



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Relatório
Rolling in the Hill
Evolutionary Edition

FIA - TP2

Marcelo Gomes nº2021222994 PL3 uc2021222994@student.uc.pt
Rui Vidal nº2021218595 PL3 uc2021218595@student.uc.pt
Pedro Brites nº2021226319 PL3 uc2021226319@student.uc.pt

Índice

Crossover.....	2
Parent Selection.....	3
Mutação.....	3
Meta 1.....	4
Fitness.....	4
Experiências.....	4
Resultados.....	5
Análise.....	7
Meta 2.....	8
Parâmetros.....	8
Fitness.....	8
Experiências.....	9
Rapidez.....	9
Energia.....	11

Crossover

Na nossa implementação são selecionados dois pais e é escolhido um ponto de referência aleatoriamente para o crossover. Assim, todos os genes à direita do ponto de referência são trocados e são gerados dois filhos como resultado. Segue uma ilustração desta operação na **Figura 1**.



Figura 1: Crossover

Parent Selection

Para o parent selection usamos o torneio. Na nossa implementação escolhemos um determinado número de indivíduos aleatoriamente, por exemplo 5. De seguida, selecionamos o indivíduo com melhor fitness entre eles.

Mutação

Esta etapa desempenha um papel fundamental na introdução da diversidade genética na população.

Assim, na nossa implementação, tendo um cromossoma, percorremos todos os seus genes e para cada um deles existe uma probabilidade de gerarmos um novo gene para substituí-lo.

Meta 1

Fitness

Para a fitness escolhemos usar a distância percorrida visto que o nosso objetivo na meta 1 é apenas ter o maior número possível de carros a alcançar a meta.

Experiências

Executámos 5 vezes cada experiência no cenário Gap Road.

	Mutação	Torneio	Elitismo	Crossover	Gerações
Experiência 1	0.05	2	0	0.5	30
Experiência 2	0.02				
Experiência 3	0.05	5			
Experiência 4	0.02				
Experiência 5	0.05	2	2		
Experiência 6	0.02				
Experiência 7	0.05	5			
Experiência 8	0.02				

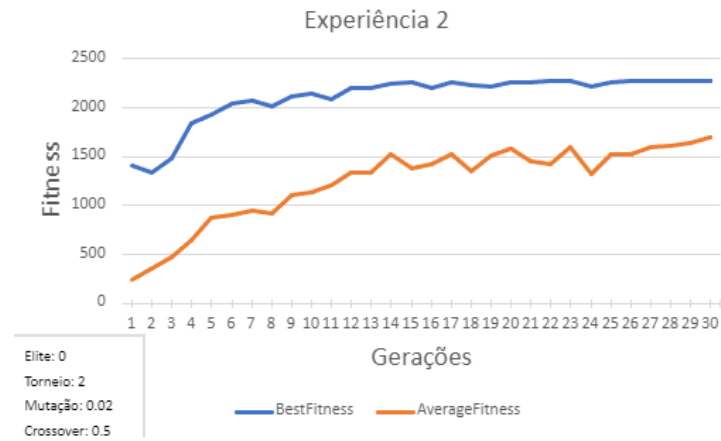
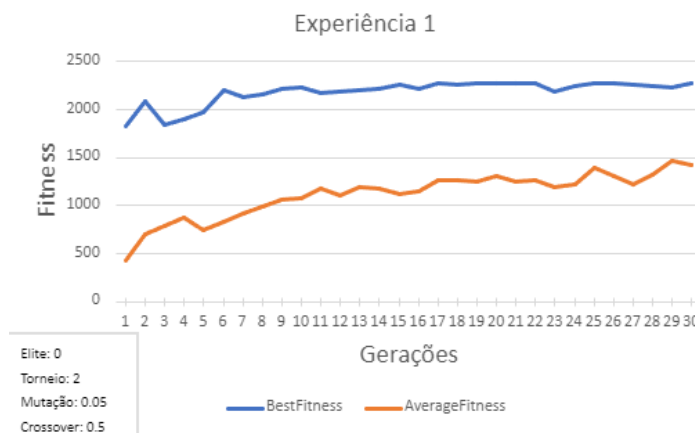
Para obter os dados necessários, desenvolvemos um script que, com os dados do evolution log, calculava a média das best fitness e average fitness das 5 repetições realizadas, isto para cada geração.

De seguida apresentamos os resultados obtidos.

