

# Relatório do EP 1

## Tópicos de Planejamento em Inteligência Artificial

João Trevisan Martins - 9778599  
Rodrigo Sampei Hiram - 9894428  
Victor Gomes de Oliveira Martins Nicola - 9844881

Outubro de 2019

### 1 Introdução

Nesse trabalho foi utilizado algoritmo de busca  $A^*$  em dez diferentes instâncias de um problema composto de caixas, salas e um robô responsável por movimentar essas caixas entre as salas. E um outro problema que também foi testado, dessa vez composto pelo domínio Tireworld.

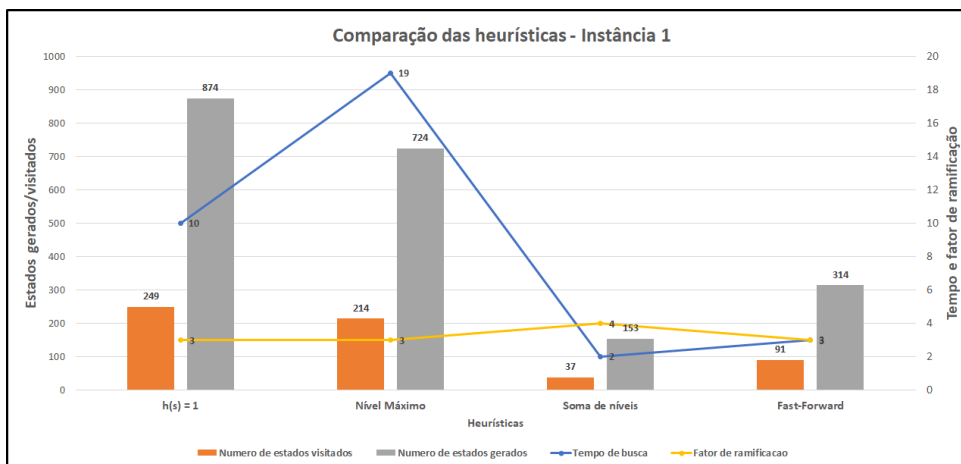
Cada uma das instâncias dos dois problemas anteriormente apresentados foi rodada no algoritmo utilizando quatro diferentes heurísticas:

1.  $h(s) = 1$
2. Nível máximo
3. Soma de Níveis
4. Fast-Foward

### 2 Domínio do Robô Entregador

#### 2.1 Primeira instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo quatro caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela fora o maior dentre as quatro. Em termos de memória utilizada, assume-se que as heurísticas que retornaram o maior número de estados visitados e gerados foram as piores e, portanto,  $h(s) = 1$  e Nível Máximo foram as piores heurísticas. Isso também refletiu no tempo necessário para executar o algoritmo.



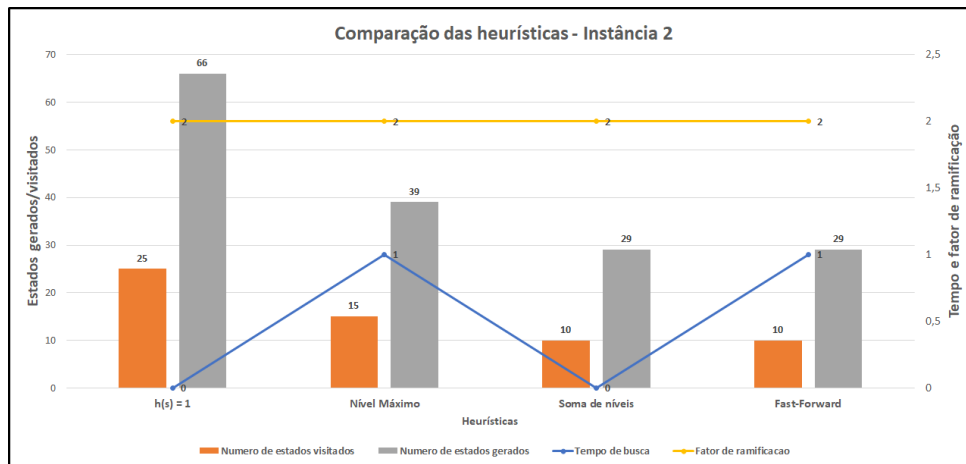
### 2.1.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (11 passos), mas a ordem dos passos foi diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box1 left room1)	00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box2 left room1)	00: ( pickup box1 left room1)
01: ( pickup box2 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box1 left room2)	03: ( putdown box4 left room2)	03: ( putdown box2 left room2)	03: (putdown box3 right room2)
04: (putdown box2 right room2)	04: (putdown box3 right room2)	04: (putdown box3 right room2)	04: (putdown box1 left room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box3 left room1)	06: ( pickup box2 right room1)	06: ( pickup box1 left room1)	06: ( pickup box4 right room1)
07: ( pickup box4 right room1)	07: ( pickup box1 left room1)	07: ( pickup box4 right room1)	07: ( pickup box2 left room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box3 left room2)	09: (putdown box2 right room2)	09: ( putdown box1 left room2)	09: (putdown box4 right room2)
10: (putdown box4 right room2)	10: ( putdown box1 left room2)	10: (putdown box4 right room2)	10: ( putdown box2 left room2)

## 2.2 Segunda instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo duas caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Dado que o tempo de execução do algoritmo nos 4 casos esteja abaixo de 2 milissegundos, Não é possível afirmar que houve uma diferença significativa em termos de tempo entre as heurísticas. A Soma de Níveis teve uma performance levemente superior em tempo de busca, mas empatou com  $h(s) = 1$  e, em estados visitados e em estados gerados, empatou com a heurística Fast-Forward. Nesse problema, o fator de ramificação todas as quatro foram idêntico. Mais uma vez, as heurísticas  $h(s) = 1$  e Nível Máximo foram as piores em termos de espaço.



