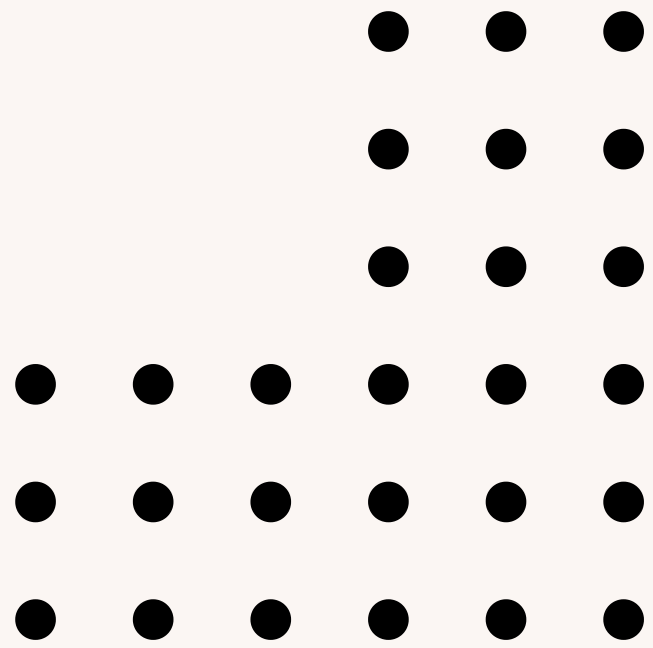
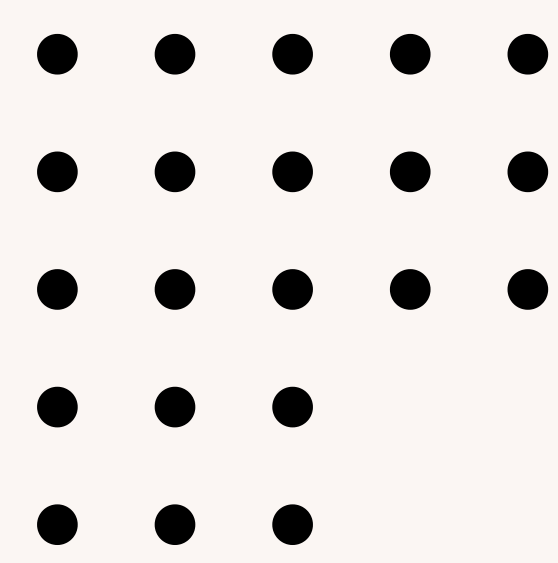
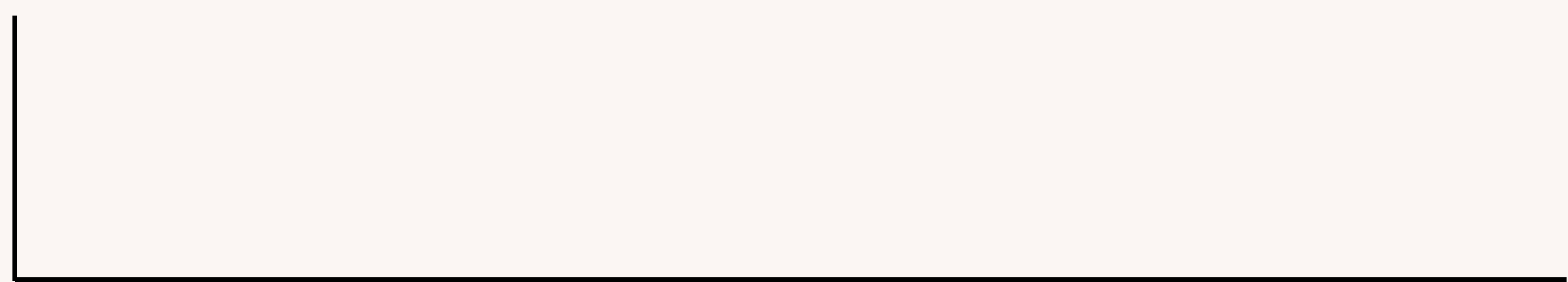
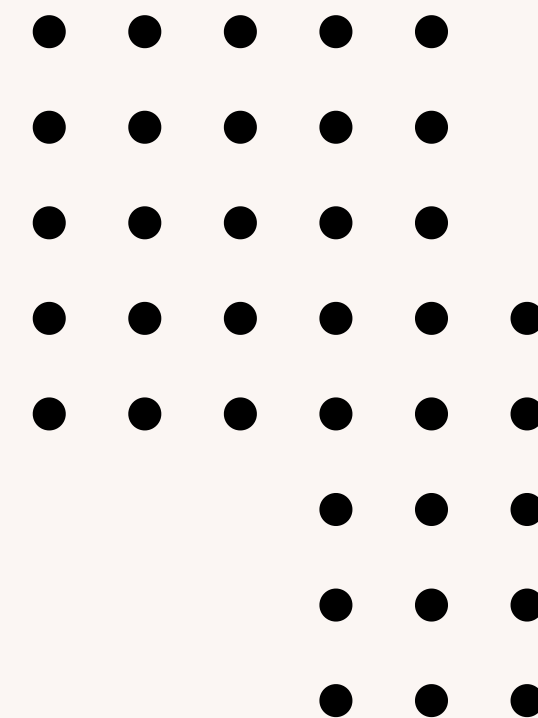


