

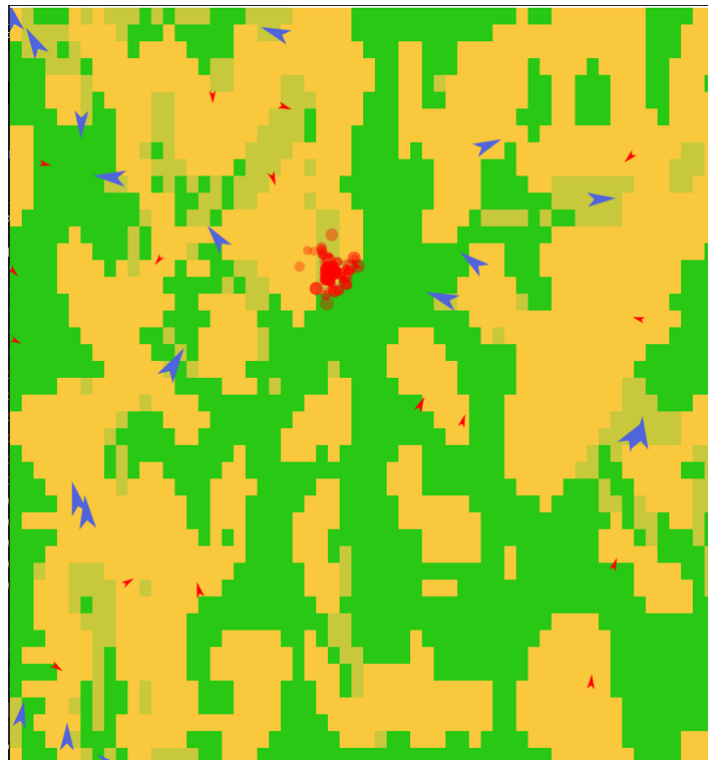


Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Licenciatura em Engenharia Informática e Multimédia

Modelação e Simulação de Sistemas Naturais -
2023/2024 SI

Projeto Final



Docente Paulo Vieira

Realizado por :
Pedro Silva 48965

29 de janeiro de 2024

Conteúdo

1	Introdução	I
2	Uml do Projeto	II
3	Desenvolvimento	II
3.1	Configurações	II
3.2	Simulações	II
3.2.1	Velocidade	II
3.2.2	Massa	IV
3.2.3	Sentido	V
3.2.4	Predadores	VII
3.2.5	Vegetarianos	VIII
4	Conclusões	IX

Lista de Figuras

1	Simulação 1 - Teste A - Terreno e Gráfico da Velocidade	III
2	Simulação 1 - Teste B - Terreno e Gráfico da Velocidade	III
3	Simulação 2 - Teste A - Terreno e Gráfico da Massa	IV
4	Simulação 2 - Teste B - Terreno e Gráfico da Massa	IV
5	Simulação 3 - Terreno e Gráfico do Sentido	V
6	Simulação 3 - Gráfico da Velocidade e Gráfico do Tamanho	VI
7	Simulação 4 - Testes A e B	VII
8	Simulação 5 após 120s	VIII