### 2.2.1 Planos

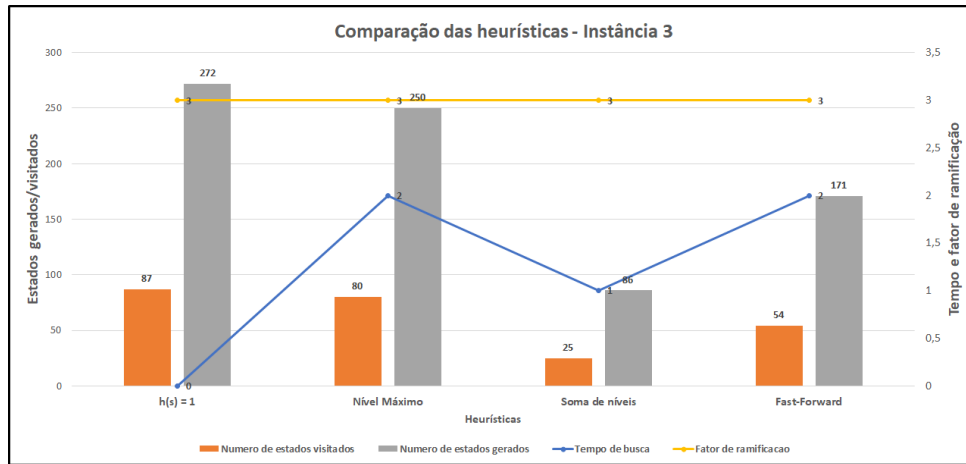
Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (5 passos) e a ordem foi idêntica entre  $H(s) = 1$  e Nível Máximo. Apesar de haver divergências na ordem para os outros dois planos, pode-se afirmar que foram pouquíssimo significativas.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
0: ( pickup box2 right room1)	0: ( pickup box2 left room1)	0: ( pickup box2 left room1)	0: ( pickup box1 left room1)
1: ( pickup box1 left room1)	1: ( pickup box1 right room1)	1: ( pickup box1 right room1)	1: ( pickup box2 right room1)
2: ( move room1 room2)	2: ( move room1 room2)	2: ( move room1 room2)	2: ( move room1 room2)
3: (putdown box2 right room2)	3: ( putdown box2 left room2)	3: (putdown box1 right room2)	3: (putdown box2 right room2)
4: ( putdown box1 left room2)	4: (putdown box1 right room2)	4: ( putdown box2 left room2)	4: ( putdown box1 left room2)

## 2.3 Terceira instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo três caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. A heurística de Soma de Níveis foi a melhor das heurísticas em termos de espaço utilizado, pois teve o menor número de estados visitados e gerados. Já as heurísticas  $h(s) = 1$  e Nível máximo novamente foram as piores nesse quesito. Apesar disso, em termos de tempo, o desempenho maior foi da heurística  $h(s) = 1$ . Não é possível afirmar que essa diferença

é significativa, pois a Soma de Níveis teve menos de 1 milissegundo de diferença e pode-se afirmar que a Soma de Níveis foi superior, afinal, a relação de espaço e tempo foi melhor.



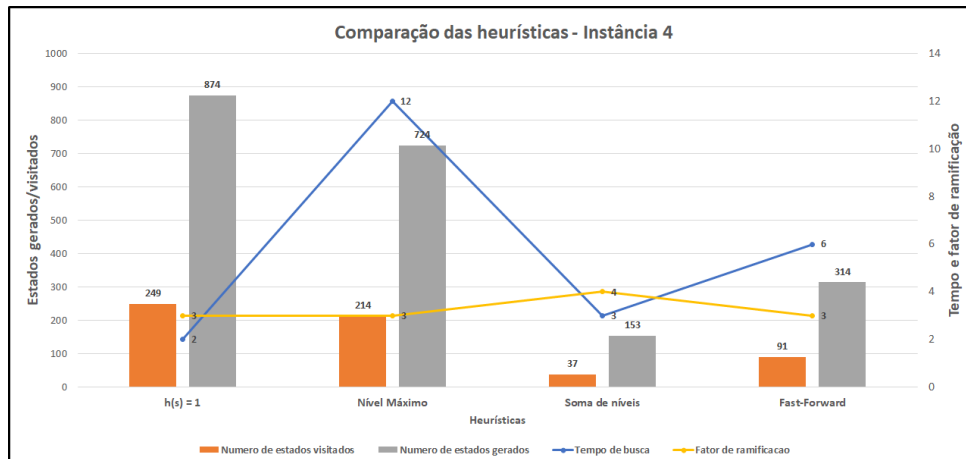
### 2.3.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (9 passos), mas distintos em relação a sequência de passos.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
0: ( pickup box3 right room1)	0: ( pickup box3 left room1)	0: ( pickup box3 right room1)	0: ( pickup box3 right room1)
1: ( pickup box2 left room1)	1: ( move room1 room2)	1: ( pickup box2 left room1)	1: ( pickup box2 left room1)
2: ( move room1 room2)	2: ( putdown box3 left room2)	2: ( move room1 room2)	2: ( move room1 room2)
3: ( putdown box3 right room2)	3: ( move room2 room1)	3: ( putdown box2 left room2)	3: ( putdown box2 left room2)
4: ( putdown box2 left room2)	4: ( pickup box1 left room1)	4: ( putdown box3 right room2)	4: ( move room2 room1)
5: ( move room2 room1)	5: ( pickup box2 right room1)	5: ( move room2 room1)	5: ( pickup box1 left room1)
6: ( pickup box1 right room1)	6: ( move room1 room2)	6: ( pickup box1 right room1)	6: ( move room1 room2)
7: ( move room1 room2)	7: ( putdown box1 left room2)	7: ( move room1 room2)	7: ( putdown box3 right room2)
8: ( putdown box1 right room2)	8: ( putdown box2 right room2)	8: ( putdown box1 right room2)	8: ( putdown box1 left room2)