Resultados

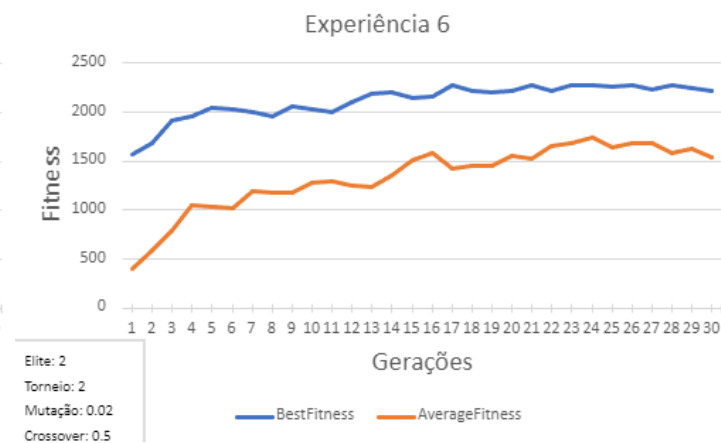
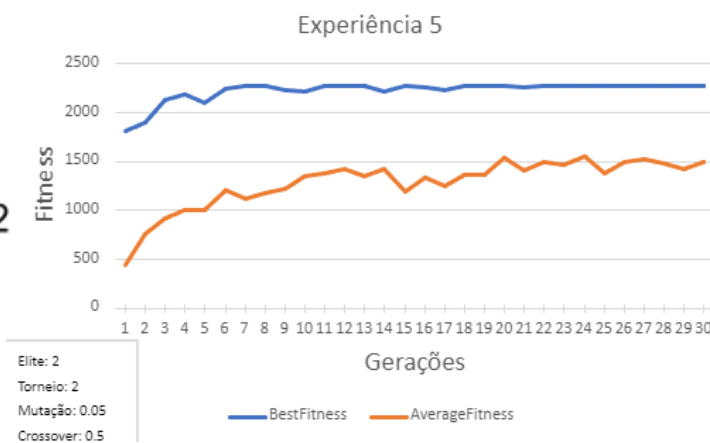
T = 2

E = 0



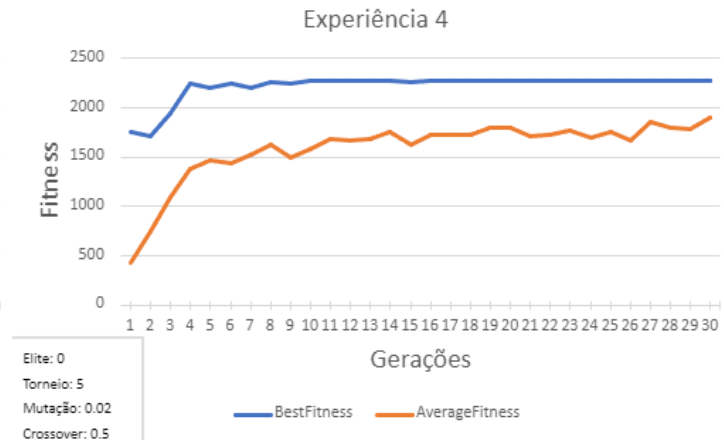
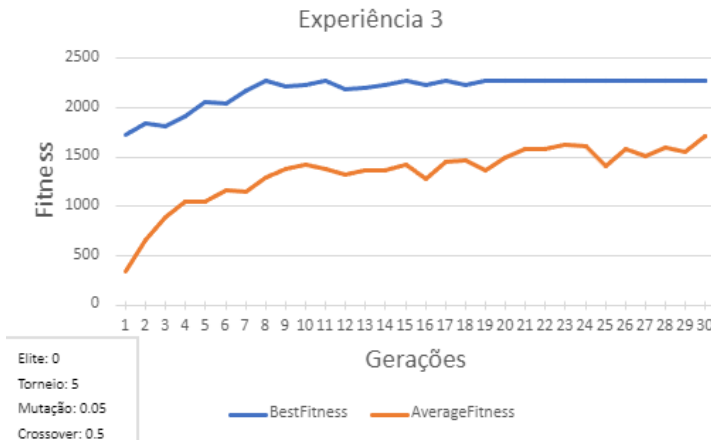
M = 0.05

E = 2



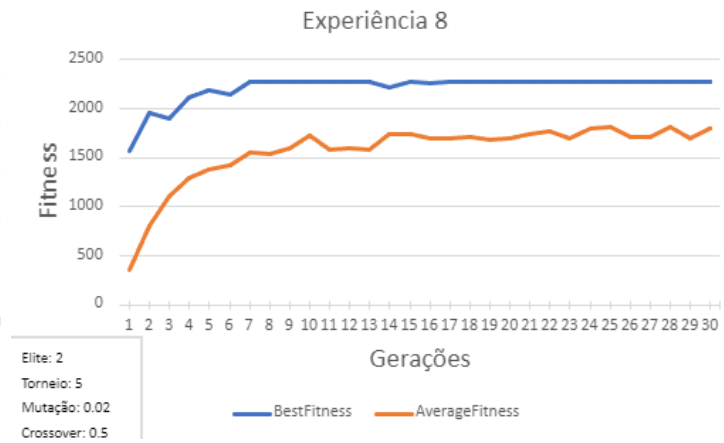
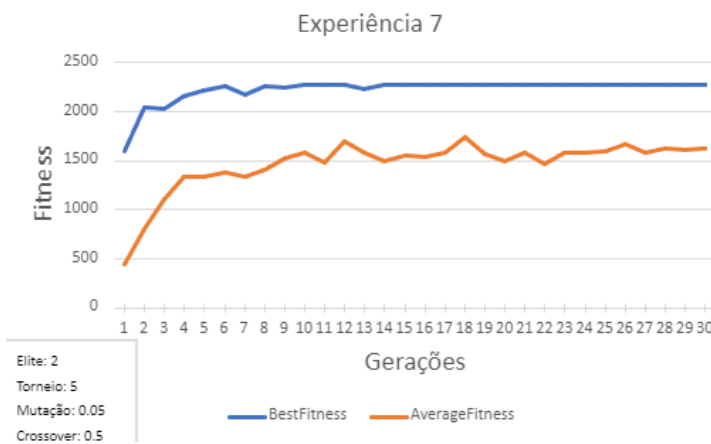
T = 5

