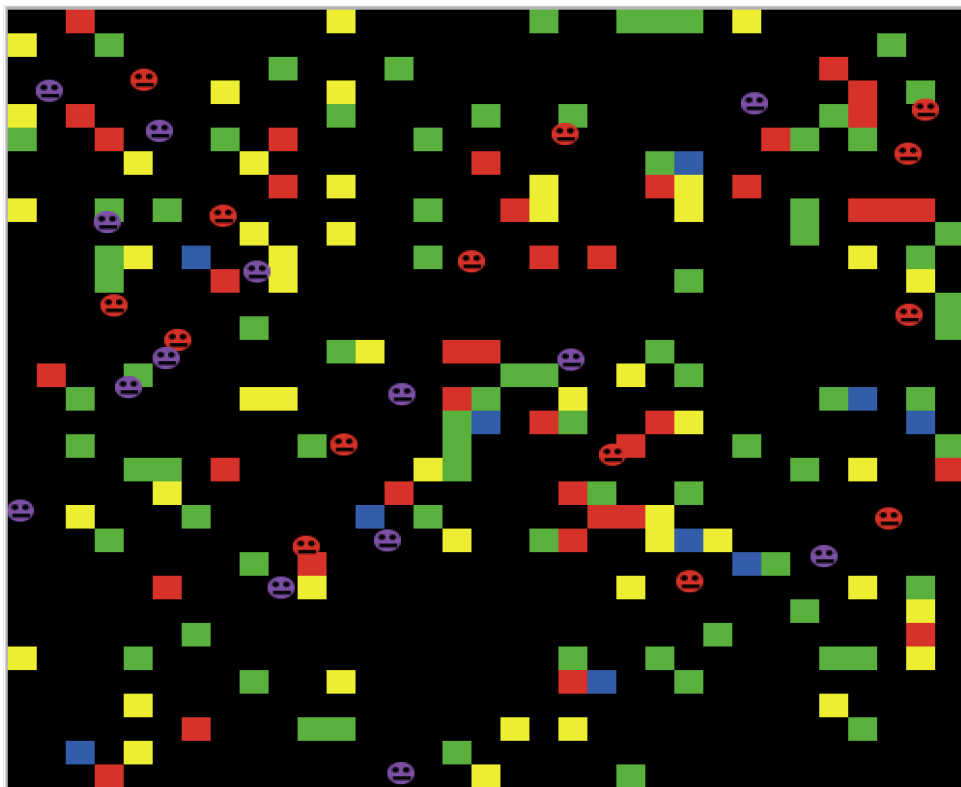




## Introdução à Inteligência Artificial

### Trabalho Prático nº1 – Agentes Racionais



Trabalho Realizado por:

Daniel Fernandes (LEI-PL) - a2020116565@isec.pt

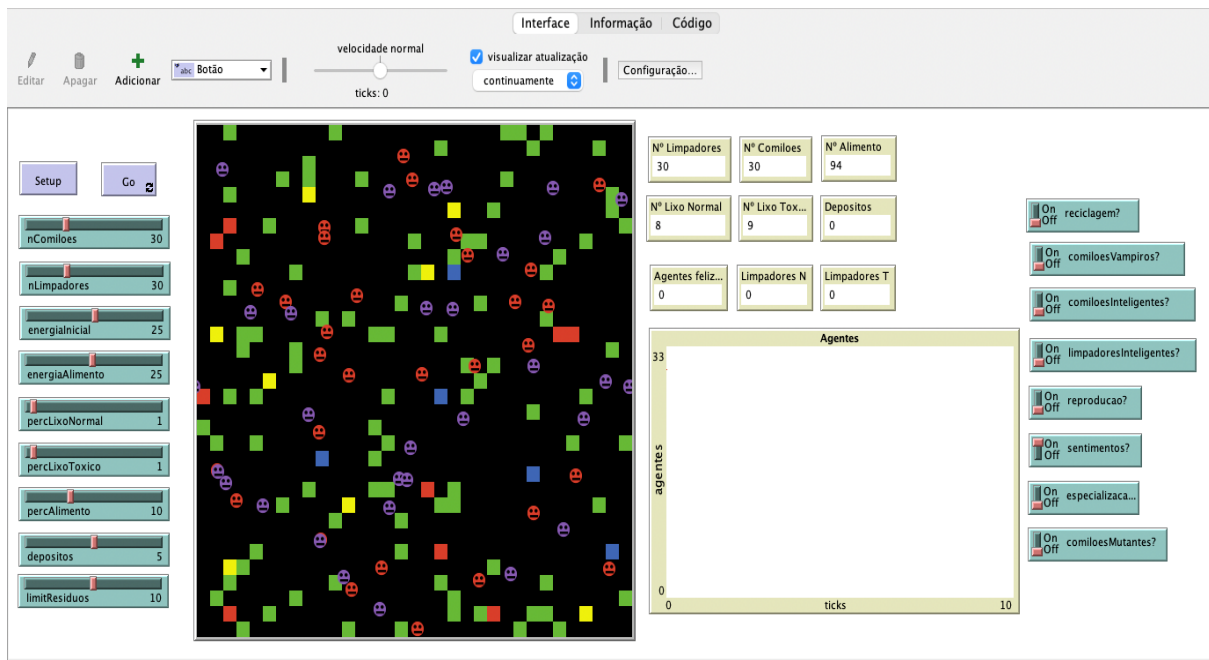
Hugo Jorge (LEI-PL) - a2020116988@isec.pt