## 2.4 Quarta instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo quatro caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em estados visitados como gerados, mas o fator de ramificação dela fora o maior das quatro. Em termos de memória utilizada, assume-se que as heurísticas que retornaram o maior número de estados visitados e gerados foram as piores e, portanto,  $h(s) = 1$  e Nível Máximo foram as piores heurísticas. Vale ressaltar que a heurística  $h(s) = 1$  teve um tempo de execução relativamente mais baixo que as demais, mas não pode ser considerada a melhor, pois a diferença é pouco significativa em relação ao segundo lugar e a Soma de Níveis foi muito melhor em termos de espaço utilizado.



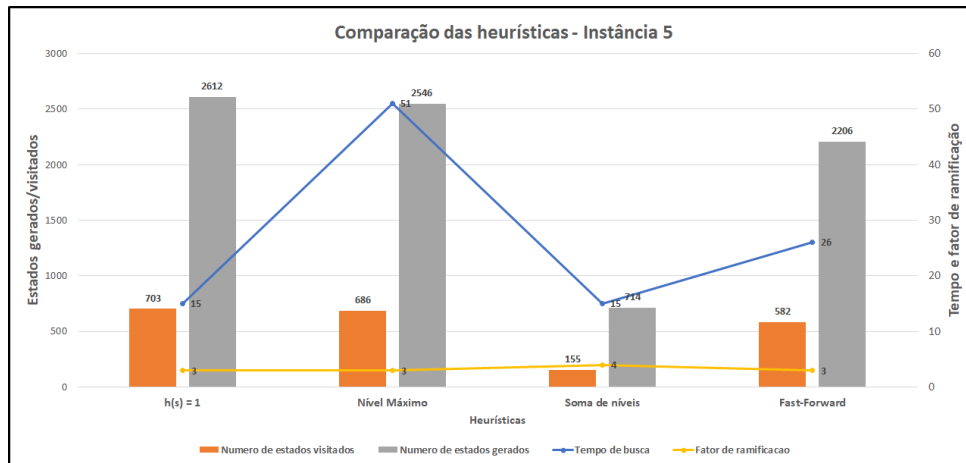
### 2.4.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (11 passos), mas a ordem dos passos fora levemente diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box1 left room1)	00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box2 left room1)	00: ( pickup box1 left room1)
01: ( pickup box2 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box1 left room2)	03: ( putdown box4 left room2)	03: ( putdown box2 left room2)	03: ( putdown box3 right room2)
04: ( putdown box2 right room2)	04: ( putdown box3 right room2)	04: ( putdown box3 right room2)	04: ( putdown box1 left room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box3 left room1)	06: ( pickup box2 right room1)	06: ( pickup box1 left room1)	06: ( pickup box4 right room1)
07: ( pickup box4 right room1)	07: ( pickup box1 left room1)	07: ( pickup box4 right room1)	07: ( pickup box2 left room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box3 left room2)	09: ( putdown box2 right room2)	09: ( putdown box1 left room2)	09: ( putdown box4 right room2)
10: ( putdown box4 right room2)	10: ( putdown box1 left room2)	10: ( putdown box4 right room2)	10: ( putdown box2 left room2)

## 2.5 Quinta instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo cinco caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela fora o maior das quatro. Em termos de memória utilizada, assume-se que as heurísticas que retornaram o maior número de estados visitados e gerados foram as piores e, portanto,  $h(s) = 1$  e Nível Máximo foram as piores heurísticas. Apesar disso, não houve impacto significativo no tempo de execução da heurística  $h(s) = 1$ , que, novamente, empatou com a Soma de Níveis.