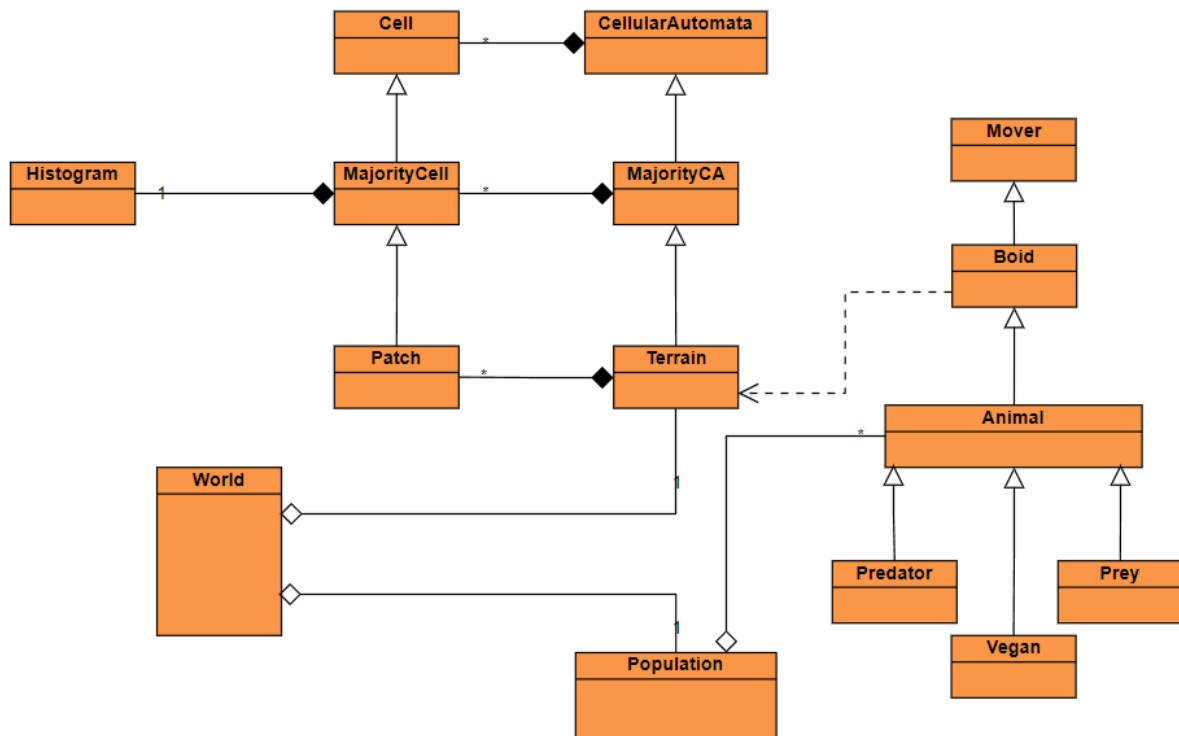
1 Introdução

Este projeto pretende consolidar e avaliar os conceitos adquiridos na disciplina Modelação e Simulação de Sistemas Naturais. Para isso decidi e construir um simulador baseado num ecossistema com presas e predadores usando a implementação de modelos baseados em agentes (as presas e os predadores) e de autómatos celulares (o terreno onde evoluem os agentes). O terreno é composto por uma grelha 2D de células vazias e células com alimento para as presas, passando estas a férteis sempre que uma presa estiver sobre ela e comer o alimento. Nesse caso, a célula retornará ao estado inicial (alimento) ao fim de um determinado tempo aleatório. As presas são Agentes autónomos que vagueiam pelo terreno em busca de alimento. Cada agente mantém um contador com a sua energia e esta vai-se consumindo pelo simples facto do agente estar vivo, a uma taxa constante, igual a uma unidade por segundo, e também dependendo de outros fatores que vão ser aprofundados ao longo deste relatório. O agente reproduz-se quando a sua energia ultrapassa um certo limite. Neste processo a energia do progenitor é dividida, em partes iguais, entre este e o seu descendente. Os predadores serão adicionados mais à frente. Existem 5 simulações a observar que nos vão permitir estudar as alterações e evoluções do ecossistema em detalhe:

1. Velocidade - Esta vai ser a nossa simulação inicial onde apenas está ativo a mutação da velocidade e só estão presentes as Presas
2. Massa - Adicionamos a mutação do peso à simulação anterior.
3. Sentido - Adicionamos a mutação do sentido à simulação anterior. O sentido permite aos agentes observarem o que está à sua volta.
4. Predadores - Adicionamos à simulação os Predadores.
5. Vegetarianos - Adicionamos à simulação os Vegetarianos.

Este projeto foi inspirado tanto nos vídeos do Professor Arnaldo como no vídeo de um youtuber chamado Primer em que ele simula a seleção natural. Por isso decidi pegar em ambos conceitos e aprofundá-los nestas simulações começando por um grupo de animais isolados até chegarmos a um ecossistema com 3 espécies diferentes.

2 Uml do Projeto



3 Desenvolvimento

3.1 Configurações

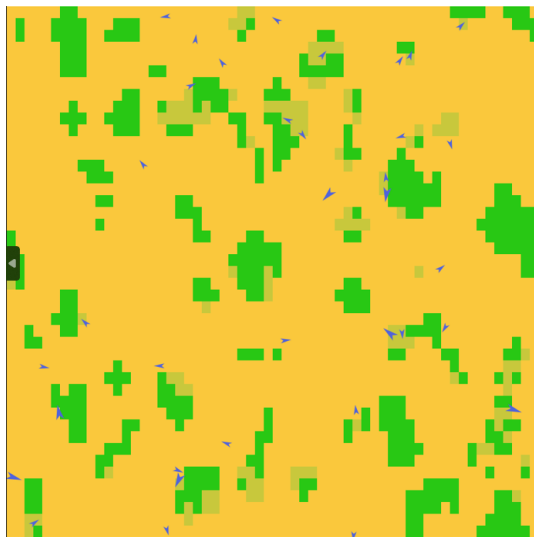
O terreno vai ser composto por 45 linhas e 60 colunas em que 60% das células vão estar vazias e os restantes 40% com comida, isto difere para a 4 e 5 simulação pois como vão existir mais agente precisamos de mais comida (57% vazio, 43% comida). Nas primeiras 3 simulações começamos com 10 presas, com uma energia inicial de 10, recebem 4 de energia por cada vez que comerem e necessitam de 25 para se reproduzirem.