# Introdução

O seguinte trabalho no âmbito da unidade curricular de Introdução à Inteligência Artificial teve como objetivo desenvolver, analisar e implementar comportamentos em agentes reativos. No contexto do mesmo, o trabalho foi implementado na ferramenta Netlogo.

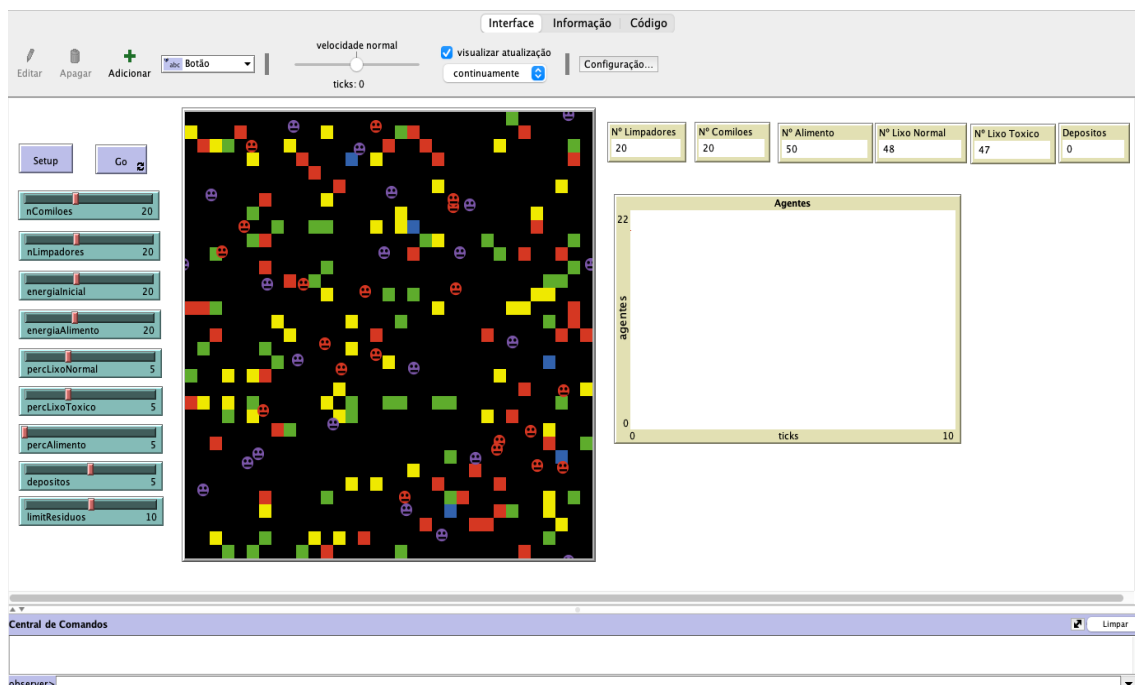
A implementação no Netlogo consiste em dois modelos. O modelo base e o modelo melhorado.

Após a implementação foram realizados testes de modo a analisar os resultados obtidos.



# 1. Modelo Base

Para a realização do modelo base foi-nos disponibilizado uma descrição do modelo. O modelo tem dois agentes, dois tipos de resíduos, um tipo de alimento e um tipo de depósito. Os dois tipos de resíduos são o lixo tóxico e o lixo normal. O lixo tóxico é representado pelas células vermelhas e o lixo normal pelas células amarelas. As células verdes correspondem ao alimento. Os dois tipos de agentes são os Comilões e os Limpadores. Ambos são representados por shapes 'face neutral' tendo os comilões a cor vermelha e os limpadores a cor violeta. Por fim, os depósitos são representados pelas células azuis.