TRAIN STATION





INTEGRANTES

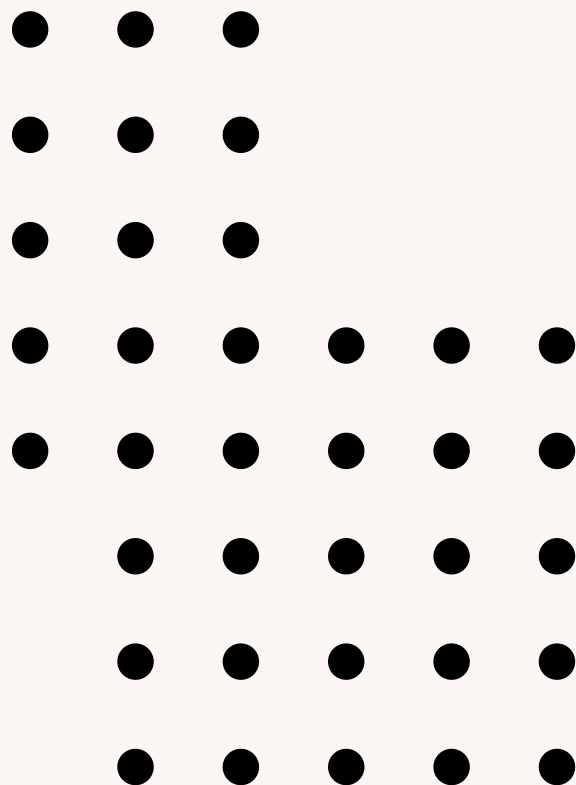
Igor Penha

David Renan

Guilherme Peixoto

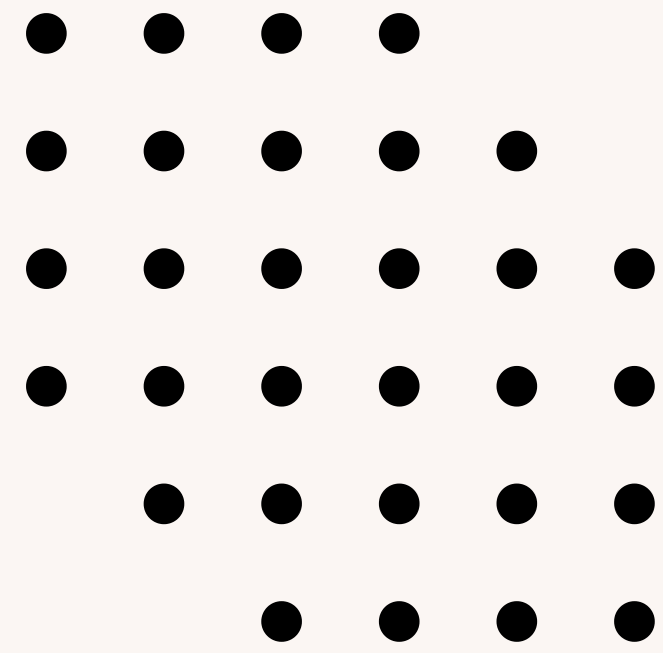
Vinícius dos Santos

Wagner Cunha



TÓPICOS DE ABORDAGEM

- PDDL+
- Contexto e Motivação
- Possíveis Aplicações
- Como funciona o Domínio
- Planejador
- Resultados





INTRODUÇÃO AO PDDL+

- Extensão do Planning Domain Definition Language (PDDL)
- Modela sistemas com dinâmicas contínuas e eventos discretos



DETALHES DO PDDL+

Componentes principais:

- Objetos: Entidades no domínio, como trens, trilhos, estações
- Predicados: Propriedades dos objetos, ex: (free ?s), (at ?t ?s)
- Ações: Mudanças discretas de estado, ex: mover, parar
- Processos: Mudanças contínuas ao longo do tempo, ex:
ocupação de trilhos



CONTEXTO E MOTIVAÇÕES

- **Desafios Operacionais Atuais**

Despacho manual de trens é propenso a erros e atrasos

Alta complexidade de gerenciamento de múltiplos trens simultaneamente.

- **Crescimento da demanda**

Aumento contínuo da demanda por transporte ferroviário.

Necessidade de maximizar a utilização da infraestrutura existente.

- **Necessidade de Automação**

Soluções automatizadas podem melhorar a eficiência operacional.

Planejamento automático pode auxiliar operadores humanos.



POSSÍVEIS APLICAÇÕES

- Gestão de tráfego aéreo
- Gerenciamento de recursos em hospitais
- Controle de processos industriais