3.2 Simulações

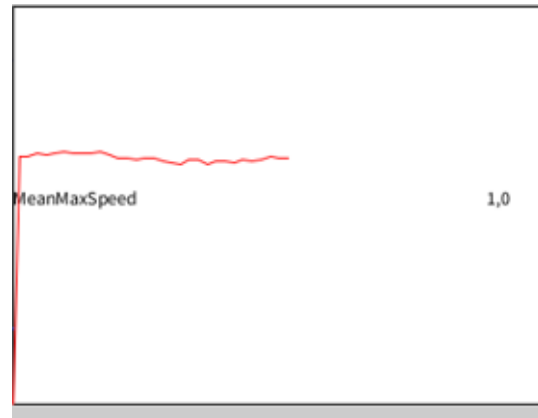
3.2.1 Velocidade

Esta simulação vai ser a nossa base, a simulação de controlo. Como descrito anteriormente começamos com 10 presas com velocidades aleatórias entre 1 e 2. Cada filho vai somar à velocidade recebida do pai um valor entre -0.2 e 0.2, ou seja, pode ganhar, perder ou manter a velocidade herdada. Para além do seu metabolismo básico, os animais vão perder energia de acordo com a seguinte equação: $energy = energy - mass * velocity^2 * dt$

Agora vamos observar como diferentes terrenos afetam esta característica:

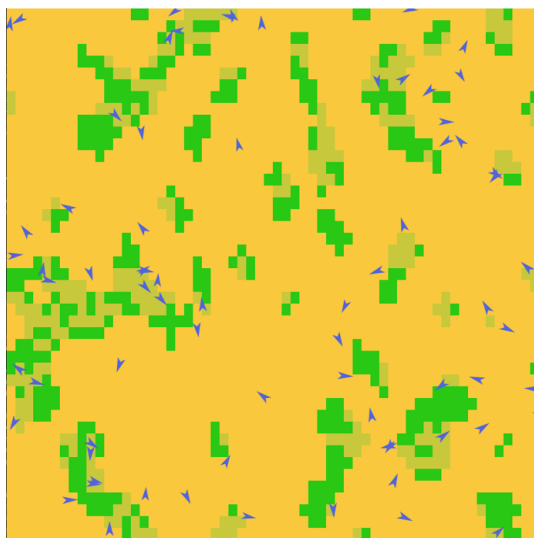


(a) Simulação 1 - Teste A - Terreno



(b) Simulação 1 - Teste A - Gráfico da velocidade

Figura 1: Simulação 1 - Teste A - Terreno e Gráfico da Velocidade



(a) Simulação 1 - Teste B - Terreno



(b) Simulação 1 - Teste B - Gráfico da Velocidade

Figura 2: Simulação 1 - Teste B - Terreno e Gráfico da Velocidade

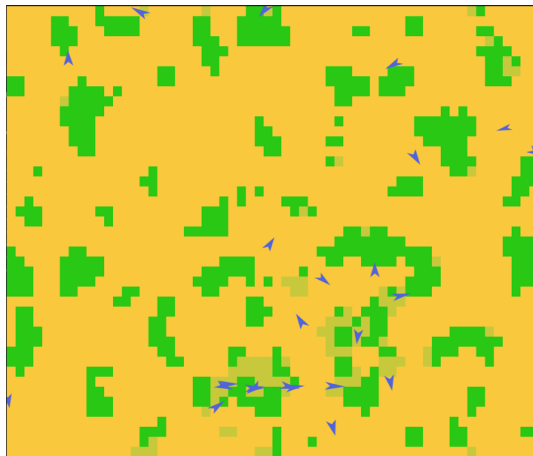
Como podemos observar nas figuras acima existe uma clara diferença não só na velocidade média de cada agente mas também no número da população de cada teste. Esta diferença deve-se a duas diferenças que ocorrem em cada um dos testes: a movimentação, "Wander", que faz com que os Boids tenham movimentos aleatórios e a disposição do terreno. Este último tem uma maior importância pois ao observar os terrenos dos dois testes, o que tem uma maior população é o que tem um menor número de ilhas com alimento. Isto deve-se ao facto dos animais precisarem de comer, de seguida, largas quantidades de comida para se reproduzirem, o que só acontece quando existe um baixo número de ilhas pois isto torna-as maiores. A velocidade é menor no primeiro teste pois, como o acesso a grandes quantidades de comida próximas umas das outras é menor, os agentes sentem uma maior necessidade de conservar energia, logo por seleção natural existe um maior número de animais lentos.