E = 0



M = 0.05

E = 2



Análise

Ao comparar as diferenças entre o torneio a 2 e a 5, reparamos que o torneio 5 é bastante melhor, visto que a linha da average fitness nas experiências com torneio 2 muito dificilmente passa dos 1500 de fitness, enquanto que no torneio 5 a average fitness apresenta-se acima deste valor mais frequentemente. Isto acontece pois quanto maior for o número de participantes do torneio, maior será a possibilidade de obter um melhor indivíduo.

Já olhando para a mutação, podemos observar que o average fitness apresenta maiores valores (tanto em picos e média) e uma subida de fitness mais rápida na mutação de 0.02 em comparação com 0.05, provavelmente pelo facto de quando um pai com boas características é escolhido, um maior grau de mutação vai ter uma maior chance de criar um indivíduo com falhas inesperadas.

Em relação ao elitismo, conseguimos identificar, no geral, um maior aumento inicial de fitness no elitismo de 2 ao invés de 0, isto notou-se mais fortemente no best fitness do que no average fitness, o que faz sentido tendo em conta que a característica do elitismo é preservar os melhores indivíduos para não ser perdida genéticas que provaram ser eficazes.

De todas estas experiências a que apresentou melhores resultados foi a experiência 4 (Elite = 0; Torneio = 5; Mutação = 0.02), sendo que já na geração 4 obteve o maior fitness e manteve esse número até ao final e o average fitness apresentou um bom aumento de fitness inicial, acabando com a maior average de todas as experiências, ao chegar perto das 2000 fitness.

Meta 2

Parâmetros

Tendo em conta as experiências da meta 1, chegámos à conclusão que os parâmetros da experiência 4 (Elite - 0; Torneio - 5; Mutação - 0.02) seriam os mais adequados para a meta 2, visto que foram os melhores resultados obtidos.

Fitness

Para chegar à meta o mais rápido possível, chegámos, após alguns testes, a duas fórmulas de fitness: uma para GapRoad e a outra para HillRoad e RockyHillRoad.

Fitness de velocidade para **GapRoad**:

```
fitness = Distance * 0.4f + SumVelocities * 1.8f - EllapsedTime * 7f + RoadCompleted * 300f;
```

Fitness de velocidade para **HillRoad** e **RockyHillRoad**:

```
fitness = SumVelocities - EllapsedTime + RoadCompleted * 100f;
```

De forma a chegar à meta e gastar o mínimo possível de energia, temos uma fórmula de fitness (para obter resultados mais esclarecedores decidimos usar 2 de elitismo nestas experiências de energia):