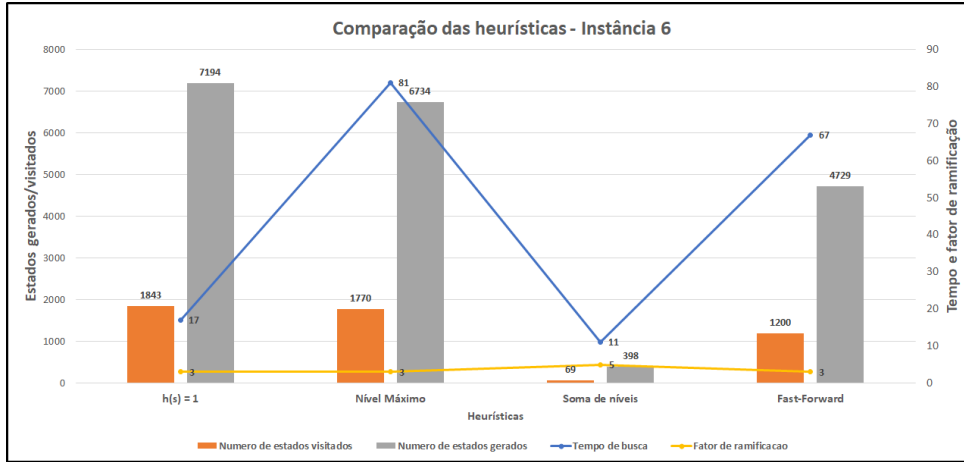
### 2.5.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (15 passos), mas a ordem dos passos fora diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box4 right room1)	00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box5 right room1)	00: ( pickup box2 left room1)
01: ( move room1 room2)	01: ( pickup box1 right room1)	01: ( pickup box4 left room1)	01: ( pickup box3 right room1)
02: ( putdown box4 right room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( move room2 room1)	03: ( putdown box4 left room2)	03: ( putdown box4 left room2)	03: ( putdown box3 right room2)
04: ( pickup box2 right room1)	04: ( putdown box1 right room2)	04: ( putdown box5 right room2)	04: ( putdown box2 left room2)
05: ( pickup box5 left room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( move room1 room2)	06: ( pickup box5 right room1)	06: ( pickup box2 right room1)	06: ( pickup box4 right room1)
07: ( putdown box5 left room2)	07: ( move room1 room2)	07: ( pickup box3 left room1)	07: ( pickup box5 left room1)
08: ( putdown box2 right room2)	08: ( putdown box5 right room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( move room2 room1)	09: ( move room2 room1)	09: ( putdown box2 right room2)	09: ( putdown box5 left room2)
10: ( pickup box3 right room1)	10: ( pickup box3 left room1)	10: ( putdown box3 left room2)	10: ( move room2 room1)
11: ( pickup box1 left room1)	11: ( pickup box2 right room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( pickup box1 left room1)
12: ( move room1 room2)	12: ( move room1 room2)	12: ( pickup box1 right room1)	12: ( move room1 room2)
13: ( putdown box1 left room2)	13: ( putdown box3 left room2)	13: ( move room1 room2)	13: ( putdown box4 right room2)
14: ( putdown box3 right room2)	14: ( putdown box2 right room2)	14: ( putdown box1 right room2)	14: ( putdown box1 left room2)

## 2.6 Sexta instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo seis caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela fora o maior das quatro. As heurísticas  $h(s) = 1$ , Nível Máximo e Fast-Forward, nesse caso obtiveram desempenhos similares em relação ao número de estágios visitados e número de estágios gerados, exigindo mais memória e atingindo um maior tempo de execução do que a Soma de Nível. No entanto Nível Máximo atingiu o maior tempo de busca.



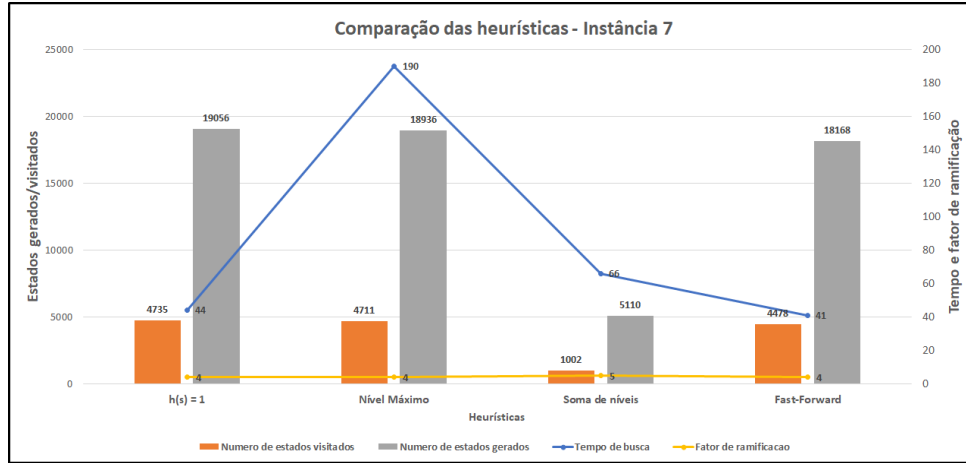
### 2.6.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (17 passos), mas a ordem dos passos foi diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box2 left room1)	00: ( pickup box6 left room1)	00: ( pickup box2 right room1)
01: ( pickup box5 right room1)	01: ( pickup box5 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)	01: ( pickup box3 left room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box5 right room2)	03: ( putdown box5 right room2)	03: ( putdown box3 right room2)	03: ( putdown box3 left room2)
04: ( putdown box4 left room2)	04: ( putdown box2 left room2)	04: ( putdown box6 left room2)	04: ( putdown box2 right room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box2 right room1)	06: ( pickup box1 right room1)	06: ( pickup box4 left room1)	06: ( pickup box1 right room1)
07: ( pickup box3 left room1)	07: ( pickup box3 left room1)	07: ( pickup box5 right room1)	07: ( pickup box4 left room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box3 left room2)	09: ( putdown box3 left room2)	09: ( putdown box4 left room2)	09: ( putdown box4 left room2)
10: ( putdown box2 right room2)	10: ( putdown box1 right room2)	10: ( putdown box5 right room2)	10: ( putdown box1 right room2)
11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)
12: ( pickup box1 right room1)	12: ( pickup box6 right room1)	12: ( pickup box1 right room1)	12: ( pickup box6 right room1)
13: ( pickup box6 left room1)	13: ( pickup box4 left room1)	13: ( pickup box2 left room1)	13: ( pickup box5 left room1)
14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)
15: ( putdown box6 left room2)	15: ( putdown box6 right room2)	15: ( putdown box1 right room2)	15: ( putdown box6 right room2)
16: ( putdown box1 right room2)	16: ( putdown box4 left room2)	16: ( putdown box2 left room2)	16: ( putdown box5 left room2)

## 2.7 Sétima instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo sete caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela fora o maior das quatro. As heurísticas  $h(s) = 1$ , Nível Máximo e Fast-Forward, obtiveram desempenhos similares em relação ao número de estados visitados e número de estados gerados, exigindo mais memória e atingindo um maior tempo de execução do que a Soma de Nível. No entanto, a heurística de Nível Máximo atingiu o maior tempo de busca.