3.2.2 Massa

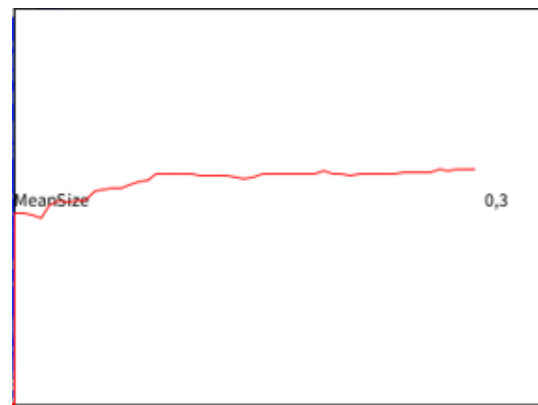
Nesta simulação mantemos a mutação anterior e introduzimos a mutação da Massa. Como anteriormente começamos com 10 presas, com massas aleatórias entre 0.8 e 1.2 e tamanho aleatório entre 0.15 e 0.4. Cada filho vai somar ao tamanho recebida do pai um valor entre -0.03 e 0.03, ou seja, pode ganhar, perder ou manter o tamanho herdado, a massa vai ser o valor do tamanho mais 0.8. O tamanho é interessante pois se por exemplo, a criatura A passar ao pé de uma criatura B cujo tamanho é pelo menos 20% menor esta come-a ganhando 10 de energia. A massa afeta o metabolismo da criatura, quanto maior é mais energia esta gasta, seguindo esta equação:

$$energy = energy - mass^3 * velocity^2 * dt$$

Isto leva as presas a uma dicotomia em que têm que escolher entre serem grandes e comerem outros mas perder energia significativamente mais depressa ou serem pequenos com maior velocidade e menor perda de energia. Agora vamos observar como diferentes terrenos afetam esta característica:

