



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Departamento de Engenharia Informática

Fundamentos de Inteligência Artificial  
Introdução à Inteligência Artificial  
2021/2022 - 2º Semestre

**Trabalho Prático Nº2:**  
**The Slow & The Calm:**  
**Darwin's Edition**

Miguel Pedroso 2019218176	PL8
João Dionísio 2019217030	PL8
Simão Craveiro 2019210557	PL2

# Introdução

Nesta meta tínhamos como objetivo desenvolver as restantes funcionalidades básicas do Algoritmo Genético e obter uma função de fitness que permitisse que pelo menos um carro conseguisse chegar ao fim do percurso na última geração.

## Código

O primeiro passo na resolução desta primeira meta consistia na adaptação do pseudocódigo de cada função fornecida pelo professor no enunciado. Após esta primeira fase e após a confirmação da ausência de erros na execução, o passo seguinte seria descobrir uma boa função fitness, que fosse capaz de caracterizar fielmente um carro apto. Inicialmente, pensámos que a melhor função fitness seria igual à “MaxDistance”, uma vez que, assim, o melhor carro seria determinado escolhendo o que chegou mais longe e este é o principal objetivo. Esta solução determinaria, essencialmente, que o carro tivesse comprimento suficiente para passar pelos maiores buracos sem ficar preso.

$$\textit{fitness} = \textit{MaxDistance}$$

Contudo, depois de alguma experimentação descobrimos que a “MaxDistance” não bastava, e era necessária também a velocidade média do carro para garantir que até ao momento de falha, ele tinha percorrido o percurso com facilidade. Chegámos à velocidade média, porque é inversamente proporcional ao tempo. Após algum debate, a nossa equipa chegou à seguinte equação:

$$\textit{fitness} = \textit{MaxDistance} + (\textit{MaxDistance}/\textit{MaxDistanceTime});$$

A função fitness é constituída por uma soma de duas partes. A primeira parte corresponde à distância percorrida pelo carro e este é um fator de aptidão muito importante, uma vez que seria o primeiro a ser tido em conta durante o processo de seleção. De seguida seria importante diferenciar entre dois carros que percorrem a mesma distância. É neste sentido que se acrescenta a velocidade média, porque quanto menor esta maior a dificuldade do carro ao ultrapassar os obstáculos.