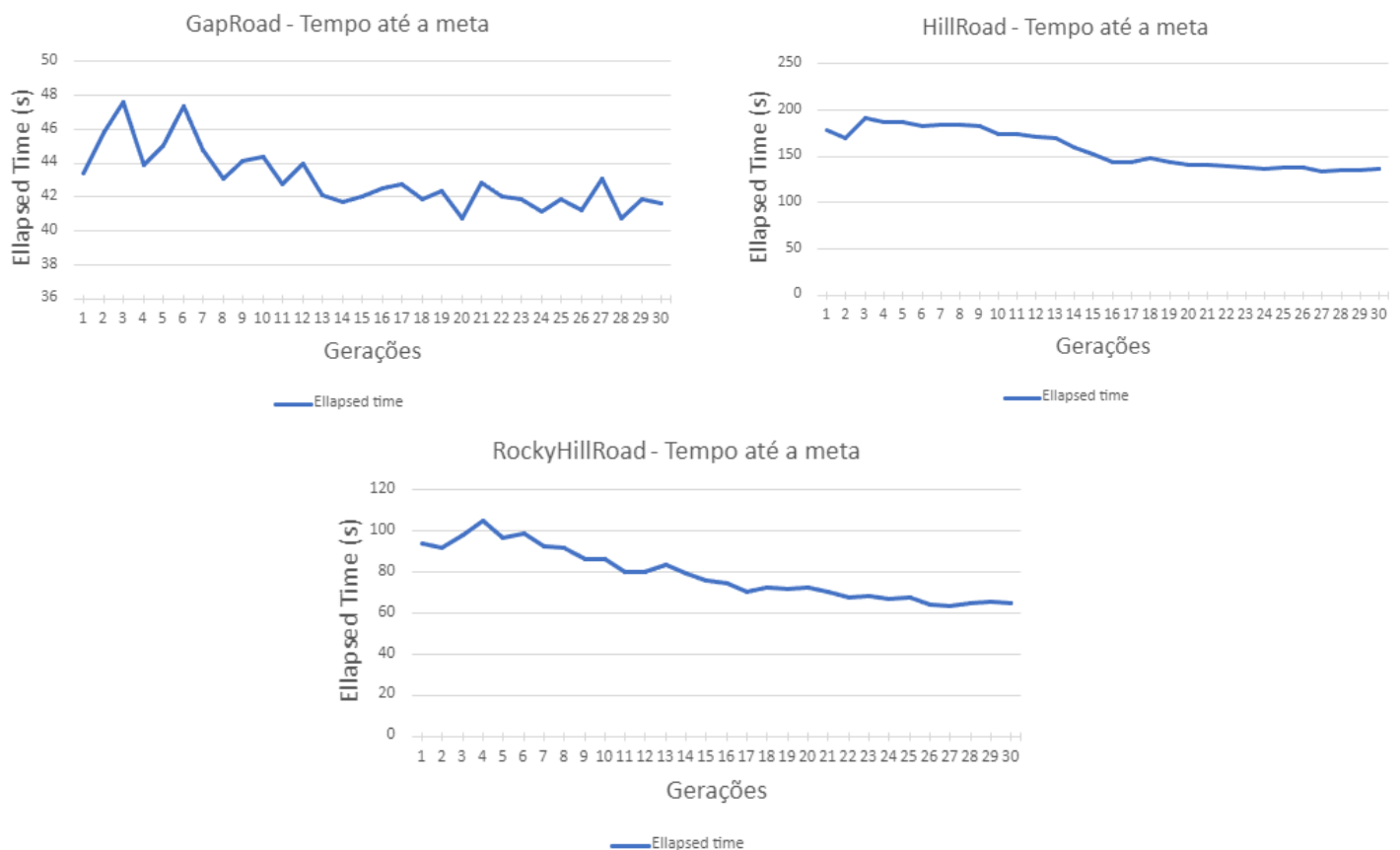
Fitness de energia:

```
if(RoadCompleted == 0)
{
    fitness = Distance * 5f;
}
else{
    fitness = (5f * Distance + RoadCompleted * 20000f)
    -(0.0012f * SumTotalForces);
}
```

Experiências

Realizámos testes para as duas situações pedidas em cada um dos mapas e repetimos cada experiência 8 vezes.

Rapidez

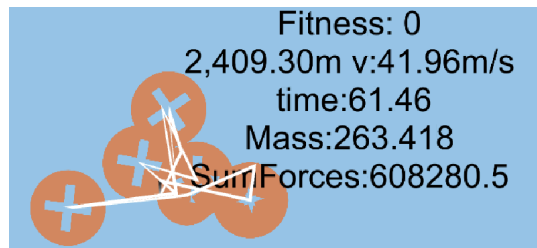


Como podemos observar em todos os mapas, conseguimos obter um tempo cada vez mais pequeno e embora não esteja apresentado, em torno da terceira geração, a maior parte dos indivíduos conseguiram chegar à meta.

Agora para explicar a diferença de resultados é relativamente fácil. No mapa do GapRoad há muitos buracos que podem levar à morte de bons indivíduos com facilidade, por isso embora os resultados sejam positivos no geral, há gerações em que os melhores morrem devido a causas inesperadas ou demoram mais por causa de algum obstáculo o que leva a resultados um pouco variados. No mapa do HillRoad não há obstáculos e é muito raro um indivíduo falhar no percurso, por isso

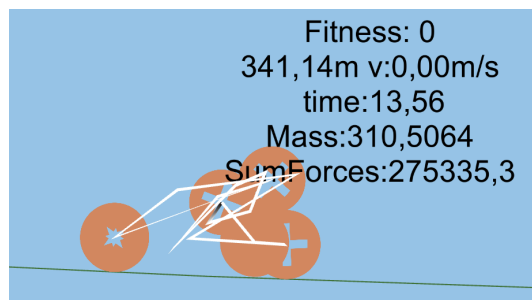
conseguimos ver uma diminuição do tempo gradual e sem muitos percalços. No mapa RockyHillRoad vemos uma variação parecida à do mapa HillRoad, mas com obstáculos pelo caminho, tendo então um pouco uma evolução não tão linear como o HillRoad mas mesmo assim não muito longe disso, sendo que os obstáculos não apresentaram um desafio tão grande como os do GapRoad.

Além disso, em todos os mapas, a maior parte dos indivíduos chegam à meta nas últimas gerações. (por volta de 28 indivíduos a chegarem à meta)



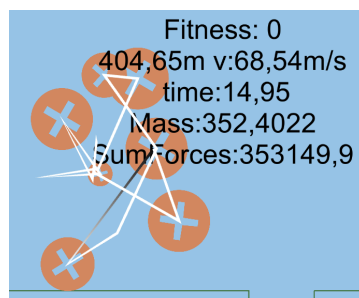
Rocky hill road - Best genotype

Neste caso os indivíduos tendem a ficar mais compactos, de forma a que as rodas fiquem bastante juntas. Estas características permitem aos indivíduos rodarem e saltarem bastante ao longo do percurso, o que consequentemente aumenta a sua rapidez.