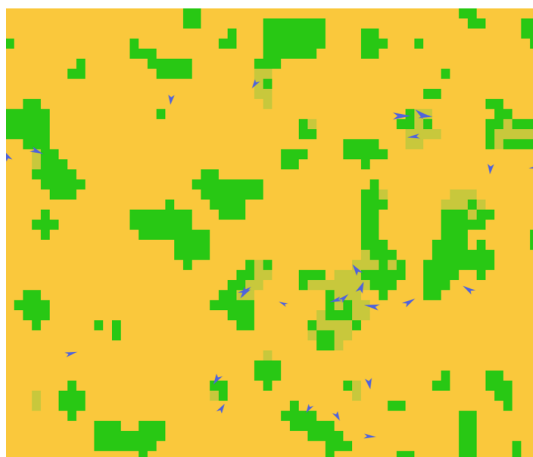


(a) Simulação 2 - Teste A - Terreno

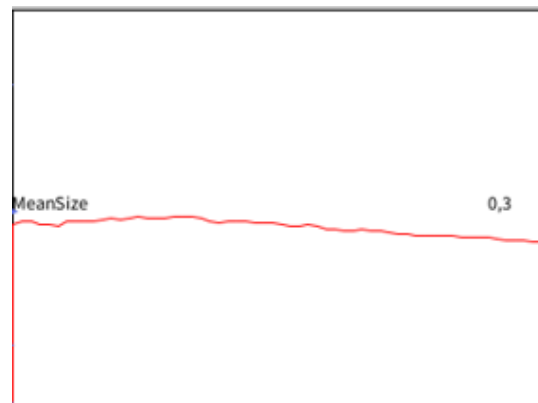


(b) Simulação 2 - Teste A - Gráfico da Massa

Figura 3: Simulação 2 - Teste A - Terreno e Gráfico da Massa



(a) Simulação 2 - Teste B - Terreno



(b) Simulação 2 - Teste B - Gráfico da Massa

Figura 4: Simulação 2 - Teste B - Terreno e Gráfico da Massa

Como podemos observar nas figuras acima embora o número da população se tenha mantido mais ou menos igual em ambas os testes a média de tamanhos entre criaturas difere significativamente estando a do teste A acima do valor de referência enquanto que a do teste B está abaixo. Mais uma vez, estes resultados diferem pela razão explicada na simulação anterior e podemos verificar que chegamos as mesmas conclusões. A velocidade deixa de ser tão importante como no ponto anterior mantendo-se similar em ambos os testes com uma ligeira vantagem para o teste B pois como estes são mais pequenos é natural movimentarem-se mais rapidamente. A existência de um grande troço com alimento na região sul do Teste A, é a principal razão de este ser dominado por criaturas de maior porte, pois estas controlam esta região, o que impossibilita criaturas mais pequenas de se alimentarem lá. Como a comida está mais espalhada no teste B os mais pequenos são os que dominam pois não estão limitados a uma região onde se podem reproduzir.

3.2.3 Sentido

Nesta simulação mantemos a mutação anterior e introduzimos a mutação do Sentido. Como anteriormente começamos com 10 presas, mas desta vez elas vão ter visão. Irão começar com um raio de visão com um valor escolhido aleatoriamente entre 0.425 e 0.675. Cada filho vai somar ao raio de visão recebido do pai um valor entre -0.2 e 0.2, ou seja, pode ganhar, perder ou manter o sentido herdado. O sentido vai permitir aos animais perseguirem, utilizando o "Seek" comida que esteja no seu raio de visão seja esta alimento ou outros animais se estes tiverem um tamanho de pelo menos 20% inferior. O sentido afeta o metabolismo da criatura, quanto maior é o sentido mais energia esta gasta, seguindo esta equação:

$$energy = energy - mass^3 * velocity^2 * dt + VisionRadius * 0.01$$

Como vamos somar o valor do raio de visão este tem que ser multiplicado por 0.01 pois se não os animais não iriam aguentar com raios muito elevados. Em teoria, esta mutação vai revolucionar o nosso ecossistema pois diminuimos a imprevisibilidade de movimentos dos agentes substituindo por movimentos produtivos que aumentam a capacidade de sobrevivência dos animais. Agora temos que colocar esta nova característica em prática:

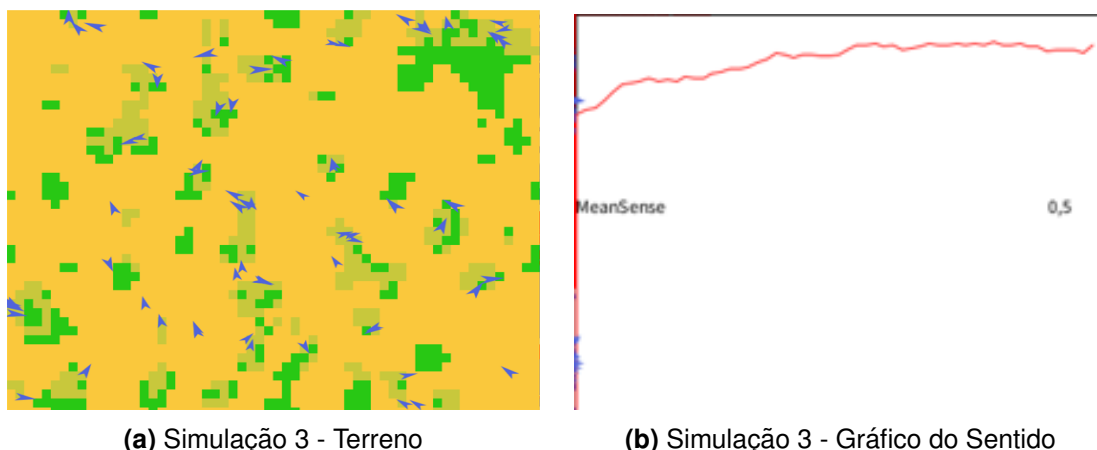
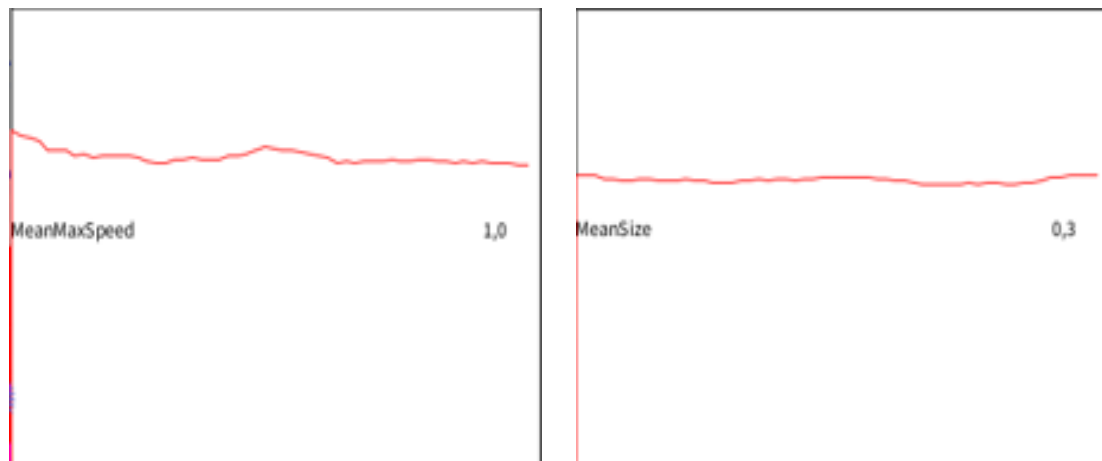