### 2.7.1 Planos

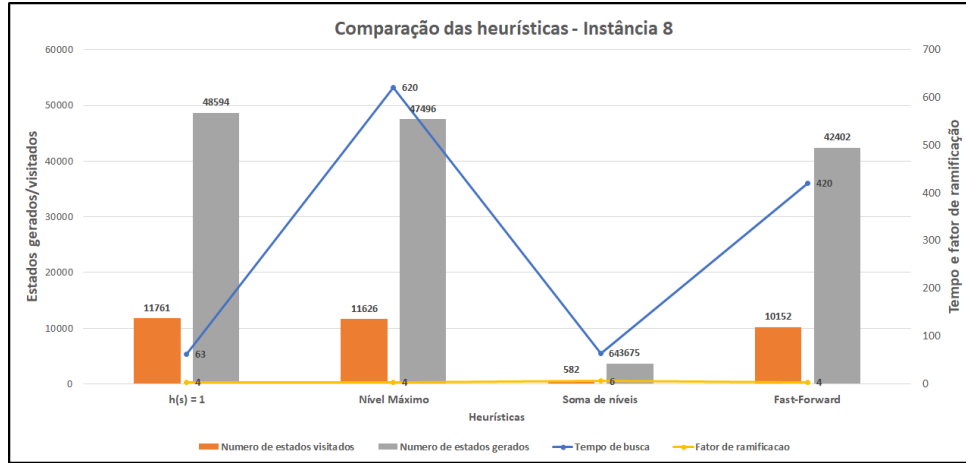
Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (21 passos), mas a ordem dos passos foi diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box4 right room1)
01: ( pickup box2 right room1)	01: ( pickup box1 right room1)	01: ( pickup box3 right room1)	01: ( pickup box6 left room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box2 right room2)	03: ( putdown box4 left room2)	03: ( putdown box4 left room2)	03: ( putdown box6 left room2)
04: ( putdown box4 left room2)	04: ( putdown box1 right room2)	04: ( putdown box3 right room2)	04: ( putdown box4 right room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box7 right room1)	06: ( pickup box2 left room1)	06: ( pickup box1 right room1)	06: ( pickup box2 left room1)
07: ( pickup box1 left room1)	07: ( pickup box5 right room1)	07: ( pickup box2 left room1)	07: ( pickup box3 right room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box7 right room2)	09: ( putdown box5 right room2)	09: ( putdown box1 right room2)	09: ( putdown box3 right room2)
10: ( putdown box1 left room2)	10: ( putdown box2 left room2)	10: ( putdown box2 left room2)	10: ( putdown box2 left room2)
11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)
12: ( pickup box5 left room1)	12: ( pickup box3 left room1)	12: ( pickup box5 right room1)	12: ( pickup box5 right room1)
13: ( move room1 room2)	13: ( move room1 room2)	13: ( pickup box6 left room1)	13: ( pickup box7 left room1)
14: ( putdown box5 left room2)	14: ( putdown box3 left room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)
15: ( move room2 room1)	15: ( move room2 room1)	15: ( putdown box5 right room2)	15: ( putdown box7 left room2)
16: ( pickup box6 left room1)	16: ( pickup box7 right room1)	16: ( putdown box6 left room2)	16: ( move room2 room1)
17: ( pickup box3 right room1)	17: ( pickup box6 left room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( pickup box1 left room1)
18: ( move room1 room2)	18: ( move room1 room2)	18: ( pickup box7 right room1)	18: ( move room1 room2)
19: ( putdown box3 right room2)	19: ( putdown box7 right room2)	19: ( move room1 room2)	19: ( putdown box5 right room2)
20: ( putdown box6 left room2)	20: ( putdown box6 left room2)	20: ( putdown box7 right room2)	20: ( putdown box1 left room2)

## 2.8 Oitava instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo oito caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela foi o maior das quatro. As outras três heurísticas resultaram em um número similar de estados gerados e estados visitados, exigindo mais memória e atingindo um maior tempo de execução. Nesse caso a heurística que precisou de mais tempo para concluir a busca foi a Nível Máximo.