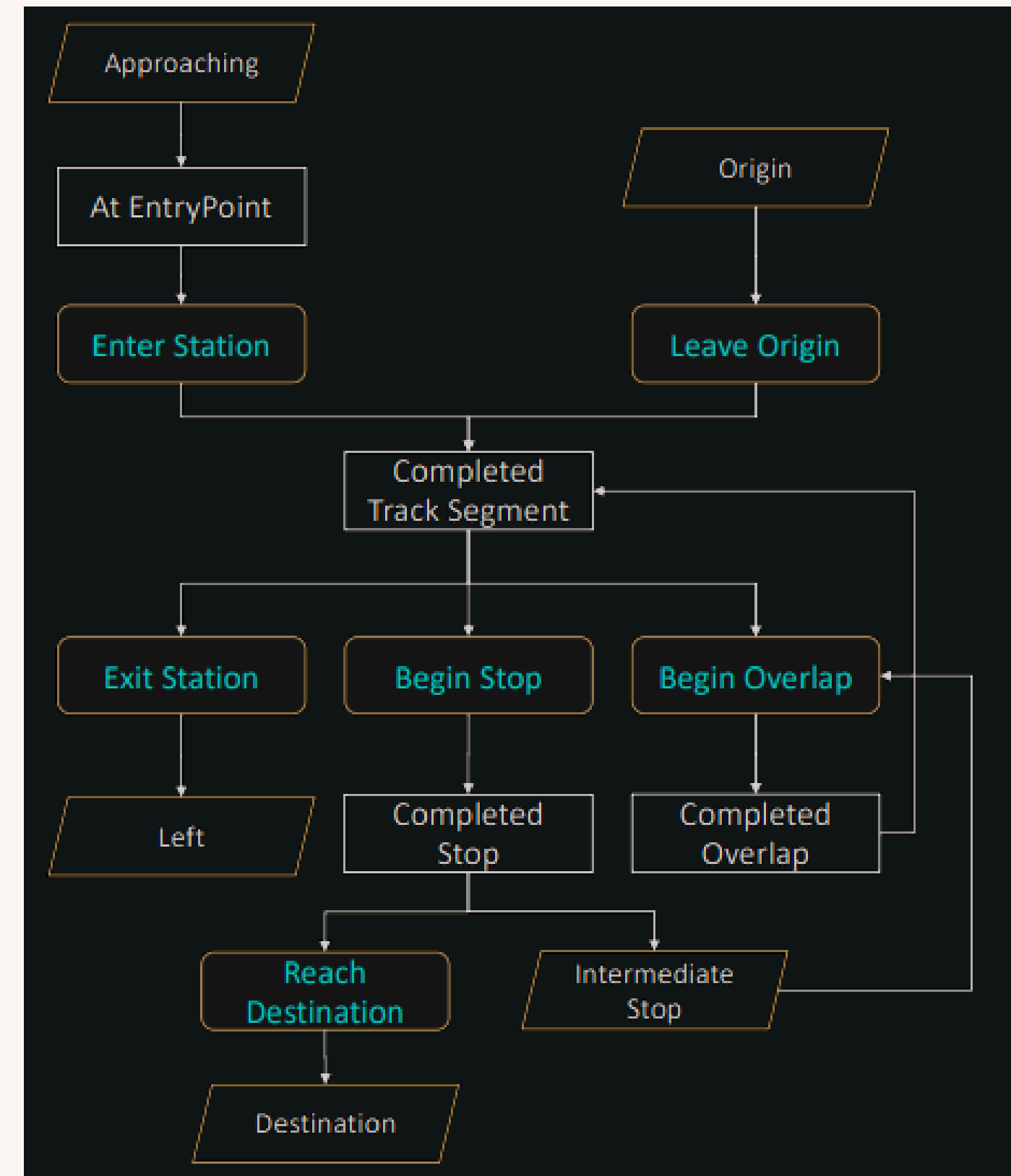


COMO FUNCIONA

- Estrutura do Domínio
 - Segmentos de Trilhos: Unidades básicas que formam a rede ferroviária.
 - Pontos de Parada: Locais onde os trens podem parar, como plataformas.
 - Interconexões: Conexões entre segmentos que permitem movimentação contínua.

COMO FUNCIONA

- Estados dos Trens
 - Approaching: Trem se aproximando da estação.
 - Origin: Trem parado na plataforma de origem.
 - Destination: Trem parado na plataforma de destino.
 - Intermediate Stop: Trem fazendo uma parada intermediária.
 - Left: Trem deixou a estação.





COMO FUNCIONA

- Operadores e Processos
 - Enter Station: Trem entra na estação, ocupando um segmento de trilho.
 - Leave Origin: Trem inicia movimento a partir da plataforma de origem.
 - Begin Overlap: Trem transita entre diferentes itinerários.
 - Completed Track Segment: Segmento é liberado após a passagem do trem.



COMO FUNCIONA

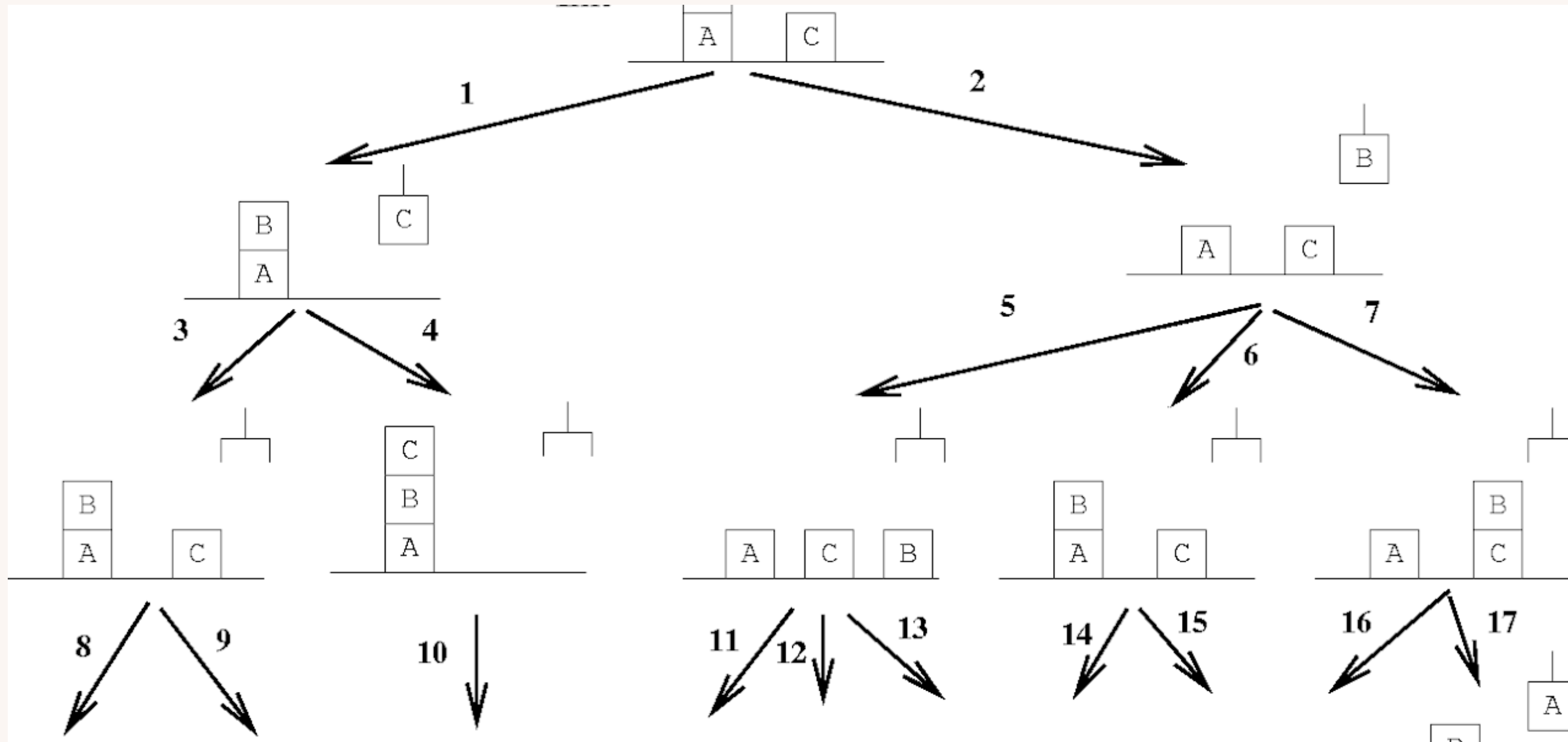
- Eventos Críticos
 - Arrival: A chegada do trem aciona processos de liberação e ocupação de trilhos.
 - Stop: Trem para para embarque e desembarque..
 - Departure: Trem sai da estação, atualizando o estado dos segmentos de trilho.