Figura 5: Simulação 3 - Terreno e Gráfico do Sentido



(a) Simulação 3 - Gráfico da Velocidade

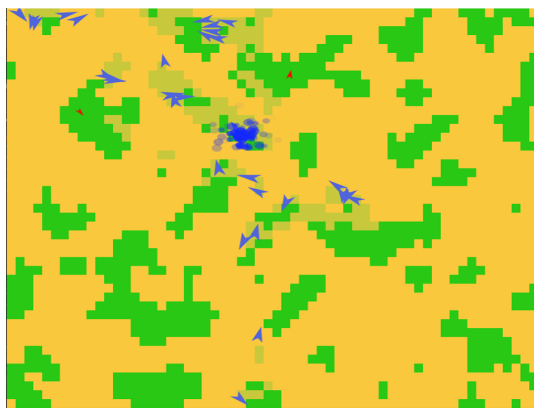
(b) Simulação 3 - Gráfico do Tamanho

Figura 6: Simulação 3 - Gráfico da Velocidade e Gráfico do Tamanho

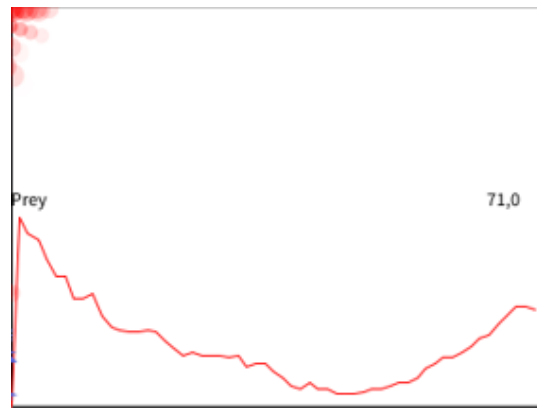
Após várias simulações chegamos à conclusão que a teoria estava correta e a adição do Sentido revolucionou por completo o ecossistema ao reduzir bastante a dependência das criaturas em largos troços com comida para se reproduzirem, o que reduz drasticamente a inconsistência de resultados entre testes das duas simulações anteriores. Como podemos observar nas figuras acima o ecossistema apresenta uma média entre 60 a 70 criaturas vivas com um raio médio de 0.9 o que é muito superior aos valores iniciais. Isto indica que os animais dependem e muito da sua visão não só na procura de alimento como na caça de outras presas, pois quanto maior o raio maior é a distância onde conseguem matar. Esta alta dependência podia ser remediada com um aumento do rácio de energia gasta pelo tamanho do raio de visão mas isso faria com que voltássemos à imprevisibilidade de antes visto que a média de sentido ia diminuir, logo criaturas menos "inteligentes". Os valores de velocidade e tamanho mantêm-se constantes, valores idênticos aos testes com condições ótimas nas simulações anteriores (Velocidade = 1.3 e Tamanho = 0.39), durante os testes o que indica que, os agentes conseguiram encontrar uma fórmula para o equilíbrio. Devido a este facto, à medida que os testes se prolongavam no tempo o número de mortes pelas outras presas diminuía, o que é interessante dado que significa que o ecossistema evoluiu passado o canibalismo e é sustentável apenas com comida.