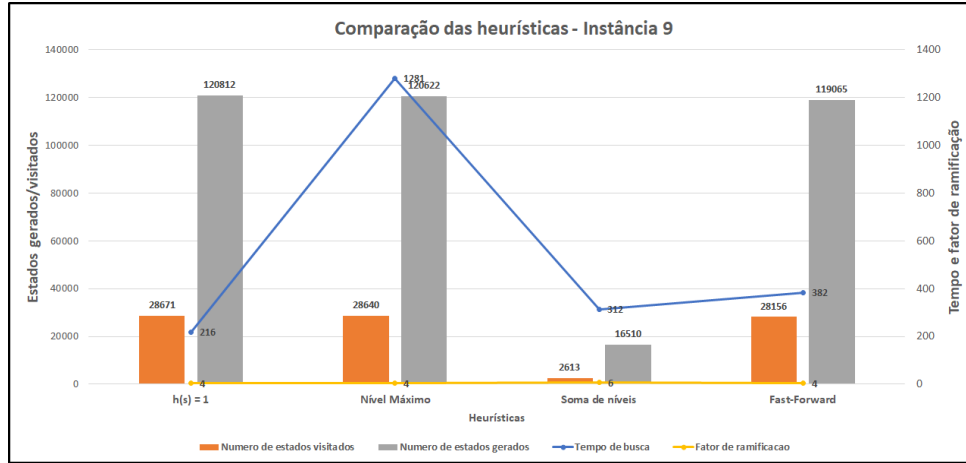
### 2.8.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (11 passos), mas a ordem dos passos foi diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box8 right room1)	00: ( pickup box2 right room1)	00: ( pickup box2 left room1)	00: ( pickup box8 left room1)
01: ( pickup box5 left room1)	01: ( pickup box7 left room1)	01: ( pickup box7 right room1)	01: ( pickup box4 right room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box8 right room2)	03: ( putdown box7 left room2)	03: ( putdown box2 left room2)	03: ( putdown box8 left room2)
04: ( putdown box5 left room2)	04: ( putdown box2 right room2)	04: ( putdown box7 right room2)	04: ( putdown box4 right room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box4 left room1)	06: ( pickup box4 right room1)	06: ( pickup box3 left room1)	06: ( pickup box3 left room1)
07: ( pickup box7 right room1)	07: ( pickup box5 left room1)	07: ( pickup box5 right room1)	07: ( pickup box5 right room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box7 right room2)	09: ( putdown box4 right room2)	09: ( putdown box3 left room2)	09: ( putdown box5 right room2)
10: ( putdown box4 left room2)	10: ( putdown box5 left room2)	10: ( putdown box5 right room2)	10: ( putdown box3 left room2)
11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)
12: ( pickup box2 left room1)	12: ( pickup box1 left room1)	12: ( pickup box1 right room1)	12: ( pickup box6 left room1)
13: ( pickup box3 right room1)	13: ( pickup box3 right room1)	13: ( pickup box4 left room1)	13: ( pickup box7 right room1)
14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)
15: ( putdown box3 right room2)	15: ( putdown box3 right room2)	15: ( putdown box1 right room2)	15: ( putdown box7 right room2)
16: ( putdown box2 left room2)	16: ( putdown box1 left room2)	16: ( putdown box4 left room2)	16: ( putdown box6 left room2)
17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)
18: ( pickup box6 left room1)	18: ( pickup box8 right room1)	18: ( pickup box6 right room1)	18: ( pickup box2 right room1)
19: ( pickup box1 right room1)	19: ( pickup box6 left room1)	19: ( pickup box8 left room1)	19: ( pickup box1 left room1)
20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)
21: ( putdown box1 right room2)	21: ( putdown box8 right room2)	21: ( putdown box6 right room2)	21: ( putdown box2 right room2)
22: ( putdown box6 left room2)	22: ( putdown box6 left room2)	22: ( putdown box8 left room2)	22: ( putdown box1 left room2)

## 2.9 Nona instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo nove caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela foi o maior das quatro. As outras três heurísticas resultaram em um número similar de estados gerados e estados visitados, exigindo mais memória e atingindo um maior tempo de execução. Nesse caso a heurística que precisou de mais tempo para concluir a busca foi a Nível Máximo.



### 2.9.1 Planos

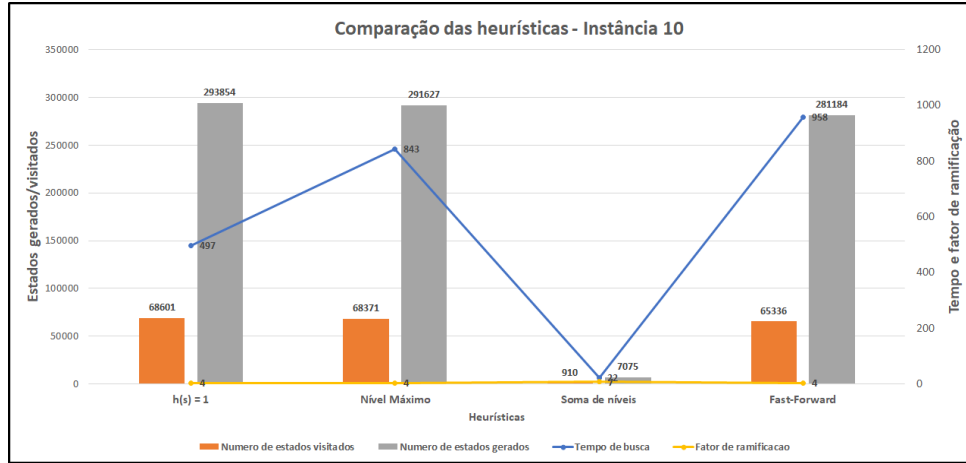
Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (11 passos), mas a ordem dos passos foi diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box4 left room1)	00: ( pickup box8 left room1)	00: ( pickup box2 right room1)	00: ( pickup box4 left room1)
01: ( pickup box1 right room1)	01: ( pickup box1 right room1)	01: ( pickup box3 left room1)	01: ( pickup box6 right room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box1 right room2)	03: ( putdown box8 left room2)	03: ( putdown box2 right room2)	03: ( putdown box4 left room2)
04: ( putdown box4 left room2)	04: ( putdown box1 right room2)	04: ( putdown box3 left room2)	04: ( putdown box6 right room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box3 right room1)	06: ( pickup box2 left room1)	06: ( pickup box4 right room1)	06: ( pickup box5 left room1)
07: ( pickup box8 left room1)	07: ( pickup box4 right room1)	07: ( pickup box6 left room1)	07: ( pickup box8 right room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box3 right room2)	09: ( putdown box4 right room2)	09: ( putdown box4 right room2)	09: ( putdown box8 right room2)
10: ( putdown box8 left room2)	10: ( putdown box2 left room2)	10: ( putdown box6 left room2)	10: ( putdown box5 left room2)
11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)
12: ( pickup box2 left room1)	12: ( pickup box5 left room1)	12: ( pickup box1 right room1)	12: ( pickup box1 left room1)
13: ( pickup box5 right room1)	13: ( pickup box7 right room1)	13: ( pickup box7 left room1)	13: ( pickup box7 right room1)
14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)
15: ( putdown box5 right room2)	15: ( putdown box7 right room2)	15: ( putdown box7 left room2)	15: ( putdown box7 right room2)
16: ( putdown box2 left room2)	16: ( putdown box5 left room2)	16: ( putdown box1 right room2)	16: ( putdown box1 left room2)
17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)
18: ( pickup box9 right room1)	18: ( pickup box6 right room1)	18: ( pickup box5 right room1)	18: ( pickup box9 right room1)
19: ( pickup box7 left room1)	19: ( move room1 room2)	19: ( pickup box9 left room1)	19: ( pickup box3 left room1)
20: ( move room1 room2)	20: ( putdown box6 right room2)	20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)
21: ( putdown box7 left room2)	21: ( move room2 room1)	21: ( putdown box5 right room2)	21: ( putdown box3 left room2)
22: ( putdown box9 right room2)	22: ( pickup box9 right room1)	22: ( putdown box9 left room2)	22: ( move room2 room1)
23: ( move room2 room1)	23: ( pickup box3 left room1)	23: ( move room2 room1)	23: ( pickup box2 left room1)
24: ( pickup box6 right room1)	24: ( move room1 room2)	24: ( pickup box8 left room1)	24: ( move room1 room2)
25: ( move room1 room2)	25: ( putdown box9 right room2)	25: ( move room1 room2)	25: ( putdown box9 right room2)
26: ( putdown box6 right room2)	26: ( putdown box3 left room2)	26: ( putdown box8 left room2)	26: ( putdown box2 left room2)