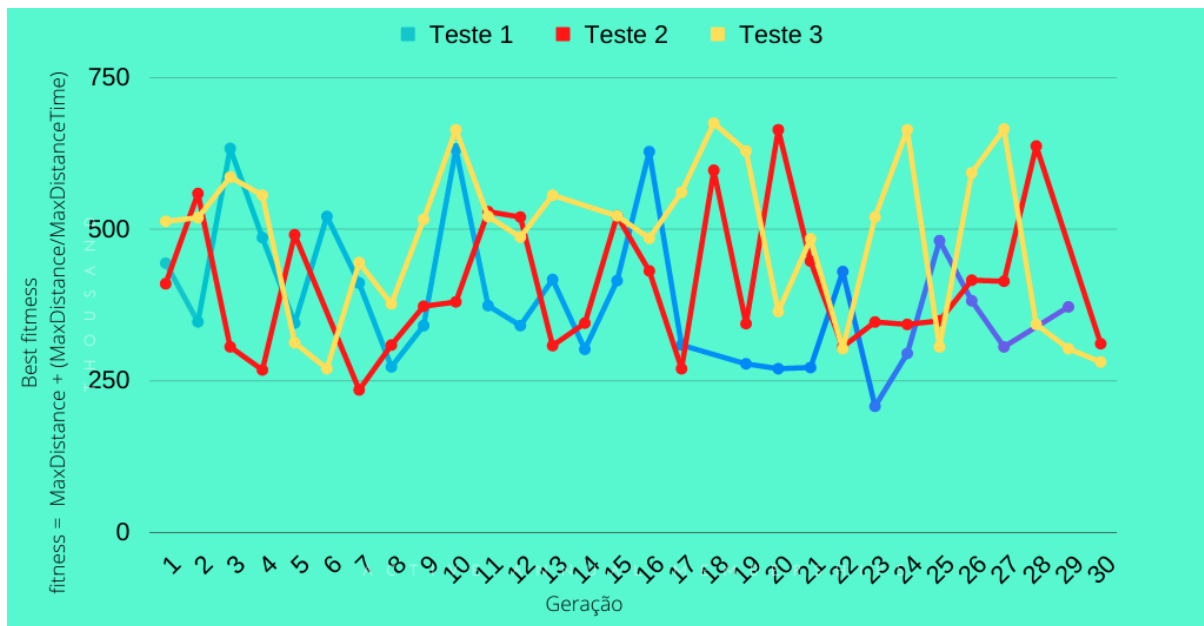
## Experiências: Gap Road

Foram realizadas 5 experiências distintas, cada uma repetida 3 vezes, usando diferentes valores para a Mutação, para o Elitismo e para o Torneio.

	Mutação	Elitismo	Torneio	Crossover	Número Gerações
Experiência 1	0.05	0	5	0.9	30
Experiência 2	0.2				
Experiência 3	0.05	2	5	0.9	30
Experiência 4	0.2				
Experiência 5	0.05		2		

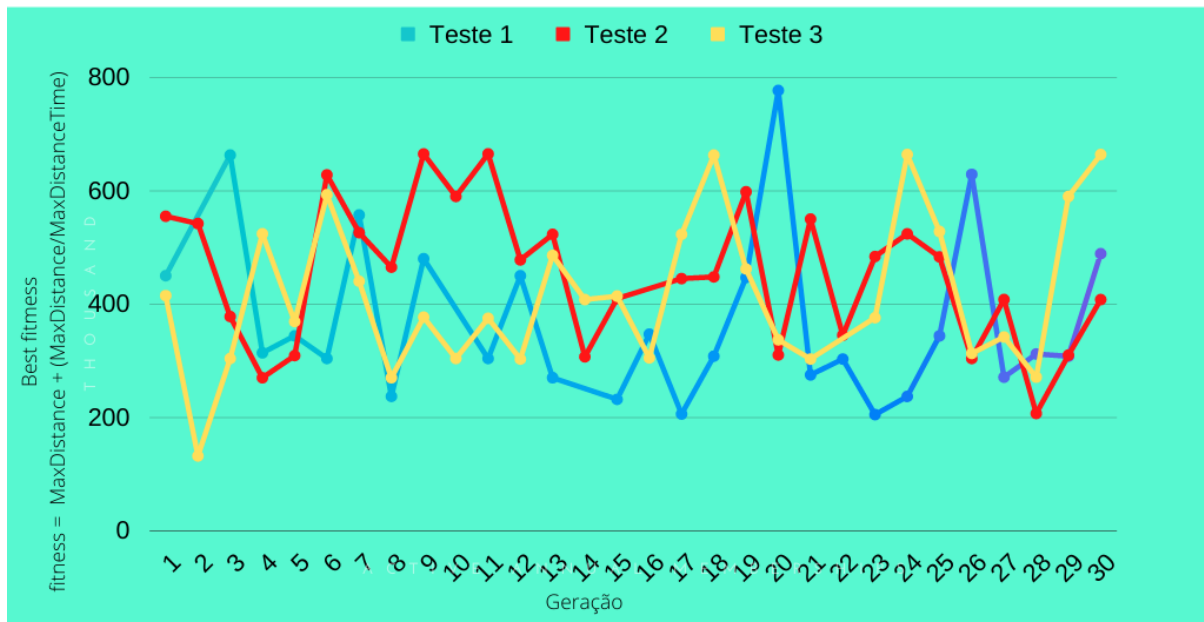
Em cada experiência, foi gerado um ficheiro com os resultados da mesma, possuindo diversos dados para cada uma das trinta gerações, tais como: “BestFitness”, “AverageFitnessPopulation”, “BestMaxDistance”, “BestMaxDistanceTime”, “BestNumberOfWheels”, “BestCarMass”, “BestIsRoadComplete”. Foi considerado que o melhor indicador da performance de uma experiência é o “BestFitness”, que foi utilizado na elaboração dos gráficos que se seguem.

