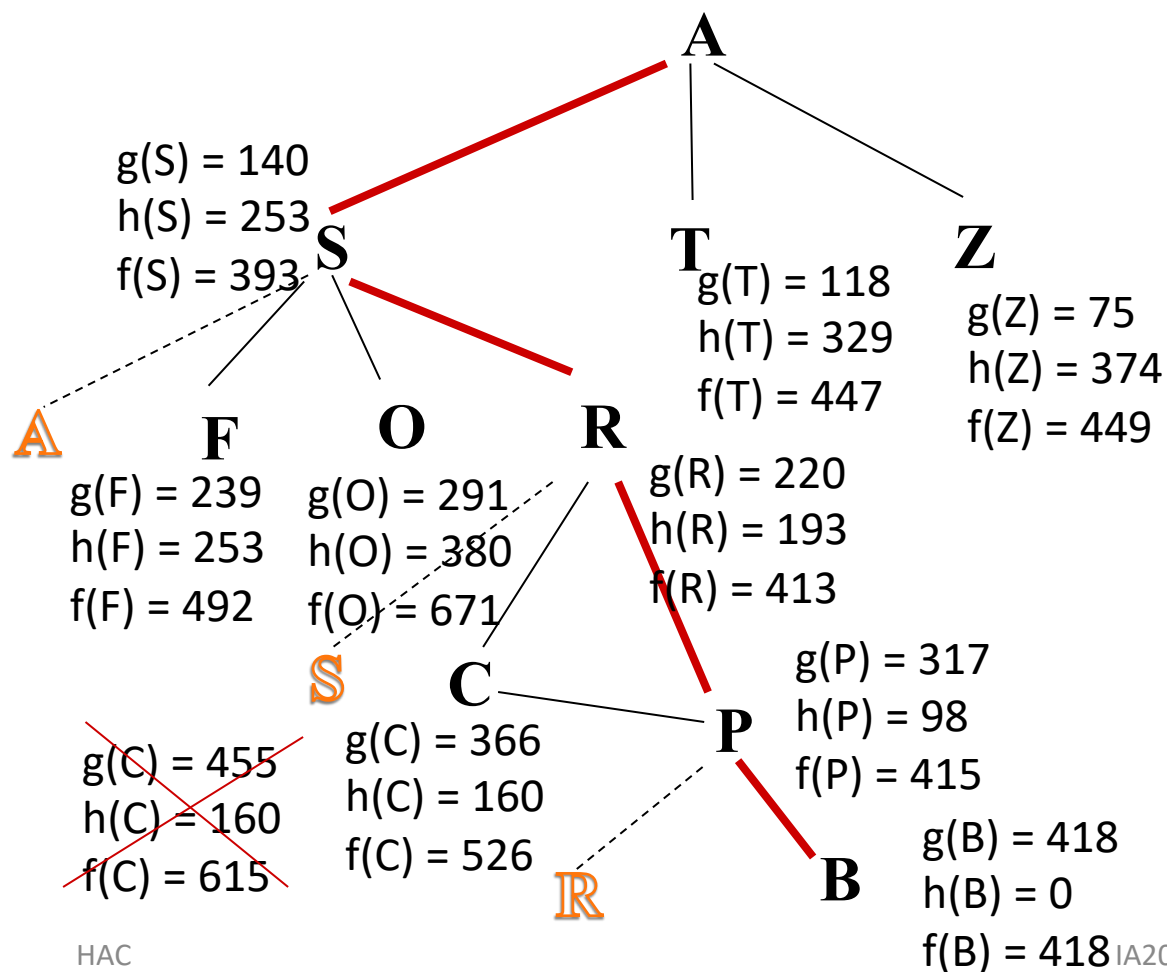
OPEN	B-418	T-447	Z-449	F-492	C-526	O-671
CLOSED	A-336	S-393	R-413	P-415		

Próximo nó a ser expandido: B  
**B é o objetivo**

# Problema de determinação de rotas

## Algoritmo A\*

Heurística: Distância em linha reta até a cidade B



Próximo nó a ser expandido: B

**B é o objetivo**

Solução encontrada:

A – S – R – P – B

$140 + 80 + 97 + 101 = 418$



- Busca Gulosa ou Algoritmo  $A^*$ ?
- Algoritmo  $A^*$  encontra sempre a solução ótima?

# Algoritmo A\*- Exemplos

## 1) Quebra-Cabeça de 8 peças com heurística:

Número de peças fora do lugar

- Para cada peça fora do lugar, será necessário pelo menos um movimento até colocar essa peça no lugar

## 2) Definição de rotas com heurística:

Distância em linha reta até a cidade destino

- A quilometragem por estradas entre duas cidades é sempre maior ou igual a distância em linha reta

Mesmo sem conhecer o custo real, muitas vezes é possível  
provar que o custo estimado não o ultrapassa

# Algoritmo A\*

- Heurística Admissível:
  - é uma heurística que nunca superestima o custo de alcançar um objetivo, ou seja,
  - $h(n)$  nunca ultrapassa o custo real do caminho de  $n$  até o objetivo
- Algoritmo A\* é ótimo (encontra a melhor solução) quando a função de avaliação é da forma  $f(n) = g(n) + h(n)$  com uma função  $h$  admissível.
- **Garante que encontra a solução ótima**

- Próxima aula:
- Busca Local