### 2.10 Décima instância

Essa instância possui um estado inicial de duas salas, uma contendo dez caixas e o robô entregador, com ambas as mãos vazias, e a outra sala totalmente vazia. A Soma de Níveis teve uma performance superior em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela foi o maior das quatro. As heurísticas  $h(s) = 1$ , Nível Máximo e Fast-Forward, nesse caso obtiveram desempenhos similares em relação ao número de estados visitados e número de estados gerados exigindo mais memória e atingindo um maior tempo de execução, no entanto Fast-Forward atingiu o maior tempo de busca e  $h(s) = 1$  teve um tempo de busca menor, inclusive ao ser comparada com a Soma de Níveis.



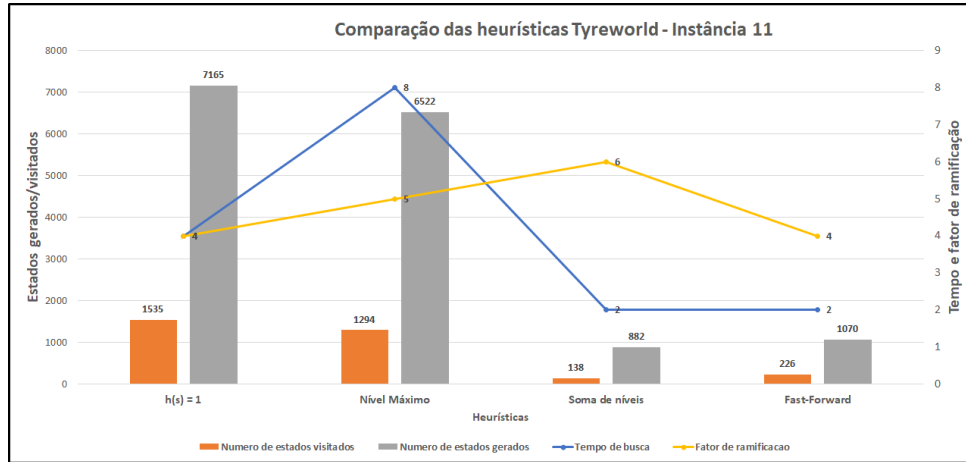


### 2.10.1 Planos

Em termos de solução do problema, os planos gerados com todas as quatro heurísticas foram equivalentes em custo (11 passos), mas a ordem dos passos foi diferente.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( pickup box8 left room1)	00: ( pickup box4 right room1)	00: ( pickup box2 left room1)	00: ( pickup box2 left room1)
01: ( pickup box1 right room1)	01: ( pickup box5 left room1)	01: ( pickup box9 right room1)	01: ( pickup box5 right room1)
02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)	02: ( move room1 room2)
03: ( putdown box8 left room2)	03: ( putdown box5 left room2)	03: ( putdown box2 left room2)	03: ( putdown box5 right room2)
04: ( putdown box1 right room2)	04: ( putdown box4 right room2)	04: ( putdown box9 right room2)	04: ( putdown box2 left room2)
05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)	05: ( move room2 room1)
06: ( pickup box2 left room1)	06: ( pickup box8 right room1)	06: ( pickup box3 left room1)	06: ( pickup box4 left room1)
07: ( pickup box6 right room1)	07: ( pickup box9 left room1)	07: ( pickup box4 right room1)	07: ( pickup box6 right room1)
08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)	08: ( move room1 room2)
09: ( putdown box6 right room2)	09: ( putdown box9 left room2)	09: ( putdown box3 left room2)	09: ( putdown box6 right room2)
10: ( putdown box2 left room2)	10: ( putdown box8 right room2)	10: ( putdown box4 right room2)	10: ( putdown box4 left room2)
11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)	11: ( move room2 room1)
12: ( pickup box10 right room1)	12: ( pickup box6 right room1)	12: ( pickup box8 right room1)	12: ( pickup box8 left room1)
13: ( pickup box3 left room1)	13: ( pickup box7 left room1)	13: ( pickup box10 left room1)	13: ( pickup box9 right room1)
14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)	14: ( move room1 room2)
15: ( putdown box10 right room2)	15: ( putdown box6 right room2)	15: ( putdown box8 right room2)	15: ( putdown box9 right room2)
16: ( putdown box3 left room2)	16: ( putdown box7 left room2)	16: ( putdown box10 left room2)	16: ( putdown box8 left room2)
17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)	17: ( move room2 room1)
18: ( pickup box9 right room1)	18: ( pickup box1 right room1)	18: ( pickup box1 right room1)	18: ( pickup box1 left room1)
19: ( pickup box7 left room1)	19: ( pickup box2 left room1)	19: ( pickup box5 left room1)	19: ( pickup box7 right room1)
20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)	20: ( move room1 room2)
21: ( putdown box9 right room2)	21: ( putdown box1 right room2)	21: ( putdown box1 right room2)	21: ( putdown box7 right room2)
22: ( putdown box7 left room2)	22: ( putdown box2 left room2)	22: ( putdown box5 left room2)	22: ( putdown box1 left room2)