## Experiência 1:



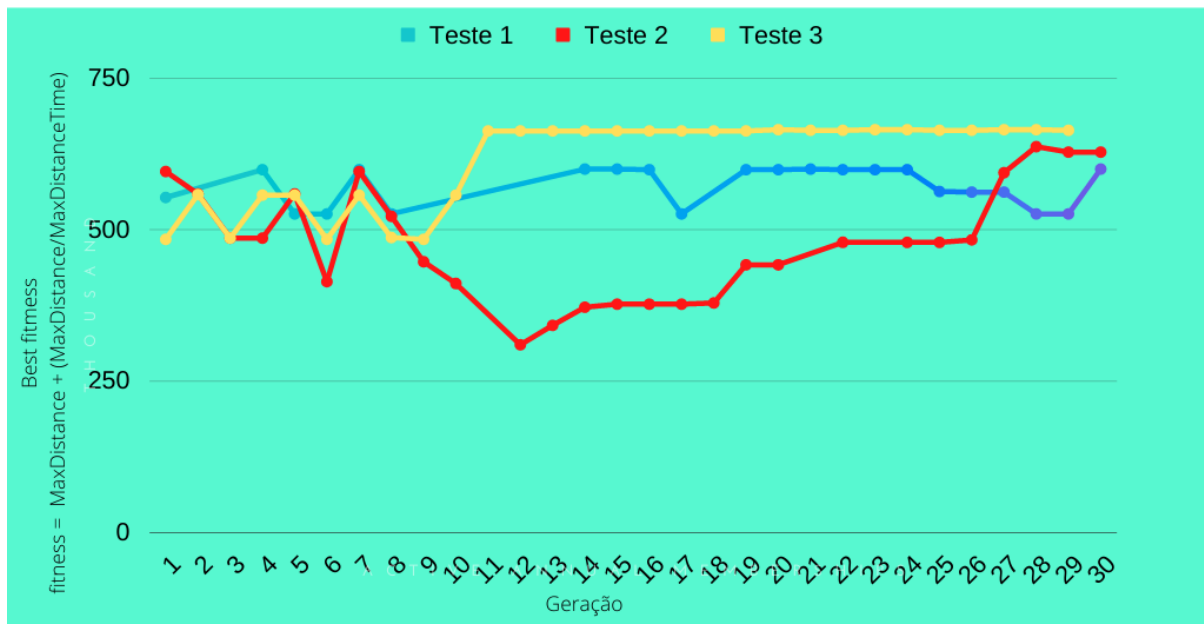
Na primeira experiência, não foi utilizado o mecanismo do elitismo e a probabilidade de mutação foi muito baixa (0.05). Já no mecanismo de Torneio, foram utilizados 5 carros em cada geração. Como podemos observar pelo gráfico, em nenhuma das tentativas foi possível ter um carro na última geração a chegar ao fim. A distância máxima percorrida pelo melhor carro oscila consideravelmente de geração em geração, chegando a haver um ou outro carro que consegue chegar ao final. Esta oscilação de resultado deve-se à não utilização do Elitismo, que permitiria aos melhores carros passarem automaticamente para a geração seguinte. Trata-se de uma experiência destrutiva, já que qualquer melhoria de performance de um carro numa geração é logo anulada na geração seguinte.