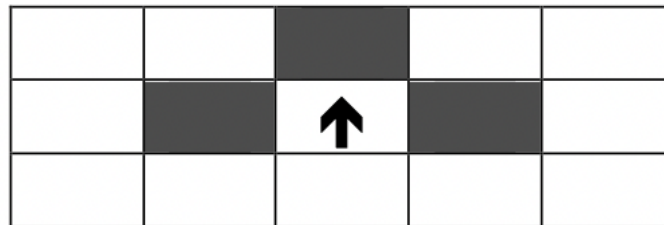
## 1.1 Agentes

O principal objetivo dos agentes é encontrar alimento para sobreviver. O alimento fornece-lhes energia. Mas os limpadores têm um segundo objetivo. Sendo este limpar os resíduos do ambiente.

O número de agentes existentes e a energia inicial são valores configuráveis. O número de cada tipo de agentes de 1 a 30 e a quantidade de energia inicial de 1 a 50.

### 1.1.1. Comilões

Os comilões conseguem perceber as células que se encontram à frente, a 90º graus para a sua esquerda e a 90º graus para a sua direita.



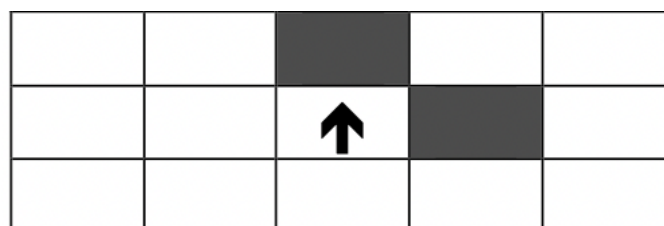
Os comilões apenas podem tomar 3 ações. Deslocar-se para a célula imediatamente à frente, rodar 90º graus para a esquerda e rodar 90º graus para a direita. Para otimizar a sua sobrevivência deve escolher a melhor ação conforme cada percepção.

Os comilões ao encontrarem alimentos na célula atual são automaticamente ingeridos e como tal ganham energia do alimento conforme o valor configurado que pode variar de 1 a 50 unidades.

Os comilões perdem energia se perceberem resíduos. Perdem 5% de energia se perceberem lixo normal e 10% se perceberem lixo tóxico. Caso encontrem resíduos na célula atual morrem. Os comilões também perdem uma unidade de energia ao realizarem qualquer uma das ações referidas anteriormente.

### 1.1.2. Limpadores

Os limpadores apenas conseguem perceber as células que se encontram à frente e a 90º graus para a sua direita.



Os limpadores podem deslocar-se para a célula imediatamente à frente, rodar 90º graus para a esquerda e rodar 90º graus para a direita. E como tal deve escolher um dos possíveis movimentos de modo a otimizar a sua sobrevivência. Os limpadores perdem uma unidade de energia a realizar qualquer uma das ações referidas.

Eles ganham energia ao encontrarem alimento na célula atual e ao depositarem resíduos nos depósitos. Pois eles ao passarem por cima dos resíduos, guardam-nos nos

seus depósitos pessoais. Se a célula encontrada for lixo tóxico equivale a duas células de lixo normal. O limite do depósito pessoal é configurável entre 1 e 20. Após o depósito pessoal estar cheio, os limpadores devem procurar um depósito para despejar os seus resíduos e assim somam à sua energia  $10 \times \text{número de resíduos depositados}$ .

A energia ganha pela ingestão do alimento é regulada conforme o número de resíduos transportados. Se o número de resíduos que transportam for menor que metade do limite, o valor de incremento da energia é igual ao valor de configuração do ambiente.

Caso contrário esse incremento corresponde a metade do valor de configuração do ambiente.

## 1.2 Resíduos, Alimento e Depósitos

Os resíduos e o alimento aparecem no ambiente com percentagens configuráveis de 0% a 15% para os resíduos e 5% a 20% para o alimento. Já os depósitos têm um valor configurável entre 1 e 10. O alimento e os resíduos vão reaparecendo no ambiente de forma aos seus valores se manterem ao longo da simulação.