Hill road - Best genotype

Indivíduos com características bastante semelhantes à rocky hill. Neste caso os indivíduos saltam e rodam muito raramente visto que não existem obstáculos. Formas semelhantes a motas.

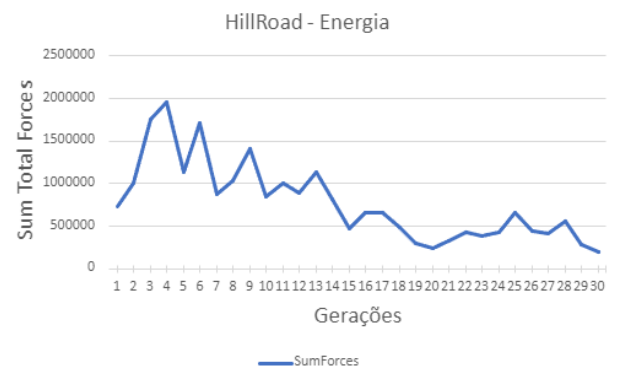
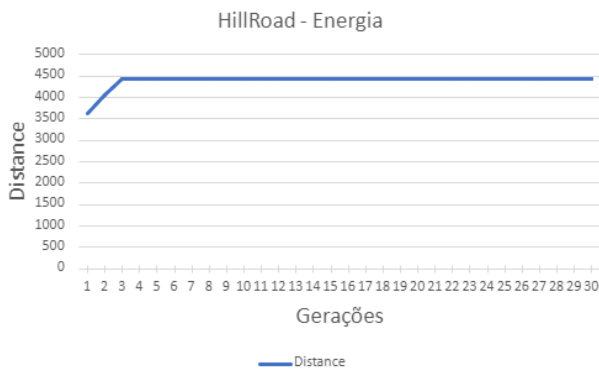
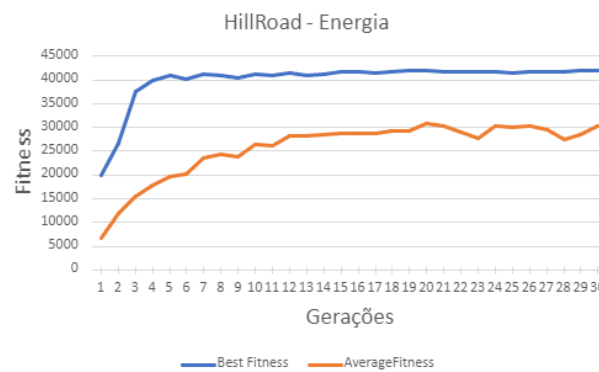
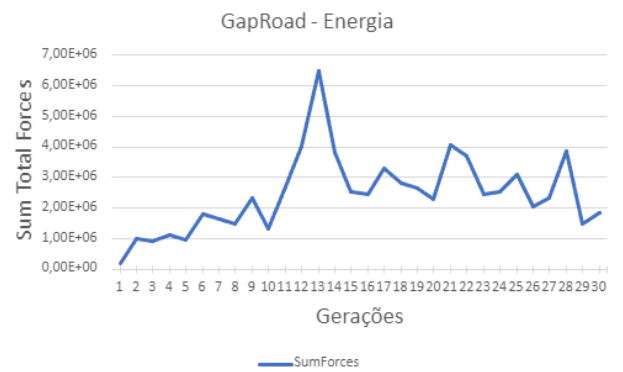
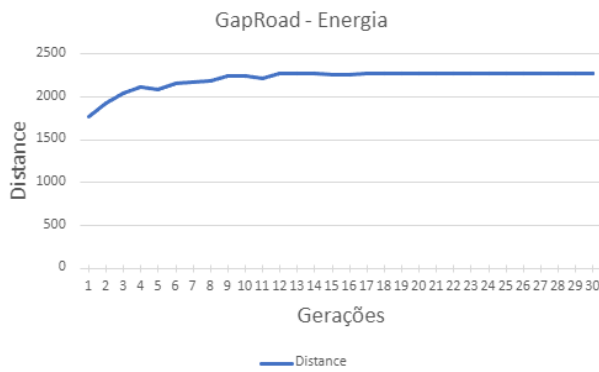
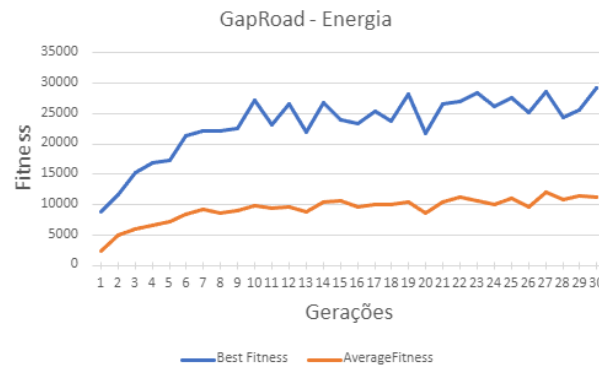