## Experiência 2:



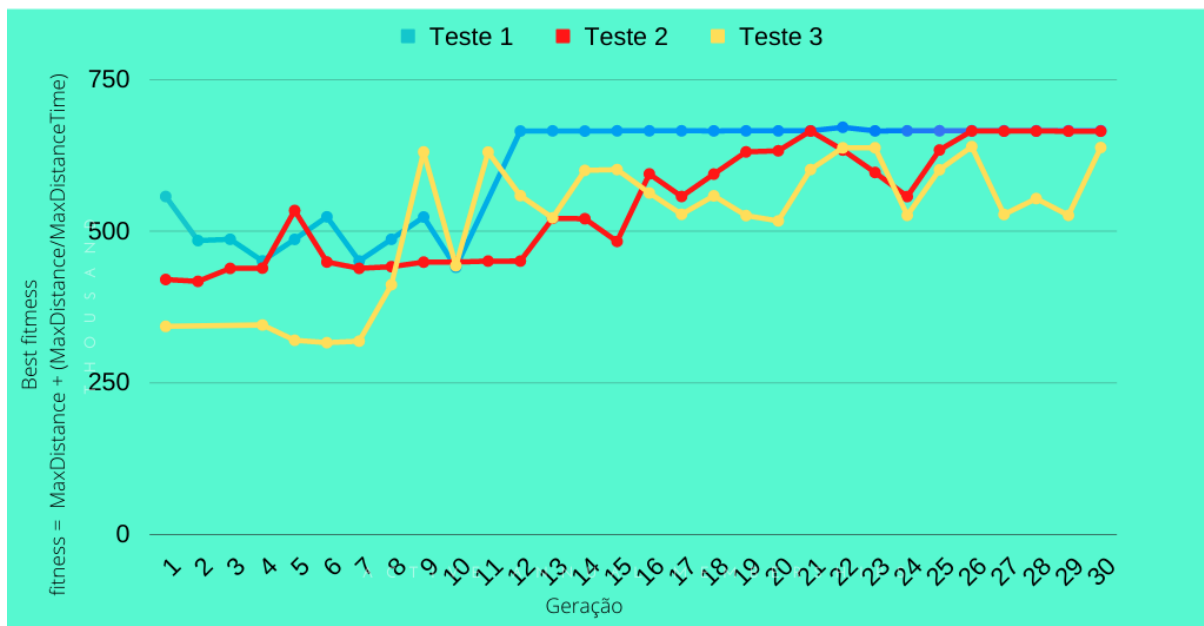
Na segunda experiência, os valores utilizados foram os mesmos que na primeira experiência, à exceção da Mutação, que passou de 0.05 para 0.2. Tal como na primeira experiência, os resultados oscilaram bastante de geração para geração, sendo que numa das tentativas, na última geração há um carro capaz de efetuar o percurso todo. No entanto, se analisarmos o gráfico, podemos perceber que logo na geração seguinte, existe uma grande probabilidade de o melhor carro não terminar o percurso. Apesar de haver alguns carros a chegar ao fim do percurso, os valores utilizados não são os mais adequados, uma vez que não há um crescimento consistente do valor “BestFitness”. Tal como a experiência 1, trata-se de uma experiência destrutiva, já que qualquer melhoria de performance de um carro numa geração é logo anulada na geração seguinte.