## 2. Modelo Melhorado

No modelo melhorado implementámos várias melhorias que visam promover a sobrevivência dos agentes.

As estratégias implementadas foram `inteligenciaLimpadores`, `inteligenciaComiloes`, reciclagem, reproducao, `especializacaoLimpadores`, sentimentos, `comiloesMutantes` e `comiloesVampiros`.

A `inteligenciaLimpadores` e `inteligenciaComiloes` consiste em aumentar as percepções dos agentes e colocá-los a fazer uma análise das patches envolventes para tomarem a melhor opção a tomar.

No `inteligenciaLimpadores`, se os limpadores no depósito pessoal tiverem menos resíduos que o limite, não estejam numa patch de cor preta e alguma das patches vizinhas seja de cor eles percebem todas as células à sua volta e guarda na memória a direcção qual a melhor direcção a tomar. Para tal foi criada a memória `direcao` e `melhorPercecao`. A `melhorPercecao` inicialmente toma o valor da pior percepção possível mais uma unidade. O limpador analisa a célula a célula e quando detetar uma célula com `melhorPercecao` guarda essa direcção e atualiza a `melhorPercecao`. Assim ele opta sempre pela melhor percepção. De modo a visar a sobrevivência nesta situação optamos pela seguinte ordem de qual a melhor percepção: Alimento, depósito, lixo tóxico e lixo amarelo. Sendo Alimento a melhor Percepção e o lixo tóxico a pior.

Se não existir nenhuma célula vizinha de cor faz um movimento com 90% de probabilidade de andar para a frente e 5% de rodar para a esquerda ou direita.

Quando os limpadores têm o depósito cheio, o processo é idêntico, mas eles deixam de perceber os resíduos, pois já não podem limpar mais resíduos enquanto não depositarem os que carregam.

Para os comilões criamos o inteligenciaComiloes. O algoritmo é idêntico ao inteligenciaLimpadores porém eles não têm depósito e perdem energia com os resíduos. Sendo assim a ordem das percepções muda sendo Alimento, célula preta, lixo normal e lixo tóxico. Caso não exista nenhuma melhor percepção que os resíduos, eles rodam para evitar que não entrem numa célula de resíduo.

A reciclagem consiste em quando os limpadores comem algum resíduo ser regenerado um alimento em vez de outro resíduo. Assim os limpadores estão a reciclar o ambiente.

A reproducao assim como o nome o indica, faz os agentes reproduzirem-se com uma taxa de 5%, dividindo a sua energia com a sua cria.

Os sentimentos apenas visam uma melhoria gráfica em que os agentes mudam a sua shape para “face happy” caso a sua energia seja superior a 200% da energia inicial,

“face neutral” se a sua energia estiver compreendida entre 80% e 200% da energia inicial e “face sad” se a sua energia for inferior a 80% da energia inicial.

Na especializacaoLimpadores, os limpadores apenas percebem um dos 2 tipos de resíduos. A cada limpador é atribuído um lixo preferido. E a partir desse momento cada limpador só percebe esse lixo preferido.

No comiloesMutantes altera os valores que os comilões perdem ao perceberem resíduos para o seu simétrico, assim passam a ganhar energia quando os percebem.

Por fim, nos comiloesVampiros, se os comilões ao se deslocarem detetarem um limpador, rouba-lhe 20% da sua energia que origina a duplicação do valor da energia do comilão.

### 3. Análise de Resultados

#### 3.1 Análise do Modelo Base

Na realização dos testes do modelo base, mantiveram-se todos os parâmetros constantes, com a exceção dos que variaram ao longo do teste, para que sejam simuladas as mesmas condições de teste.

Foram feitos alguns testes primários, para verificar como se comportava o modelo e após verificar que a percentagem de extinção dos comilões era muito frequente de ser 100%, ao fim das 10.000 iterações, decidimos que os testes iriam ser feitos até um dos agentes se extinguir ou até ao final de 10.000 iterações. Desta forma foi também possível verificar o número de iterações que demorava até um dos agentes se extinguir e comprovar as diferentes alterações na sua sobrevivência.