23: ( move room2 room1)	23: ( move room2 room1)	23: ( move room2 room1)	23: ( move room2 room1)
24: ( pickup box5 left room1)	24: ( pickup box10 right room1)	24: ( pickup box6 right room1)	24: ( pickup box10 right room1)
25: ( pickup box4 right room1)	25: ( pickup box3 left room1)	25: ( pickup box7 left room1)	25: ( pickup box3 left room1)
26: ( move room1 room2)	26: ( move room1 room2)	26: ( move room1 room2)	26: ( move room1 room2)
27: ( putdown box5 left room2)	27: ( putdown box3 left room2)	27: ( putdown box6 right room2)	27: ( putdown box10 right room2)
28: ( putdown box4 right room2)	28: ( putdown box10 right room2)	28: ( putdown box7 left room2)	28: ( putdown box3 left room2)

### 3 Tireworld



Percebe-se, ao comparar as diferentes heurísticas, que a Soma de Níveis teve uma performance superior tanto em tempo de busca como em estados visitados e gerados, mas o fator de ramificação dela foi o maior das quatro. As heurísticas  $h(s) = 1$ , Nível Máximo e Fast-Forward, obtiveram desempenhos similares em relação ao número de estados e número de estados gerados, exigindo mais memória e atingindo um maior tempo de execução, no entanto Fast-Forward atingiu o maior tempo de busca.

HL	MAX	SUM	FAST_FORWARD
00: ( open boot)	00: ( open boot)	00: ( open boot)	00: ( open boot)
01: ( fetch wrench boot)	01: ( fetch wrench boot)	01: ( fetch jack boot)	01: ( fetch jack boot)
02: ( loosen nuts1 the-hub1)	02: ( fetch jack boot)	02: ( fetch wrench boot)	02: ( fetch wrench boot)
03: ( fetch r1 boot)	03: ( loosen nuts1 the-hub1)	03: ( loosen nuts1 the-hub1)	03: ( loosen nuts1 the-hub1)
04: ( fetch jack boot)	04: ( jack-up the-hub1)	04: ( jack-up the-hub1)	04: ( jack-up the-hub1)
05: ( fetch pump boot)	05: ( undo nuts1 the-hub1)	05: ( undo nuts1 the-hub1)	05: ( undo nuts1 the-hub1)
06: ( jack-up the-hub1)	06: (remove-wheel w1 the-hub1)	06: (remove-wheel w1 the-hub1)	06: (remove-wheel w1 the-hub1)
07: ( undo nuts1 the-hub1)	07: ( fetch r1 boot)	07: ( fetch r1 boot)	07: ( fetch r1 boot)
08: (remove-wheel w1 the-hub1)	08: (put-on-wheel r1 the-hub1)	08: (put-on-wheel r1 the-hub1)	08: (put-on-wheel r1 the-hub1)
09: (put-on-wheel r1 the-hub1)	09: ( do-up nuts1 the-hub1)	09: ( do-up nuts1 the-hub1)	09: ( do-up nuts1 the-hub1)
10: ( put-away w1 boot)	10: ( jack-down the-hub1)	10: ( jack-down the-hub1)	10: ( put-away w1 boot)
11: ( do-up nuts1 the-hub1)	11: ( fetch pump boot)	11: ( put-away jack boot)	11: ( fetch pump boot)
12: ( inflate r1)	12: ( put-away w1 boot)	12: ( put-away w1 boot)	12: ( inflate r1)
13: ( jack-down the-hub1)	13: ( inflate r1)	13: ( tighten nuts1 the-hub1)	13: ( jack-down the-hub1)
14: ( tighten nuts1 the-hub1)	14: ( tighten nuts1 the-hub1)	14: ( fetch pump boot)	14: ( tighten nuts1 the-hub1)
15: ( put-away pump boot)	15: ( put-away jack boot)	15: ( inflate r1)	15: ( put-away wrench boot)
16: ( put-away jack boot)	16: ( put-away wrench boot)	16: ( put-away wrench boot)	16: ( put-away jack boot)
17: ( put-away wrench boot)	17: ( put-away pump boot)	17: ( put-away pump boot)	17: ( put-away pump boot)
18: ( close boot)	18: ( close boot)	18: ( close boot)	18: ( close boot)

### 4 Código Desenvolvido

Para realizar todos os testes foi utilizada a biblioteca em java chamada pddl4j, em sua versão 3.8, disponível em <https://github.com/pellierd/pddl4j>. Foram realizadas algumas alterações em certas classes para adaptar o código às necessidades do trabalho.