### Experiência 3:



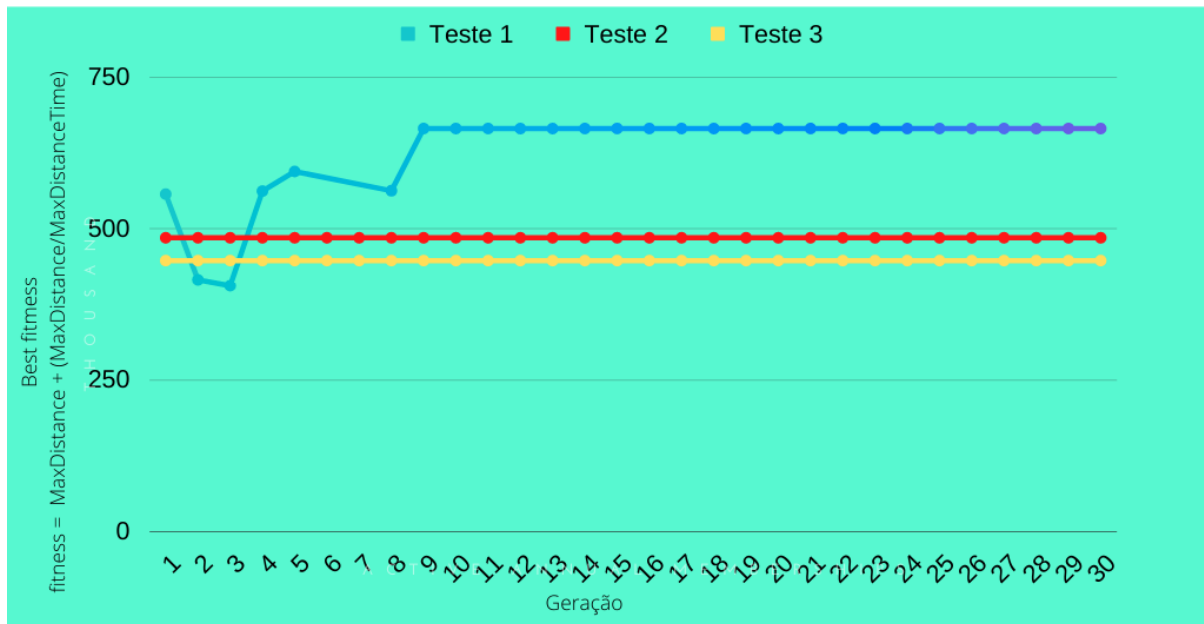
Na terceira experiência, o valor de Mutação foi de 0.05 e o de Torneio 5. Foi introduzido o mecanismo de elitismo, que garante que os 2 melhores carros passam para a geração seguinte. Como podemos observar pela análise do gráfico, numa das tentativas, a partir da 11ª geração, houve sempre pelo menos um carro a chegar ao final do percurso. Nas outras duas tentativas, apesar de nenhum carro chegar ao fim, é notório a tendência crescente do valor “BestFitness”, sendo que na última geração este já se encontra muito próximo de 656 (valor que se obtém ao terminar o percurso). Tal se deve à introdução do mecanismo de elitismo, que garante uma maior estabilidade ao longo das gerações, garantindo que os melhores carros nunca sejam eliminados.

## Experiência 4:



Na quarta experiência, os valores mantiveram-se iguais à terceira experiência, à exceção do valor de Mutação, que passou de 0.05 para 0.2. Como podemos observar, em duas das três tentativas houve um carro na última geração a chegar ao fim. Estes resultados permitem ver o benefício de um maior valor de mutação, quando comparados com os resultados da experiência anterior. Este incremento na probabilidade de Mutação faz com que os carros evoluam mais rapidamente, sendo o mecanismo de elitismo responsável por manter a estabilidade ao longo das gerações. Esta experiência foi a que apresentou os melhores resultados nos testes realizados.

## Experiência 5:



Na quinta experiência, o valor de Torneio passou de 5 para 2 e o valor de Mutação passou de 0.2 para 0.05, enquanto que o valor de Elitismo se manteve em relação à experiência anterior. Como podemos observar, em duas das três tentativas, o valor “BestFitness” não sofreu qualquer alteração ao longo das 30 gerações. Já no Teste 1, a partir da nona geração, houve sempre um carro a chegar ao fim. Estes resultados permitem ver as desvantagens de um valor de mutação demasiado baixo, quando comparados com os resultados da experiência anterior. Ao utilizarmos um valor de Mutação muito próximo de 0, diminuímos drasticamente a probabilidade de haver melhorias no valor de "BestFitness" de geração para geração, o que associado ao baixo valor de Torneio, faz com que não haja qualquer evolução em dois dos três testes.