**Teste 1** – A sobrevivência de um tipo de agente é influenciada pela quantidade do outro tipo de agente e pela quantidade de comida.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “percAlimento”, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Alimento	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	5	1	10,4	20,00%	0,00%
		10	1,1	14,20	30,00%	0,00%
		20	1,9	14,90	10,00%	0,00%
15	30	5	0,1	19,4	90,00%	0,00%
		10	0,3	28,50	70,00%	0,00%
		20	0,1	30,00	90,00%	0,00%
30	15	5	1,8	9	10,00%	0,00%
		10	2,4	13,60	10,00%	0,00%
		20	4	14,80	10,00%	0,00%
30	30	5	0,4	16,40	70,00%	0,00%
		10	0,6	27,90	60,00%	0,00%
		20	0,4	29,90	60,00%	0,00%

*Tabela 1 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de Alimento, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise destes resultados verifica-se que:

- O aumento do número de comilões, leva a um ligeiro aumento da média de comilões vivos no final e a uma redução significativa na % de repetições com

extinção dos mesmos, para percentagens de alimento iguais ou superiores a 10%. Esta variável parece não influenciar a sobrevivência dos limpadores.

- Com o aumento do número de limpadores aumenta também a média de limpadores vivos no final, contudo, como a relação não se altera significativamente não se pode considerar que aumentem a sua sobrevivência. Podemos também verificar que o aumento desta variável, contribui negativamente para a sobrevivência dos comilões, reduzindo a sua média de agentes vivos no final e aumentando a percentagem de repetições com extinção.
- A sobrevivência dos agentes é diretamente proporcional ao aumento da percentagem de alimento no meio.

**Teste 2** – A sobrevivência dos agentes é influenciada pela quantidade de lixo normal no meio.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “percLixoNormal”, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Lixo Normal	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	1	2,2	14,3	20,00%	0,00%
		5	0,2	13,80	80,00%	0,00%
		10	0	13,40	100,00%	0,00%
15	30	1	0,8	29,60	60,00%	0,00%
		5	0	28,40	100,00%	0,00%
		10	0	25,20	100,00%	0,00%
30	15	1	6,2	14,1	0,00%	0,00%
		5	0	13,90	100,00%	0,00%
		10	0	12,90	100,00%	0,00%
30	30	1	1,8	28,20	20,00%	0,00%
		5	0	28,70	100,00%	0,00%
		10	0	25,80	100,00%	0,00%

*Tabela 2 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de Lixo Normal, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verifica-se que:

- A média de agentes vivos no final, é inversamente proporcional à percentagem de lixo normal no meio e a percentagem de repetições com extinção de comilões é diretamente proporcional. Então o aumento da percentagem de lixo no meio contribui negativamente para a sobrevivência dos agentes



- Verifica-se que para níveis acima de 1% de lixo normal, é quase sempre garantida a extinção dos comilões e que com o aumento deste a extinção acontece em menos iterações do teste
- A variação do número dos diferentes tipos de agentes não influencia de diferente modo do teste realizado anteriormente

**Teste 3** – A sobrevivência dos agentes é influenciada pela quantidade de lixo tóxico no meio.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “perLixoToxico”, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Lixo Tóxico	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	1	4	14,2	10,00%	0,00%
		5	0,2	13,40	80,00%	0,00%
		10	0	11,90	100,00%	0,00%
15	30	1	1,1	28,60	50,00%	0,00%
		5	0	27,70	100,00%	0,00%
		10	0	22,80	100,00%	0,00%
30	15	1	6,5	14,6	0,00%	0,00%
		5	0,2	13,60	80,00%	0,00%
		10	0	12,90	100,00%	0,00%
30	30	1	2	28,90	20,00%	0,00%
		5	0	27,10	100,00%	0,00%
		10	0	25,70	100,00%	0,00%

*Tabela 3 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de Lixo Tóxico, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verifica-se que:

- Tal como os resultados obtidos para o outro tipo de resíduo, a média de agentes vivos no final, é inversamente proporcional à percentagem de lixo tóxico no meio e a percentagem de repetições com extinção de comilões é diretamente proporcional. Então o aumento da percentagem de lixo no meio contribui negativamente para a sobrevivência dos agentes
- Verifica-se que o decréscimo na média do número de limpadores vivos no final é mais acentuado com o aumento deste tipo de resíduo, em relação ao lixo normal. Tal contribui também para um ligeiro aumento da sobrevivência dos comilões.