3.2.4 Predadores

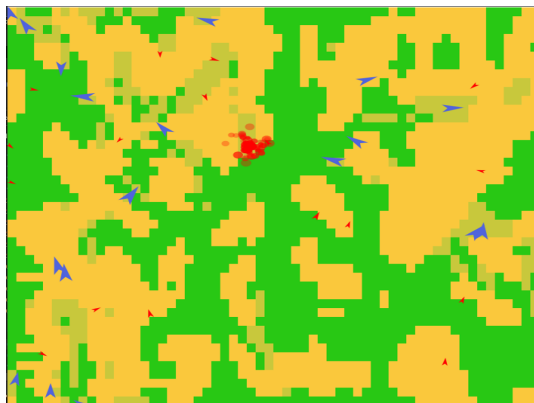
Nesta simulação mantemos todas as mutações anteriores e introduzimos uma nova espécie: os Predadores. Estes animais têm uma energia inicial de 25 e necessitam de 75 para se reproduzirem. Como anteriormente começamos com 10 presas, mas agora adicionamos 3 predadores. Após alguns testes cheguei à conclusão de que as presas precisavam de se reproduzir mais rapidamente para os predadores conseguirem sobreviver, por isso decidi mudar o terreno para que este seja 57% vazio e 43% comida. Os predadores começam com as mesmas mutações que as presas e consomem energia da mesma forma. Os predadores, ao contrário das presas não são canibais mas conseguem comer as suas presas independentemente do seu tamanho. O objetivo desta simulação é estudar a forma como a introdução de uma nova espécie ameaça e influencia um ecossistema capaz de atingir o equilíbrio e se este consegue se adaptar de forma a que suporte estas duas espécies:



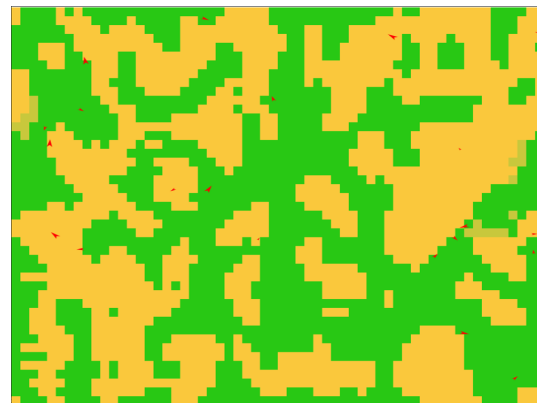
(a) Simulação 4 - Teste A - Terreno



(b) Simulação 4 - Teste A - Gráfico do Nº Presas



(c) Simulação 4 - Teste B - Terreno após 127s



(d) Simulação 4 - Teste B - Terreno após 276s

Figura 7: Simulação 4 - Testes A e B

Devido ao tamanho do mapa existe sempre a possibilidade de os predadores se extinguirem nos primeiros 10 segundos se não encontrarem ninguém. Este problema podia ser resolvido ao aumentarmos o número de uma das espécies ou mesmo diminuirmos o mundo mas se fizermos isto existe a possibilidade de a simulação se descontrolar. Embora este pequeno problema estes foram os valores que nos deram melhores resultados, ou seja, as mais longas durações de equilíbrio. Este balanço acaba sempre por acabar pois um dos grupos acaba sempre por superar o outro, sendo os predadores em 70% das simulações. Concluimos esta fase sabendo que embora tenha sido acrescentada uma nova espécie no sistema, é possível encontrar o equilíbrio.

3.2.5 Vegetarianos

Nesta simulação mantemos todas as mutações anteriores e introduzimos uma nova espécie: os Vegetarianos. Esta espécie apenas come as plantas tendo uma energia inicial de 10 e necessitam de 55 para se reproduzirem. Como anteriormente começamos com 10 presas, 3 predadores e agora 8 vegetarianos. Este novo grupo reproduz-se rapidamente e com facilidade o que vai nos ajudar com o problema levantado anteriormente pois vão existir mais organismos para os predadores escolherem. Isto também é benéfico no que toca às extinções pois como os vegetarianos são comidos por ambos presas e predadores e raramente deixam de existir, quer dizer que existe sempre algo para comer. Tivemos que aumentar a percentagem de campos com alimentos para 45% pois com os vegetarianos há uma maior competição pelos frutos do que anteriormente.