\



# Conclusões: Gap Road

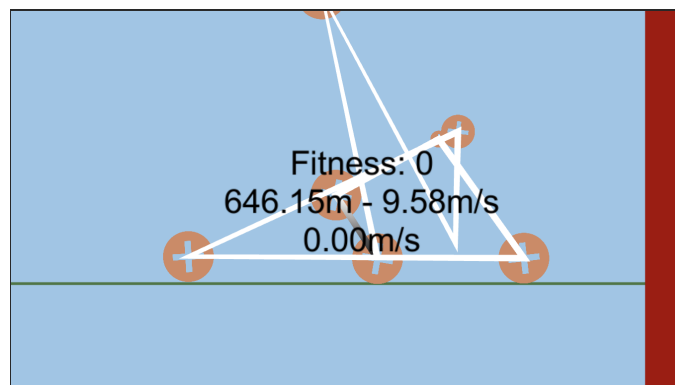
Após a realização das cinco experiências, podemos concluir que :

- É necessário que o mecanismo de elitismo esteja a funcionar (valor de Elitismo diferente de 0) para que a experiência não seja destrutiva, mas também não deve ser um valor demasiado elevado, porque se for não há grande evolução.
- Um valor demasiado baixo de Mutação (próximo de 0) associado a um valor baixo de Torneio faz com praticamente não haja evolução ao longo das 30 gerações.
- Os melhores resultados obtém-se com uma combinação do uso do mecanismo de Elitismo (valor de Elitismo diferente de 0), essencial para garantir que os melhores carros passam para a geração seguinte, de um valor elevado o suficiente de Mutação, necessário para que haja evolução de geração para geração, e de um valor elevado o suficiente de Torneio, também indispensável à evolução de geração em geração, tal como se pode observar a partir da comparação dos resultados da experiência 3 e da experiência 5 (na primeira, com um valor de Torneio de 5, houve evolução ao longo das 30 gerações, enquanto que na segunda, com um valor de Torneio de 2, não houve qualquer evolução em dois dos três testes; ambas as experiências apenas diferem valor de Torneio, sendo a Mutação e o Elitismo iguais).

Pela observação dos gráficos, podemos concluir que a experiência com os melhores resultados foi a 4, uma vez que foi a única em que dois dos três testes tiveram o melhor carro a chegar ao final do percurso na geração 30, sendo que no outro teste, o melhor carro ficou muito próximo de terminar o percurso. Posto isto, nos testes realizados no cenário “HillRoad”, foram utilizados os valores de Mutação, Elitismo e Torneio da experiência 4.

De todas estas experiências, o melhor carro foi conseguido no Teste 1 da Experiência 4, uma vez que este conseguiu, a partir da geração 11, chegar sempre ao final do percurso.

Este carro consegue consistentemente chegar ao final do percurso no cenário “EvaluationGap”.