**Teste 4** – A sobrevivência dos agentes é influenciada pelo limite de resíduos transportados pelos limpadores.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “limiteResíduos”, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	Limite Resíduos	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	5	1,6	14	20,00%	0,00%
		10	0,6	14,20	50,00%	0,00%
		20	1,2	14,30	20,00%	0,00%
15	30	5	0,6	27,80	50,00%	0,00%
		10	0,2	29,10	80,00%	0,00%
		20	0,2	28,70	90,00%	0,00%
30	15	5	3	14,3	0,00%	0,00%
		10	1,4	14,40	30,00%	0,00%
		20	1,6	13,80	40,00%	0,00%
30	30	5	0,8	28,00	40,00%	0,00%
		10	0,4	28,30	80,00%	0,00%
		20	0	28,70	100,00%	0,00%

*Tabela 4 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e o limite de resíduos transportados pelos Limpadores, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verifica-se que:

- Não podemos afirmar que o aumento do limite de resíduos tenha impacto significativo na sobrevivência dos limpadores.
- Influencia negativamente a sobrevivência dos comilões pois com o aumento do limite de resíduos, aumenta a percentagem de repetições com extinção de comilões.

**Teste 5** – A sobrevivência dos agentes é influenciada pelo valor de energia fornecida por alimento.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “limiteResíduos”, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	Energia por Alimento	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	10	1	2,3	50,00%	40,00%
		25	1,3	13,90	20,00%	0,00%
		50	1,7	14,50	10,00%	0,00%
15	30	10	1	7,50	50,00%	10,00%
		25	0,1	28,10	90,00%	0,00%
		50	0,6	28,70	70,00%	0,00%
30	15	10	4,9	3,7	10,00%	0,00%
		25	3,8	13,70	0,00%	0,00%
		50	4,4	14,30	0,00%	0,00%
30	30	10	3,4	5,20	20,00%	10,00%
		25	1,1	27,30	40,00%	0,00%
		50	0,6	29,00	60,00%	0,00%

*Tabela 5 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e o valor de energia por alimento, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verifica-se que:

- Para valores de 10 de energia por alimento, verifica-se que em algumas repetições existe a extinção de ambos os agentes.
- Para números reduzidos de agentes, a sobrevivência dos agentes é diretamente proporcional ao aumento da energia por alimento.
- Para números elevados de limpadores a sobrevivência dos comilões é inversamente proporcional ao aumento da energia por alimento.

### 3.2 Análise do Modelo Melhorado

**Teste 6** – Em condições semelhantes ao teste 1 do modelo base a sobrevivência dos agentes, melhora com a ativação da inteligência melhorada desenvolvida.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “percAlimento” com os interruptores “comiloesInteligentes” e “limpadoresInteligentes” ligados, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Alimento	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	5	8,3	14	10,00%	0,00%
		10	14,7	14,80	0,00%	0,00%
		20	14,8	15,00	0,00%	0,00%
15	30	5	6,7	26,80	10,00%	0,00%
		10	13,7	29,80	0,00%	0,00%
		20	14,5	30,00	0,00%	0,00%
30	15	5	13,4	13,8	0,00%	0,00%
		10	28,5	14,80	0,00%	0,00%
		20	29,6	15,00	0,00%	0,00%
30	30	5	14	26,90	0,00%	0,00%
		10	26,8	29,90	0,00%	0,00%
		20	29,1	30,00	0,00%	0,00%

*Tabela 6 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de Alimento, com inteligência dos agentes melhorada, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- Existe uma enorme melhoria na sobrevivência dos agentes, essencialmente na dos comilões;
- São mantidos quase os mesmos números de agentes desde o início ao longo de cada teste executado;
- A níveis baixos de percentagem de alimento reduzida ainda se verificou algumas repetições com extinção de comilões;
- Comprova-se que o aumento de percentagem de alimento aumenta a sobrevivência;
- O número de limpadores existentes deixou de influenciar negativamente a sobrevivência dos comilões.

**Teste 7** – Em condições semelhantes ao teste 1 do modelo base a sobrevivência dos comilões, melhora com a ativação dos comilões vampiros.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “percAlimento” com o interruptor “comiloesVampiros” ligado, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Alimento	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	5	12,5	0	0,00%	100,00%
		10	13,6	0,00	0,00%	100,00%
		20	10,9	0,60	0,00%	60,00%
15	30	5	14,8	0,00	0,00%	100,00%
		10	12,6	0,00	0,00%	100,00%
		20	10,9	5,20	0,00%	10,00%
30	15	5	26,9	0	0,00%	100,00%
		10	28,7	0,00	0,00%	100,00%
		20	28,2	0,00	0,00%	100,00%
30	30	5	28,1	0,00	0,00%	100,00%
		10	28,5	0,00	0,00%	100,00%
		20	28,6	0,00	0,00%	100,00%

*Tabela 7 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de Alimento, com o modo de comilões vampiros, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- Os comilões alimentam-se dos limpadores e levam à sua extinção quase sempre na totalidade das repetições. Aumentando assim a sobrevivência dos primeiros, mas reduzindo drasticamente a sobrevivência dos segundos;
- A níveis baixos de número de comilões iniciais, a sobrevivência destes é inversamente proporcional, enquanto que a dos limpadores é diretamente proporcional com o aumento da percentagem de alimento. Havendo algumas repetições com limpadores sobreviventes, para percentagem de alimento de 20%.