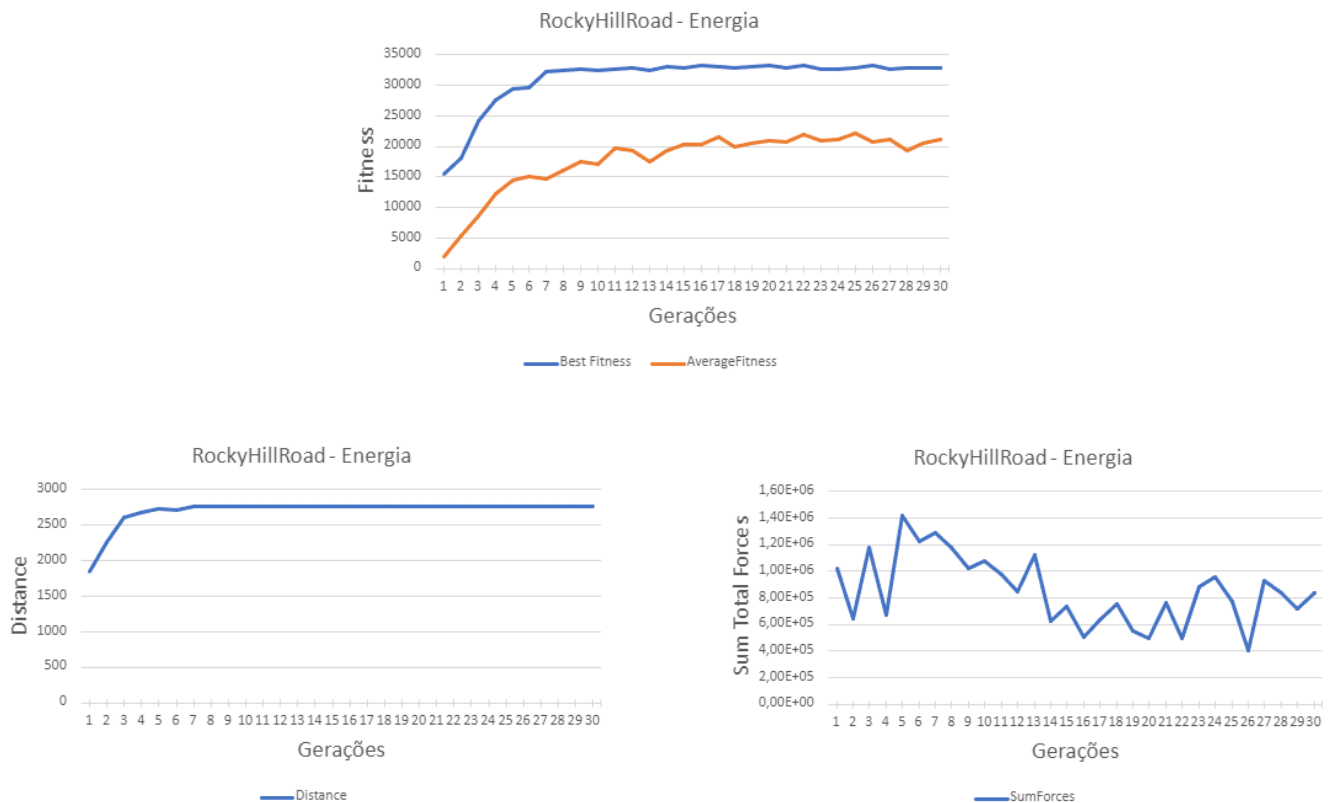
Gap road - Best genotype

Estes indivíduos apresentam as suas rodas muito mais dispersas comparando aos casos anteriores. Estas características devem-se aos buracos existentes no mapa, fazendo com que os indivíduos aumentem o seu tamanho de forma a passarem os buracos com mais facilidade.

Todos estes exemplos chegam à meta com rapidez.

Energia





Podemos observar nestes gráficos um consumo de energia variado mas que o geral vai diminuindo com o avanço das gerações.

Nos 3 mapas conseguimos identificar um começo com relativamente pouca energia mas em que nenhum carro chegue à meta.

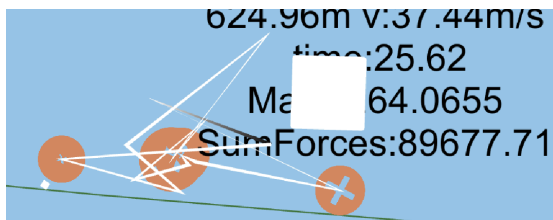
Os indivíduos começam a chegar à meta com consistência a partir das primeiras gerações onde observamos também um aumento de energia correspondente. Ao chegarem à meta vão começar a tentar diminuir a energia necessária para completar a meta e podemos ver enquanto os gráficos da distância mantêm-se no pico, a energia vai gradualmente descendo, no entanto vai haver sempre saltos de energia de vez em quando, visto que esta é muito volátil e um pequeno sobressalto é capaz de aumentar gravemente a energia consumida.