Generation	BestFitness	AverageFitnessPopulation	BestMaxDistance	BestMaxDistanceTime	BestNumberOfWheels	BestCarMass	BestIsRoadComplete
1	557.244995117188	NaN	548.1938	60.56635	6	164	False
2	484.578308105469	NaN	475.4889	52.3122	6	164	False
3	486.709991455078	114.684549333714	477.7182	53.12815	6	164	False
4	451.000335693359	NaN	441.8179	48.11572	7	125.5	False
5	486.593444824219	NaN	477.2322	50.97977	7	105	False
6	523.700561523438	NaN	514.5128	56	7	105	False
7	450.831726074219	NaN	441.7226	48.49225	6	164	False
8	486.710723876953	NaN	477.3271	50.86816	7	105	False
9	523.426513671875	NaN	514.2359	55.95215	7	105	False
10	440.629974365234	NaN	432.5587	53.59222	8	158	False
11	2145.38403320313	239.46961648725	2111.119	61.61206	8	281	False
12	665.168151855469	NaN	656	71.552	7	176.5	True
13	665.511657714844	NaN	656	68.9682	7	166	True
14	665.124267578125	NaN	656	71.89618	7	176.5	True
15	665.534240722656	122.676982729137	656	68.80444	7	166	True
16	665.557678222656	221.426166299544	656	68.63611	7	166	True
17	665.52099609375	NaN	656	68.90039	7	166	True
18	665.459411621094	NaN	656	69.34875	7	166	True
19	665.528137207031	172.556403185427	656	68.84863	7	166	True
20	665.490417480469	147.865813635662	656	69.12219	7	166	True
21	665.483032226563	NaN	656	69.17603	7	166	True
22	671.352294921875	NaN	627.3464	14.25598	8	281	False
23	665.434631347656	NaN	656	69.53125	7	166	True
24	665.549438476563	NaN	656	68.69507	7	166	True
25	665.623840332031	208.900743274018	656	68.16418	7	166	True
26	665.67724609375	NaN	656	67.78772	7	166	True
27	665.61083984375	NaN	656	68.25623	7	166	True
28	665.653381347656	130.084430593438	656	67.95544	7	166	True
29	665.693237304688	141.003405568964	656	67.6759	7	166	True
30	665.634643554688	NaN	656	68.08777	7	166	True

Finalmente, analisando o ficheiro de log gerado a partir dos dados do Teste 1 da experiência 4, podemos concluir que:

- O melhor número de rodas é 7, num máximo de 8. Tal se pode justificar por um maior número de rodas permitir ao carro continuar a avançar, no caso de “capotar”, ou então, no caso de uma ou mais rodas ficarem presas numa das gaps (deixem de estar em contacto com o solo devido às “gaps”).
- O melhor peso é 166. Tanto carros muito leves como carros muito pesados demonstraram-se inferiores a carros com um peso intermédio. Pouco peso corresponde a um pequeno número de rodas e a vetores com pouco comprimento, o que não é ideal para ultrapassar as “gaps” de maiores dimensões. Já um carro com muito peso irá ter maior dificuldade em recuperar de uma queda numa gap e afundará muito depressa.
- O melhor carro demora à volta de 68 segundos para completar o percurso.

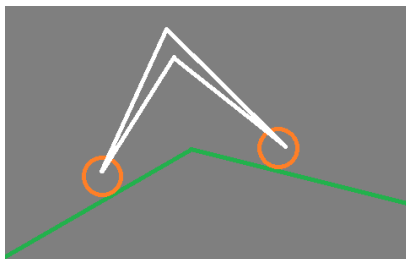
# Cenário Hill Road

Inicialmente, foi testado o melhor carro obtido nas experiências descritas acima, no cenário “EvaluationHill”.

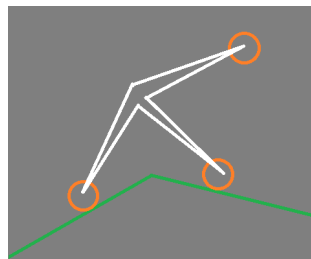


Nos três testes efetuados, o resultado foi sempre o mesmo: o carro não conseguiu passar dos 240.63m, nunca conseguindo completar o percurso.

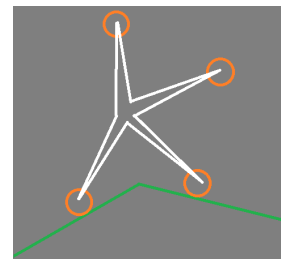
Apesar de não termos obtido nenhum carro bem sucedido, consideramos que o carro teria de seguir este formato, para ter pelo menos uma roda em cada lado da colina, como é demonstrado nas imagens abaixo, seguindo uma forma de estrela.



duas rodas



três rodas



quatro rodas