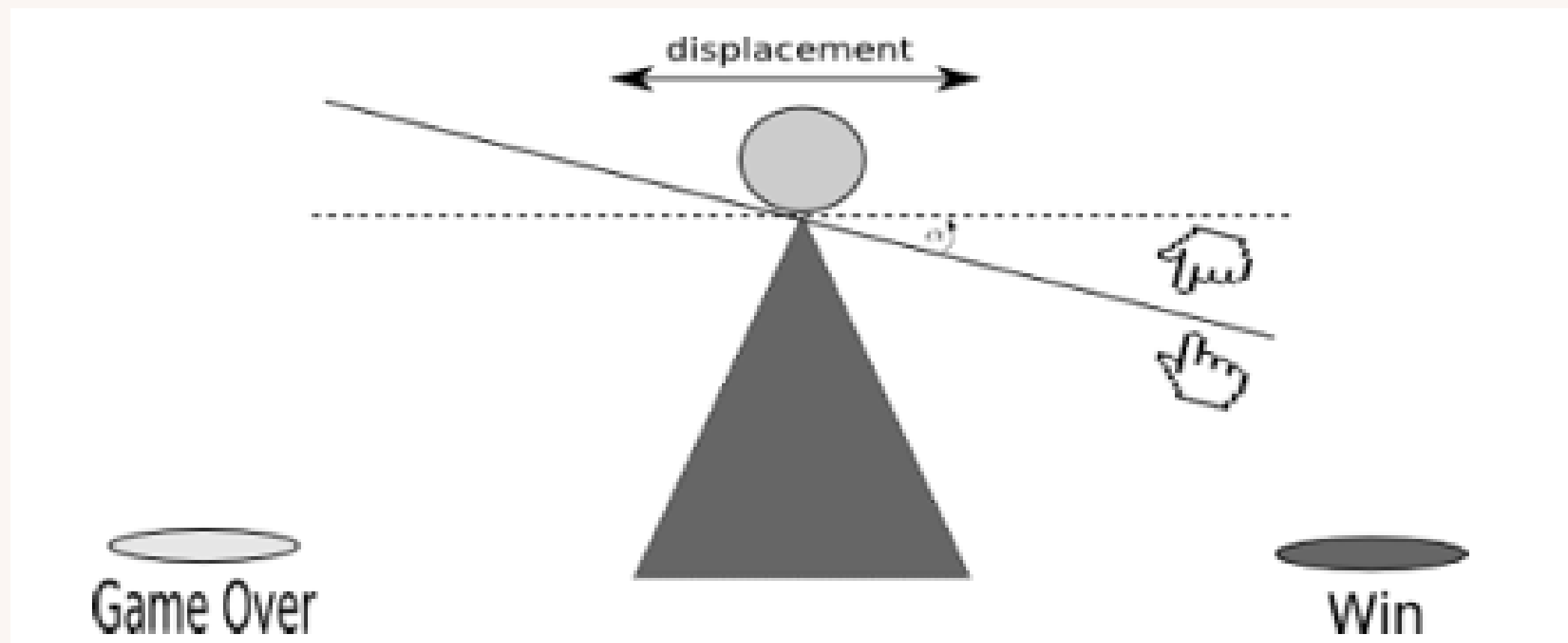
PLANEJADOR UTILIZADO

- ENHSP (Enhanced Numeric Heuristic Search Planner)
 - Um planejador heurístico avançado capaz de lidar com problemas de planejamento descritos em PDDL+ e que tem o foco em problemas que envolvem tanto ações discretas quanto processos contínuos e eventos
 - Utiliza heurísticas baseadas em valores numéricos para orientar a busca por soluções.
 - Adaptado para lidar com os dados e as especificidades do cenário ferroviário, como o gerenciamento de múltiplos trens e itinerários simultaneamente.