No mapa GapRoad conseguimos ver os maiores valores de energia de todos os mapas, no entanto depois de chegarem à meta com consistência conseguimos ver um esforço para diminuir os gastos de energia gastos e acaba com relativamente pouca energia do que tinha quando chegou à meta das primeiras vezes.

O mapa do HillRoad por outro lado demonstra, devido à falta de obstáculos, os valores mais pequenos de energia de qualquer mapa mostrando uma rápida chegada à meta e uma descida consistente da energia necessária para tal, acabando com uma ótima energia.

O mapa do RockyHillRoad mostra um resultado variado. Os indivíduos chegam rapidamente à meta e a energia no geral diminui mas varia muito entre alta e baixa entre gerações, muito provável devido ao choque dos indivíduos com os obstáculos, o que provoca uma subida rápida de energia, e como há vários obstáculos até à meta há sempre muitas variáveis que podem aumentar o esforço da energia.

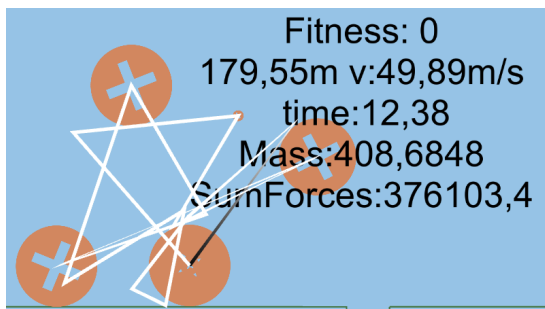
No geral conseguimos obter sucesso na nossa diminuição de energia, no entanto devido às características do GapRoad e RockyHillRoad e o facto da energia sempre muito fácil de ser aumentada há algumas variações pelas gerações.



Hill road - Best genotype

Os veículos apresentam um menor numero de rodas em contacto com o chão, a maioria 2 rodas.

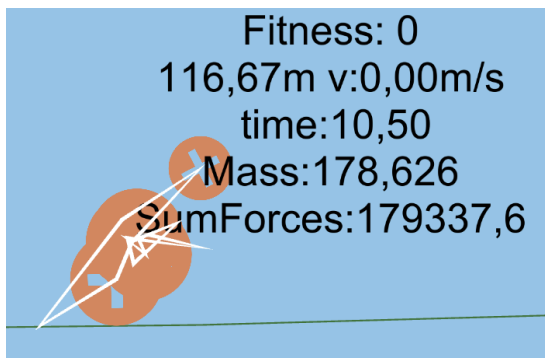
Os veículos rodam muito raramente ao longo do seu percurso.



Gap road - Best genotype

Estes veículos apresentam as suas rodas muito mais espalhadas, em posições mais triangulares ou quadriculares.

Estas características conseguem fazer com que o indivíduo não tenha muito contacto com o chão mas também que consiga rodar por cima de buracos mais facilmente.



Rocky Hill road - Best genotype

Estes indivíduos apresentam as suas rodas muito mais juntas para evitar maior áreas de contacto ou, noutros casos, poucas rodas mas mais afastadas para aumentar chance de rodar no ar.

Embora estejam mais juntas, as extremidades são muito eficientes a passar obstáculos, tanto a rodopiar por cima deles como empurrá-los para fora do caminho.

BestGenotype.txt de cada exemplo apresentado:

Rapidez RockyHillRoad:

12.4966949874054;0.910244619432019;287.705178525162;9.07830841796394;8.9335313
69983;6.40409378726226;6.35078035777005;42.1393172858;26.3430026142593;152.679
115940202;11.8029387573725;7.16192285025582;51.946883173169;284.405058456773;3
24.779387025526;17.9096077312294;1.86396452079712;343.178221053993;10.26441055
26919;225.280428745449;0.234742739347156;89.9360420973674;3.49435816076321;9.7
4810269649518;28.4703418591387;70.0185973150742;40.2635306526271;9.5770314473
5518;15.8029532352476;27.8221869970775;0.984354433130638;1.20693910457517;52.8
24238734238;278.04898818864;7.30090167713394;9.55847872400586;0.3186572987207
48;8.66432770931363;19.2085811804089;5.85117580641581;65.6756635534929;301.6350
57545097;0.344851577349404;21.8344874595453;7.10810203343076;248.415120881244;
0.888555639837196;0.983636068172583;51.1710522780991;90.927285463981;0.5980562
3935445;20.8246708013232;45.7595671772768;147.897068684873;0.704969689112608;8
.77956683550941

Rapidez HillRoad:

9,520874663033;226,184198570524;13,4106456448374;203,147294075763;25,251578722
2663;6,5404166497944;12,4108835656247;11,3002131373157;23,2521559625176;149,78
7379125965;282,824096401606;3,26107550098611;29,4539932890115;29,3172715927089
;233,140959773744;7,04256848760069;7,56346273588178;199,110489878389;8,1527382
322367;9,63161620154586;54,5200973104313;0,542019972364428;272,65182038427;2,5
9637626474554;6,92320859708041;0,47518392814099;8,67355277886314;60,419384775
4129;32,3869842288024;73,4942786924049;3,46242813554705;0,357157307377624;171,
745106043175;57,5322287643944;0,544848117299773;8,51031719637584;30,951412728
965;353,228810780323;7,35266366012053;8,77793493996278;49,0942622051082;4,3606
691315587;6,13622565666969;0,0815701471090178;40,4085875709581;6,712141493666
98;0,124515572620796;0,901138049504318;55,9409659462706;156,079758496992;0,016
6412820185727;0,879866047706393;41,3687329778302;181,531400113148;9,631616201
54586;0,650201891851705