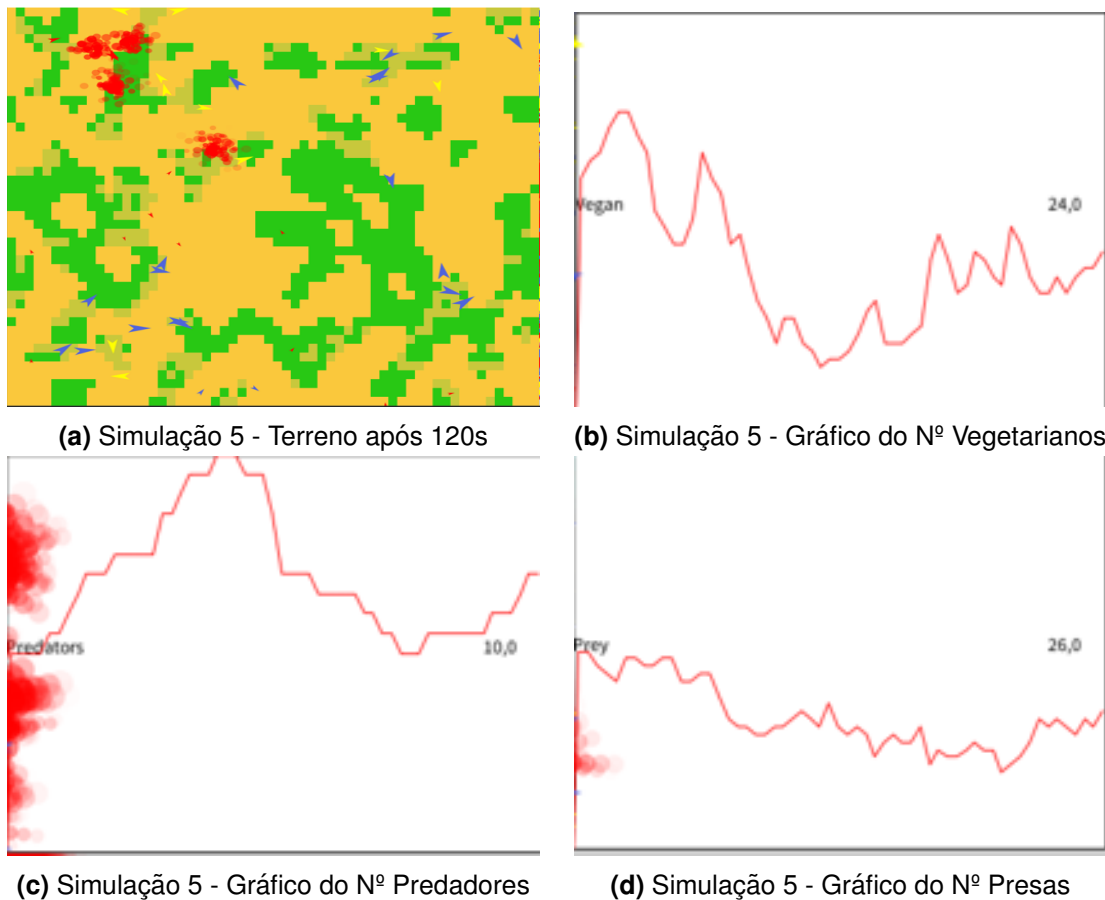


Figura 8: Simulação 5 após 120s

Estas imagens foram tiradas após 2 minutos e como conseguimos observar a nossa teoria da introdução desta nova espécie resultou e deu-nos um ecossistema equilibrado. Também podemos concluir que para os predadores foi mais benéfico um tamanho mais reduzido para maximizar a distância que percorre, logo maior probabilidade de encontrar comida. Para as presas e vegetarianos a seleção natural optou por tamanhos maiores devido à abundância de plantas, se este não fosse o caso observaríamos uma maior diferença nos tamanhos. Esta foi de longe a simulação mais equilibrada ultrapassando 7 minutos, sendo a maior parte das vezes interrompida pela extinção dos vegetarianos o que é normal porque são uma raça com pouca capacidade de sobrevivência, são atacados pelos outros dois, mas elevada reprodução o que significa que se forem encurralados pelos outros não há hipótese de sobrevivência.

4 Conclusões

O objetivo deste projeto final era o de consolidar e avaliar os conceitos adquiridos na disciplina Modelação e Simulação de Sistemas Naturais. Conseguimos observar a forma como o desenvolvimento de um ecossistema, quer nas características dos seus indivíduos, quer na introdução de novas espécies se comporta o que nos trouxe resultados interessantes e que vieram de acordo com as nossas previsões. Gostava de ter tido mais tempo para analisar mais detalhadamente este ecossistema, principalmente a última simulação pois acredito que conseguiria chegar aos 10 minutos com mais algumas afinações. Porém, creio que o projeto desenvolvido está de acordo com o pretendido pelos docentes, demonstrando o domínio que tenho sobre toda a matéria lecionada ao longo do semestre.