ENHSP



ENHSP (EXEMPLO)



Movimento influenciado por:

- Ângulo
- Gravidade
- Arrasto
- Velocidade
- Posição

ENHSP (IBR)

- Relaxamento baseado em intervalos
 - Representação computacionalmente eficiente
 - Soluções equivalentes

- $x + y = [\underline{x} + \underline{y}, \bar{x} + \bar{y}]$;
- $x - y = [\underline{x} - \bar{y}, \bar{x} - \underline{y}]$;
- $x \times y = [\min(\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y}), \max(\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y})]$;
- $x \div y = [\min(\underline{x} \div \underline{y}, \underline{x} \div \bar{y}, \bar{x} \div \underline{y}, \bar{x} \div \bar{y}), \max(\underline{x} \div \underline{y}, \underline{x} \div \bar{y}, \bar{x} \div \underline{y}, \bar{x} \div \bar{y})]$ (if $0 \notin y$ otherwise one of the bounds diverges [23]).

MODIFICAÇÕES PARA O DOMÍNIO

- Adaptive delta
 - Quando uma ação é executada uma nova fila Q é criada.
 - A função extender fila é usada para estender a fila delta do estado pai.
 - A cada estado, o proximo delta é identificado e escolhido o tempo do evento a ser acionado.

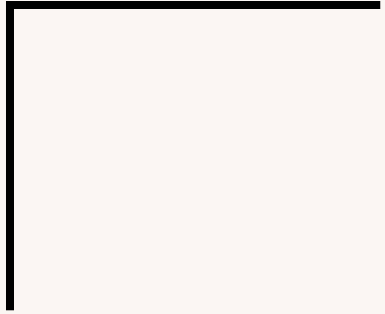
Algorithm 1 Adaptive Delta Queue

```
1: function GENERATE INITIAL QUEUE( $E, A, I$ )
2:    $Q = \text{INITQUEUE}()$ 
3:   for  $e$  in  $E$  |  $e = \text{"AtEntryPoint"}$  do
4:      $\text{ENQUEUE}(Q, e.time)$ 
5:   for  $a$  in  $A$  |  $e = \text{"LeaveOrigin"}$  do
6:      $\text{ENQUEUE}(Q, a.earlyTime)$ 
7:   for  $p$  in  $\text{GETACTIVEPROCESSES}(I)$  do
8:     for  $e$  in  $\text{IDENTIFYEVENTS}(p)$  do
9:        $\text{ENQUEUE}(e.time)$ 
10:  return  $\text{SORT}(Q)$ 
11:
12: function EXTEND QUEUE( $Q_p, a$ )
13:   $Q = Q_p$ 
14:   $TE = \text{CALCTRIGEVENTS}(a)$ 
15:  for  $e$  in  $TE$  do
16:     $\text{ENQUEUE}(e.time)$ 
17:  return  $\text{SORT}(Q)$ 
```

SPECIALISED HEURISTIC

- A* (tradicional) $f(s) = g(s) + h(s)$
 - $f(s)$ custo de pesquisa do estado desejado
 - $g(s)$ Custo para chegar ao estado s
 - $h(s)$ Estimativa heurística para chegar ao estado s
- A* (especializado)
 - $g(s)$ Calculado como tempo modelado decorrido do estado inicial até o estado s
 - $h(s)$ Somatório do tempo que os trens precisam para chegar ao destino final.

$$h(s) = \sum_{t \in N} (\text{reachTime}(t) + \text{penalisation}(t))$$



CONSTRAINTS

Restrições, que são focadas no tempo gasto pelos trens

- $\text{stayInStationTime}(t) < \text{MaxStayInStation}$
 - Tempo de permanência na estação, que indica que um trem não pode permanecer na estação por mais do que um valor máximo determinado.
- $\text{fromArrivalTime}(t) < \text{MaxFromArrival}$
 - Tempo desde a chegada, restringe o tempo decorrido desde a chegada do trem na estação.
- $\text{stoppingTime}(t) < \text{MaxStoppingTime}$
 - Tempo de parada na plataforma, restringe o tempo gasto em uma plataforma.

RESULTADOS

```
Domain parsed
Problem parsed
Grounding..
Grounding Time: 87
Aibr Preprocessing
|F|:158
|X|:41
Heuristic Problem Creation
Aibr Preprocessing
|A|:40
|P|:37
|E|:148
Delta time heuristic model:1.0
Delta time planning model:1.0
Delta time search-execution model:1.0
Delta time validation model:1
H1 Setup Time (msec): 12
g(n)= 1.0 h(n)=463.0
g(n)= 2.0 h(n)=413.0
g(n)= 3.0 h(n)=363.0
g(n)= 4.0 h(n)=313.0
g(n)= 5.0 h(n)=234.0
g(n)= 6.0 h(n)=213.0
g(n)= 7.0 h(n)=192.0
g(n)= 8.0 h(n)=150.0
g(n)= 9.0 h(n)=125.0
g(n)= 10.0 h(n)=100.0
g(n)= 11.0 h(n)=88.0
g(n)= 12.0 h(n)=76.0
g(n)= 13.0 h(n)=64.0
g(n)= 14.0 h(n)=52.0
g(n)= 15.0 h(n)=28.0
g(n)= 36.0 h(n)=24.0
g(n)= 37.0 h(n)=21.0
g(n)= 38.0 h(n)=20.0
g(n)= 39.0 h(n)=19.0
g(n)= 40.0 h(n)=18.0
g(n)= 41.0 h(n)=17.0
g(n)= 42.0 h(n)=15.0
g(n)= 43.0 h(n)=14.0
g(n)= 43.0 h(n)=11.0
g(n)= 44.0 h(n)=8.0
g(n)= 45.0 h(n)=7.0
g(n)= 45.0 h(n)=6.0
g(n)= 45.0 h(n)=5.0
g(n)= 45.0 h(n)=4.0
g(n)= 45.0 h(n)=3.0
g(n)= 45.0 h(n)=1.0
Extracting plan with execution delta: 1.0
Problem Solved
Found Plan:
0: -----waiting---- [8.0]
8.0: (T1_entersStation_IW2)
8.0: (T2_entersStation_IE5)
8.0: -----waiting---- [21.0]
21.0: (T2_beginStop_IE5_S_V)
21.0: -----waiting---- [22.0]
22.0: (T2_overlaps_IE5_I5W)
22.0: -----waiting---- [31.0]
31.0: (T2_exitsStation_I5W)
31.0: -----waiting---- [32.0]
32.0: (T1_beginStop_IW2_S_II)
32.0: -----waiting---- [33.0]
33.0: (T1_overlaps_IW2_I2E)
33.0: -----waiting---- [38.0]
```