Rapidez GapRoad:

49,0733178407295;315,491247063266;1,61058773454772;7,82491090466497;72,5408471
187301;47,4439401959274;4,02124096361047;6,5742244602061;51,2512673150055;2,83
20753866956;3,82490409064335;89,3494739985789;51,104271904614;284,08678468507
1;9,37726808869153;9,1492533586683;70,8576842201211;0,220763413804007;8,101208
83681868;3,62665883899976;76,0525322160928;0,554808380340602;5,24081877490544;
285,40576348333;5,6001397900284;1,52457947448109;30,9277735268361;68,544980937
4032;38,9998453138395;262,246308858621;210,601459206362;9,30268364460332;7,537
46795213663;20,9492361861976;8,51508064033235;0,997302714268352;43,2472271147
404;100,089570647147;4,86433830338732;0,635774527041136;7,66537362042133;229,2
63503099449;0,493255771926258;0,796052986660997;23,6119163365159;0,2654674981
09428;0,946504826632563;0,347909826481673;3,42669672119743;209,74176092527;2,6
3105474069298;0,125099490920594;75,7842999150903;27,3137405828171;0,495757380
26563;0,367837299764081

Energia GapRoad:

28,6867203170837;218,762902402674;0,434066298619875;2,09000741228927;274,00155
657623;78,2693449958551;0,159505654200681;6,89892882336812;0,250995401409918;1
93,715138097161;0,250454788212876;1,4874945215357;52,6682907434498;93,77164809
67457;0,0262090405571317;150,374410576361;52,8290460723588;5,40435689753124;9,
9443317055443;73,1140510924692;3,58637860537804;101,812854065473;12,997840359
3403;1,20840574205313;314,252853893793;332,949656701158;7,74678057327251;75,12
04173090497;150,374410576361;278,060981183341;0,730835481887141;41,7075472365
634;9,97651303837845;3,5658640337949;10,8411159631056;8,52673290228785;253,9206
08355627;0,0732926363466739;214,430211826428;0,346042944279519;101,9913488728
89;9,44815351136408;52,990668813228;0,596846765185169;11,478165154568;81,468416
5275974;0,983744132790595;0,433974326790299;62,7213308726071;59,0295667695019;
0,785168427408286;78,8752405559063;80,8853034898105;13,6329118589093;0,5344771
76393604;7,12263184325892

Energia RockyHillRoad:

3,24039873352293;208,397731132991;6,49842633702719;58,5839737698361;8,24253870
371847;14,3937161073059;1,89299791766936;2,92601185521391;36,4446794630236;65,
1399617014173;10,8024184949707;6,20681595346276;3,68264906279866;144,00087929
5171;6,97836000797262;0,182851707647951;11,1352077024687;110,619509178502;7,877
73832673102;9,76013680908835;23,1441796525122;83,4845160336627;0,339670651750
486;176,414423406317;0,00703229569226145;275,513370780048;12,0434203976967;5,1
4096780453854;20,8057361411889;236,691178901443;6,14024161740217;4,29737484282
692;63,212717785599;29,7467559528289;12,6602404195165;0,683362032605038;12,225
0294961152;232,584700301562;13,9017055481215;9,78154190340151;48,7520689590611
;328,096442561642;0,813811718399549;315,469021608806;0,959150563906483;237,495
118583317;48,5702551601316;13,7185218100057;4,75319077854659;225,585956156992;
173,333097162346;0,516870428583059;8,47124150417337;279,535962454759;0,7674693
15215698;0,683361152970866

Energia HillRoad:

42.4385340183221;1.66497221759752;79.7307154381325;0.112758297525699;41.731163
8261802;357.211475594533;2.49896707455579;3.97013776189188;80.8655568435162;14
6.610425257408;9.98772490396524;6.85503836109072;0.884920642191973;0.856023337
624978;1.5916800413242;5.90948873474705;0.596630256435196;4.75898390857455;5.8
0405044360275;1.4325889160077;8.73472041251823;343.674570035038;2.52131486615
227;5.31377818682873;3.65821132932706;331.587721822591;13.6094648128419;5.0513
7631904864;34.3145428604048;80.1970684003071;10.1872358760737;0.0177531028249
083;23.6523096964938;345.250460368232;161.064661555488;3.23042039909885;13.265
7795563647;225.139084209287;206.565732921737;1.88099575782241;310.37080762459
5;95.0975423004001;0.739921957133302;0.287722087133546;31.3202579311655;99.565
5736232016;0.411698895698273;2.82613582016255;17.5073449614026;3.947819813130
34;0.111659599985769;0.886086008458438;72.7011409586766;111.902145720973;0.5924
076966906;0.817956036803292