**Teste 8** – Em condições semelhantes ao teste 2 do modelo base a sobrevivência dos comilões, melhora com a ativação dos comilões mutantes.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “percLixoNormal” com o interruptor “comiloesMutantes” ligado, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Lixo Normal	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	1	11,9	13,9	0,00%	0,00%
		5	5,7	14,10	0,00%	0,00%
		10	2,9	13,80	20,00%	0,00%
15	30	1	10,4	29,00	0,00%	0,00%
		5	4,4	29,00	0,00%	0,00%
		10	1,7	28,00	10,00%	0,00%
30	15	1	21,5	14,3	0,00%	0,00%
		5	9,3	14,20	0,00%	0,00%
		10	4,8	13,60	0,00%	0,00%
30	30	1	23,3	29,00	0,00%	0,00%
		5	9,9	28,70	0,00%	0,00%
		10	5	27,40	0,00%	0,00%

*Tabela 8 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de lixo normal, com o modo de comilões mutantes, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- A sobrevivência dos comilões mantém-se inversamente proporcional à percentagem de lixo normal;
- A sobrevivência dos comilões aumenta consideravelmente em relação ao modelo base, não havendo quase repetições com extinção destes agentes;
- O aumento da percentagem de lixo normal deixa de ter um impacto tão negativo na sobrevivência dos limpadores.

**Teste 9** – Em condições semelhantes ao teste 3 do modelo base a sobrevivência dos comilões, melhora com a ativação dos comilões mutantes.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “percLixoToxico” com o interruptor “comiloesMutantes” ligado, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	% Lixo Tóxico	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	1	11,5	14,3	0,00%	0,00%
		5	6	14,00	0,00%	0,00%
		10	3,2	13,40	10,00%	0,00%
15	30	1	11,8	28,60	0,00%	0,00%
		5	5,8	27,80	0,00%	0,00%
		10	3,6	27,00	0,00%	0,00%
30	15	1	23,2	14,1	0,00%	0,00%
		5	13,3	14,50	0,00%	0,00%
		10	7,6	14,00	0,00%	0,00%
30	30	1	21,9	29,00	0,00%	0,00%
		5	10,4	28,70	0,00%	0,00%
		10	9,1	27,00	0,00%	0,00%

*Tabela 9 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e % de lixo tóxico, com o modo de comilões mutantes, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- A sobrevivência dos comilões mantém-se inversamente proporcional à percentagem de lixo tóxico;
- Tal como no teste anterior, a sobrevivência dos comilões aumenta consideravelmente em relação ao modelo base, não havendo quase repetições com extinção;
- O aumento da percentagem de lixo tóxico deixa de ter um impacto tão negativo na sobrevivência dos limpadores.

**Teste 10** – Em condições de variação dos dois resíduos, a sobrevivência dos comilões, melhora com a ativação dos comilões mutantes.

Como conclusão sobre a melhoria na sobrevivência dos comilões com esta melhoria, foram variados os parâmetros “percLixoNormal” e “percLixoToxico” com o interruptor “comiloesMutantes” ligado, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões/Limpadores	% Lixo Normal	% Lixo Tóxico	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
30	1	1	29,3	29	0,00%	0,00%
	1	5	28	29,60	0,00%	0,00%
	1	10	27,6	29,50	0,00%	0,00%
30	5	1	28,9	29,30	0,00%	0,00%
	5	5	28,1	29,50	0,00%	0,00%
	5	10	26,8	29,30	0,00%	0,00%
30	10	1	28,3	28,4	0,00%	0,00%
	10	5	26,6	29,40	0,00%	0,00%
	10	10	25,8	29,40	0,00%	0,00%

*Tabela 10 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando % de lixo normal e % de lixo tóxico, com o modo de comilões mutantes, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- Verifica-se a sobrevivência quase que na totalidade, independentemente da percentagem de resíduos.
- O aumento de lixo tóxico influencia mais negativamente a sobrevivência dos comilões que o lixo normal

**Teste 11** – Em condições semelhantes ao teste 4 do modelo base a sobrevivência dos agentes, melhora com a ativação dos limpadores especializados.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “limitResiduos” com o interruptor “especializacao” ligado, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.