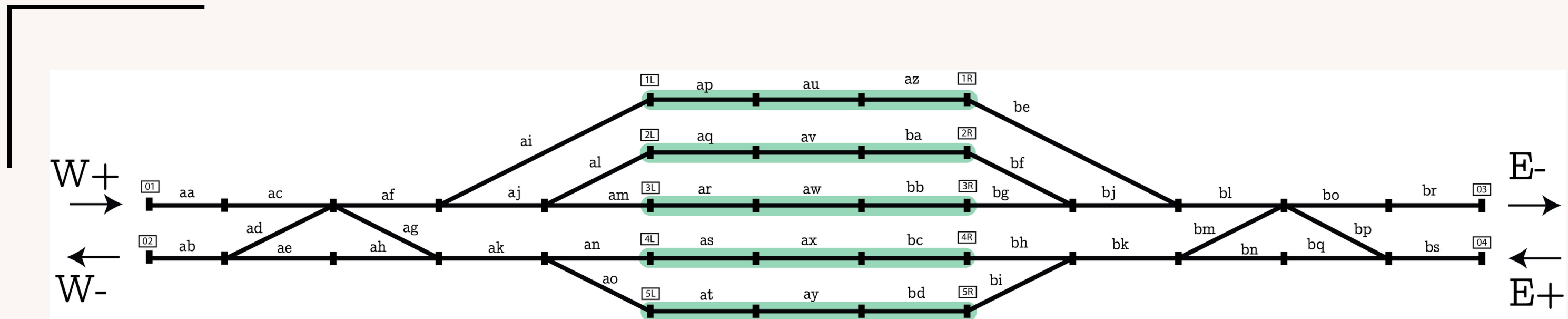
```
Aibr Preprocessing
|F|:158
|X|:41
Heuristic Problem Creation
Aibr Preprocessing
|A|:40
|P|:37
|E|:148
Delta time heuristic model:1.0
Delta time planning model:1.0
Delta time search-execution model:1.0
Delta time validation model:1
H1 Setup Time (msec): 12
```

```
Found Plan:
0: -----waiting---- [8.0]
8.0: (T1_entersStation_IW2)
8.0: (T2_entersStation_IE5)
8.0: -----waiting---- [21.0]
21.0: (T2_beginStop_IE5_S_V)
21.0: -----waiting---- [22.0]
22.0: (T2_overlaps_IE5_I5W)
22.0: -----waiting---- [31.0]
31.0: (T2_exitsStation_I5W)
31.0: -----waiting---- [32.0]
32.0: (T1_beginStop_IW2_S_II)
32.0: -----waiting---- [33.0]
33.0: (T1_overlaps_IW2_I2E)
33.0: -----waiting---- [38.0]
```

```
H1 Setup Time (msec): 12
g(n)= 1.0 h(n)=463.0
g(n)= 2.0 h(n)=413.0
g(n)= 3.0 h(n)=363.0
g(n)= 4.0 h(n)=313.0
g(n)= 5.0 h(n)=234.0
g(n)= 6.0 h(n)=213.0
g(n)= 7.0 h(n)=192.0
g(n)= 8.0 h(n)=150.0
g(n)= 9.0 h(n)=125.0
g(n)= 10.0 h(n)=100.0
g(n)= 11.0 h(n)=88.0
g(n)= 12.0 h(n)=76.0
g(n)= 13.0 h(n)=64.0
g(n)= 14.0 h(n)=52.0
g(n)= 15.0 h(n)=28.0
g(n)= 36.0 h(n)=24.0
g(n)= 37.0 h(n)=21.0
g(n)= 38.0 h(n)=20.0
g(n)= 39.0 h(n)=19.0
g(n)= 40.0 h(n)=18.0
g(n)= 41.0 h(n)=17.0
g(n)= 42.0 h(n)=15.0
g(n)= 43.0 h(n)=14.0
g(n)= 43.0 h(n)=11.0
g(n)= 44.0 h(n)=8.0
g(n)= 45.0 h(n)=7.0
g(n)= 45.0 h(n)=6.0
g(n)= 45.0 h(n)=5.0
g(n)= 45.0 h(n)=4.0
g(n)= 45.0 h(n)=3.0
g(n)= 45.0 h(n)=1.0
Extracting plan with execution delta: 1.0
```

F : Numero de variáveis de estado

X : Numero de variáveis contínuas

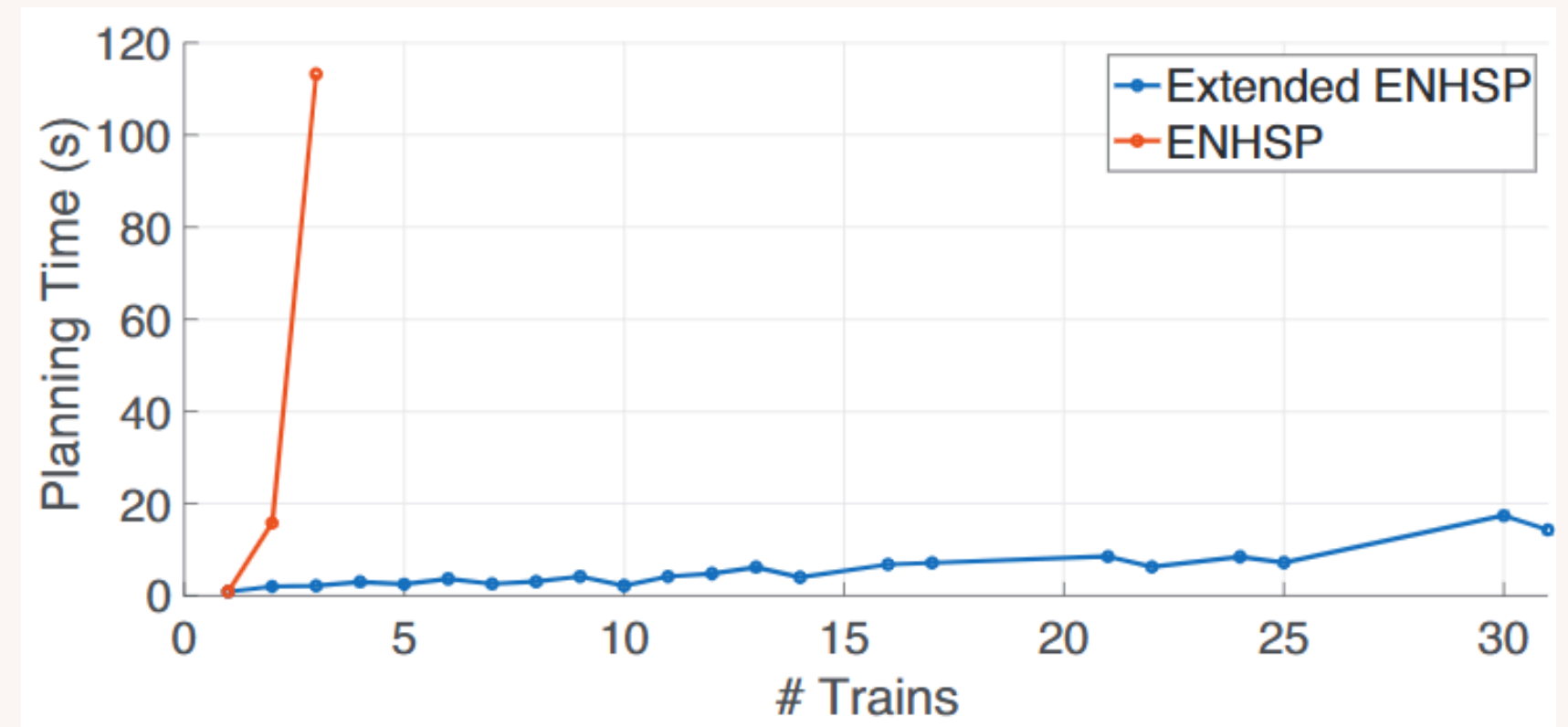


Found Plan:

```
0: -----waiting---- [8.0]
8.0: (T1_entersStation_IW2)
8.0: (T2_entersStation_IE5)
8.0: -----waiting---- [21.0]
21.0: (T2_beginStop_IE5_S_V)
21.0: -----waiting---- [22.0]
22.0: (T2_overlaps_IE5_I5W)
22.0: -----waiting---- [31.0]
31.0: (T2_exitsStation_I5W)
31.0: -----waiting---- [32.0]
32.0: (T1_beginStop_IW2_S_II)
32.0: -----waiting---- [33.0]
33.0: (T1_overlaps_IW2_I2E)
33.0: -----waiting---- [38.0]
```

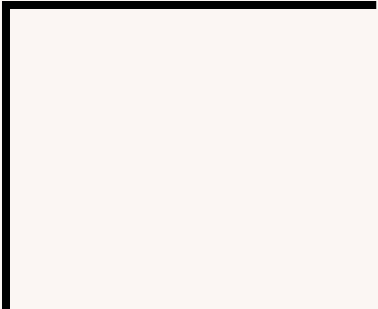
RESULTADOS

Problema	Time (seconds) (SAT)
1TrainDestination	0.330
1TrainNoStop	0.358
1TrainOrigin	0.258
1TrainStop	0.385
2TrainStop	0.595
3Trains_2Stop_1Destination	0.706
3TrainStop	1.477
4Trains_2Stop_1Origin_1Destination	300.637
5Trains	-----



Optimal:

Problema	Time (seconds) (OPT)
1TrainDestination	0.357
1TrainNoStop	0.374
1TrainOrigin	0.267
1TrainStop	0.414
2TrainStop	1.669
3Trains_2Stop_1Destination	224.239
3TrainStop	226.239
4Trains_2Stop_1Origin_1Destination	171.460
5Trains	-----