Número de Comilões	Número de Limpadores	Limite Resíduos	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	5	8	14,2	0,00%	0,00%
		10	7,7	14,50	0,00%	0,00%
		20	7,2	14,00	0,00%	0,00%
15	30	5	9	28,30	0,00%	0,00%
		10	7,8	28,50	0,00%	0,00%
		20	8,1	29,00	0,00%	0,00%
30	15	5	17,6	14,6	0,00%	0,00%
		10	18,6	14,40	0,00%	0,00%
		20	16,4	14,40	0,00%	0,00%
30	30	5	18	28,40	0,00%	0,00%
		10	15,8	28,10	0,00%	0,00%
		20	16,3	28,40	0,00%	0,00%

*Tabela 11 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e o limite de resíduos transportados, com o modo de especialização, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- O método de especialização, não alterou a sobrevivência dos limpadores, contudo melhorou a sobrevivência dos comilões;
- A sobrevivência dos comilões não é afetada pelo aumento de limpadores.

**Teste 12** – Em condições semelhantes ao teste 5 do modelo base, a sobrevivência dos agentes melhora com a ativação da reprodução.

Para realizar esta verificação, foram variados os parâmetros “nComiloes”, “nLimpadores” e “Depósitos” com o interruptor “reproducao” ligado, cada um individualmente, obtendo as diferentes combinações e a sua influência sob os valores finais.

Número de Comilões	Número de Limpadores	Depósitos	Média do nº de Comilões vivos no final	Média do nº de Limpadores vivos no final	% Repetições com extinção de Comilões	% Repetições com extinção de Limpadores
15	15	1	0	884,7	100,00%	0,00%
		5	0	1105,40	100,00%	0,00%
		10	0	1223,40	100,00%	0,00%
15	30	1	0	1050,40	100,00%	0,00%
		5	0	1175,50	100,00%	0,00%
		10	0	1225,80	100,00%	0,00%
30	15	1	0	1069,1	100,00%	0,00%
		5	0	1151,40	100,00%	0,00%
		10	0	1218,00	100,00%	0,00%
30	30	1	0	985,90	100,00%	0,00%
		5	0	1144,20	100,00%	0,00%
		10	0	1280,80	100,00%	0,00%

*Tabela 12 – Tabela de resultados sobre a sobrevivência dos agentes variando o número de cada agente e o número de depósitos, com o modo de reprodução, ao fim de 10K iterações ou extinção de um dos agentes*

Através da análise dos resultados obtidos verificam-se os seguintes pontos:

- A média de limpadores vivos no final é diretamente proporcional ao aumento do número de depósitos.
- Em todas as repetições, existe a extinção dos comilões. Analisando com mais detalhe, o número de iterações que ocorrem até a extinção deste agente, verificamos que extinção acontece mais cedo, quanto maior o número de depósitos existentes no meio.

## 4. Conclusões

Após a realização e análise dos testes em cima mencionados, verificamos que o modelo em análise dificulta a sobrevivência dos comilões, sendo que perdem energia de 3 formas diferentes, sendo a dos resíduos uma grande quantidade, e apenas recebe energia através do alimento. O alimento como é partilhado com os limpadores, torna a sobrevivência dos comilões ainda mais difícil.

A sobrevivência dos limpadores é facilitada no modelo de análise pois é lhe possibilitado ganho de energia de dois modos diferentes, sendo que o depósito de resíduos o que lhe fornece a maior quantidade, e apenas perde energia com a movimentação.

Através dos resultados obtidos nos diferentes testes, podemos verificar que com a sobrevivência dos limpadores e quando existem em maior número, contribuem mais para a extinção dos comilões do que para a sobrevivência destes.

Foi verificado que o ponto-chave de sobrevivência passa pela quantidade de resíduos pois ambos os agentes sofrem com a grande quantidade de resíduos, sendo os comilões os que mais são afetados pelas razões ditas em cima.

Na elaboração do modelo melhorado, as opções de melhoria foram sempre tendo em objetivo a melhoria na sobrevivência dos dois agentes, principalmente dos comilões.