RESULTADOS

Running ENHSP for planner: sat-hmrp	
real	0m0.260s
user	0m0.423s
sys	0m0.061s

Running ENHSP for planner: sat-hmrph	
real	0m0.255s
user	0m0.445s
sys	0m0.028s

Running ENHSP for planner: sat-hmrpff	
real	0m0.257s
user	0m0.447s
sys	0m0.031s

Running ENHSP for planner: sat-hadd	
real	0m0.258s
user	0m0.434s
sys	0m0.047s

Running ENHSP for planner: sat-aibr	
real	0m0.254s
user	0m0.436s
sys	0m0.040s

Running ENHSP for planner: sat-hradd	
real	0m0.255s
user	0m0.435s
sys	0m0.038s

Running ENHSP for planner: opt-hmax	
real	0m0.260s
user	0m0.405s
sys	0m0.076s

Running ENHSP for planner: opt-hlm	
real	0m0.260s
user	0m0.463s
sys	0m0.020s

Running ENHSP for planner: opt-hlmrd	
real	0m0.258s
user	0m0.407s
sys	0m0.092s

Running ENHSP for planner: opt-hrmx	
real	0m0.260s
user	0m0.408s
sys	0m0.071s

Running ENHSP for planner: opt-blind	
real	0m0.265s
user	0m0.414s
sys	0m0.074s

Processing folder: /home/guipocix/unb/pddl/icaps2021/dummy/3TrainStop/	
with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 1.0 -dv 1	
real	0m1.421s
user	0m3.492s
sys	0m0.122s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 1.0 -dv 2	
real	0m1.461s
user	0m3.611s
sys	0m0.119s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 1.0 -dv 3	
real	0m1.437s
user	0m3.487s
sys	0m0.050s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 2.0 -dv 1	
real	0m2.009s
user	0m4.504s
sys	0m0.120s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 2.0 -dv 2	
real	0m1.992s
user	0m4.269s
sys	0m0.089s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 2.0 -dv 3	
real	0m1.974s
user	0m4.209s
sys	0m0.060s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 3.0 -dv 1	
real	0m0.973s
user	0m3.190s
sys	0m0.051s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 3.0 -dv 2	
real	0m0.961s
user	0m3.178s
sys	0m0.153s

with deltas -de 1.0 -dh 1.0 -dp 3.0 -dv 3	
real	0m0.951s
user	0m3.049s
sys	0m0.109s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 1.0 -dv 1	
real	0m0.994s
user	0m3.063s
sys	0m0.159s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 1.0 -dv 2	
real	0m0.998s
user	0m3.160s
sys	0m0.080s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 1.0 -dv 3	
real	0m0.981s
user	0m3.098s
sys	0m0.100s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 2.0 -dv 1	
real	0m2.041s
user	0m4.338s
sys	0m0.030s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 2.0 -dv 2	
real	0m1.976s
user	0m4.263s
sys	0m0.112s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 2.0 -dv 3	
real	0m1.998s
user	0m4.260s
sys	0m0.100s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 3.0 -dv 1	
real	0m1.038s
user	0m3.270s
sys	0m0.141s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 3.0 -dv 2	
real	0m1.033s
user	0m3.401s
sys	0m0.039s

with deltas -de 1.0 -dh 2.0 -dp 3.0 -dv 3	
real	0m1.007s
user	0m3.299s
sys	0m0.065s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 1.0 -dv 1	
real	0m0.719s
user	0m2.486s
sys	0m0.178s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 1.0 -dv 2	
real	0m0.720s
user	0m2.604s
sys	0m0.030s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 1.0 -dv 1	
real	0m0.719s
user	0m2.486s
sys	0m0.178s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 1.0 -dv 2	
real	0m0.724s
user	0m2.644s
sys	0m0.030s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 1.0 -dv 3	
real	0m0.741s
user	0m2.631s
sys	0m0.092s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 2.0 -dv 1	
real	0m1.605s
user	0m3.692s
sys	0m0.087s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 2.0 -dv 2	
real	0m1.630s
user	0m3.933s
sys	0m0.098s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 2.0 -dv 3	
real	0m1.637s
user	0m3.775s
sys	0m0.121s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 3.0 -dv 1	
real	0m0.979s
user	0m3.103s
sys	0m0.070s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 3.0 -dv 2	
real	0m0.976s
user	0m3.009s
sys	0m0.082s

with deltas -de 1.0 -dh 3.0 -dp 3.0 -dv 3	
real	0m1.004s
user	0m3.163s
sys	0m0.059s

with deltas -de 2.0 -dh 1.0 -dp 1.0 -dv 1	
real	0m0.578s
user	0m2.099s
sys	0m0.059s

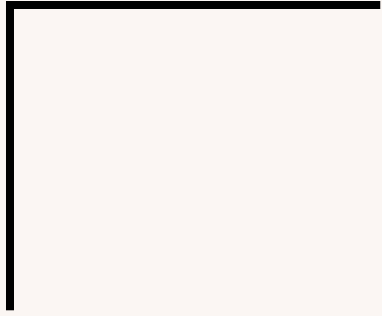
with deltas -de 2.0 -dh 1.0 -dp 1.0 -dv 2	
real	0m0.561s
user	0m2.108s
sys	0m0.050s

with deltas -de 2.0 -dh 1.0 -dp 1.0 -dv 3	
real	0m0.577s
user	0m2.081s
sys	0m0.090s

with deltas -de 2.0 -dh 1.0 -dp 2.0 -dv 1	
real	0m1.903s
user	0m4.149s
sys	0m0.090s

with deltas -de 2.0 -dh 1.0 -dp 2.0 -dv 2	
real	0m1.916s
user	0m4.152s
sys	0m0.079s

with deltas -de 2.0 -dh 1.0 -dp 2.0 -dv 3	
real	0m1.922s
user	0m4.056s
sys	0m0.171s



OBRIGADO !