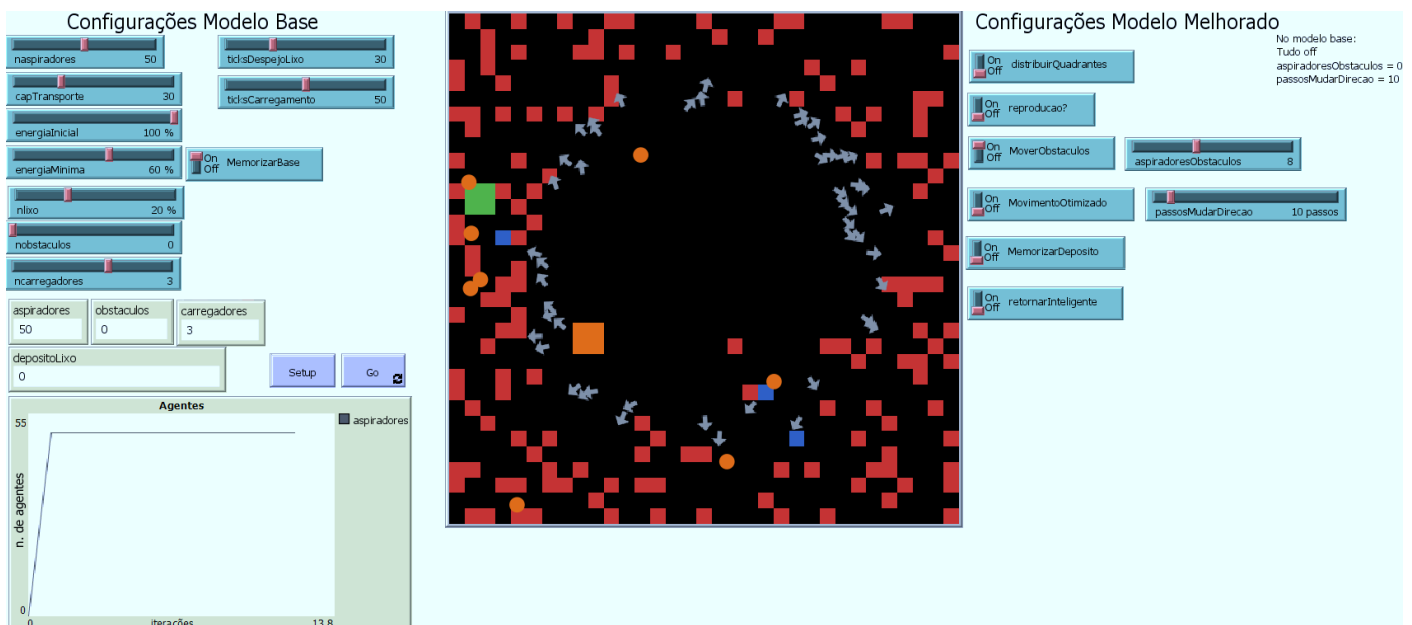


## Relatório Trabalho Prático Nº 1 - Agentes Racionais



### Introdução à Inteligência Artificial

**Trabalho Desenvolvido Por:**

**Tiago Filipe da Silva Cabral - 2018020685**

**Rui Emanuel Miranda – 2023137879**

## Índice

<b>Modelo Base</b> .....	3
<b>Introdução</b> .....	3
<b>Hipóteses</b> .....	3
Teste 1A – Influência da quantidade de aspiradores para limpar o lixo na totalidade .....	3
Teste 2A – Influência da quantidade de obstáculos para limpar o lixo na totalidade .....	4
Teste 3A – Influência da energia mínima para procurar carregador na limpeza total .....	4
<b>Modelo Melhorado</b> .....	5
<b>Introdução</b> .....	5
<b>Hipóteses</b> .....	5
Teste 1B – Influência da reprodução na limpeza do lixo na totalidade .....	5
Teste 2B – Influência da distribuição igualitária por quadrantes na limpeza do lixo na totalidade .....	6
Teste 3B – Influência da Capacidade do Retornar Inteligente Base Carregamento na limpeza do lixo na totalidade .....	6
Teste 4B – Influência da Capacidade do Retornar Inteligente+Movimento Otimizado na limpeza do lixo na totalidade .....	7
Teste 5B – Eficácia da ajuda dos robôs removedores de obstáculos na limpeza do lixo na totalidade .....	7

## Modelo Base

### Introdução

Este trabalho simula um ambiente bidimensional onde agentes aspiradores reativos operam para limpar o lixo nele presente. O ambiente, composto por uma grelha não toroidal (fechada), contém células de diferentes tipos, representadas por diferentes cores: pretas (normais), vermelhas (com lixo), brancas (obstáculos), azuis (carregadores de energia) e verdes (depósito de lixo). O objetivo dos agentes é recolher todo o lixo num determinado aceitável de tempo e sem esgotar sua energia. Quanto às suas ações, estas são influenciadas pela reação dos agentes às suas percepções: as 4 células vizinhas (baixo, cima, direita e esquerda). Enquanto não atingirem a sua capacidade máxima de lixo, vão recolhendo o lixo que encontram, procurando um depósito de lixo quando alcançarem a sua capacidade total. Estes agentes, por tick, podem agir o número de vezes que precisarem, mas só podem andar uma vez. Movimentar causa o nível de energia a diminuir, o qual, ao atingir um valor crítico, provoca a busca por um carregador. Quando chegam a um carregador de bateria pela primeira vez, decoram a sua posição, ganhando a capacidade de saber para onde ir quando ao atingir o limite de energia definido. A partir daí, ao encontrarem-se com agentes aspiradores que ainda não encontraram uma base carregadora, partilham a localização da base que encontraram. A simulação permite a configuração de diversos parâmetros pelo utilizador para análise da performance, dos quais: número de aspiradores, capacidade de transporte, energia inicial, energia mínima, número de lixos, número de obstáculos, número de carregadores, ticks para despejar o lixo e ticks de carregamento.

Pretende-se analisar a influência de alguns fatores no desempenho da tarefa de limpeza do robô aspirador. O sucesso poderia ser medido por diferentes critérios, como a sobrevivência dos agentes, a velocidade de limpeza ou se a tarefa é concluída por completo. No entanto, para este relatório, o **fator de sucesso será definido pela conclusão da limpeza do ambiente antes de 10.000 ticks, sendo preferencial que o façam em menos ticks**. Quer isto dizer que, se os agentes se extinguirem antes de 10.000 ticks ou se a simulação atingir o limite de 10.000 ticks sem conclusão de limpeza, então não há sucesso nessa experiência. Em cada hipótese, explicar-se-á o(s) fator(es) em estudo, os valores usados para cada variável, os resultados obtidos e a interpretação dos resultados. Em todas as hipóteses, realizam-se **20 experiências para cada variação**. Note-se que, sendo este um valor baixo, pode-se gerar dados estatisticamente incoerentes ou não precisos.

### Hipóteses

#### Teste 1A – Influência da quantidade de aspiradores para limpar o lixo na totalidade

**VARIÁVEIS FIXAS:** Capacidade de Transporte: 30 unidades | Energia Inicial: 100% | Energia Mínima para Procurar Carregador: 30% | Nº de Carregadores Disponíveis: 3 | Número de ticks Despejo Lixo: 30 | Número de ticks para Carga: 50 | Nº obstáculos: 0

Número de Agentes	% Lixo	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
10	10	1	35%		55%
	30	1	45%		60%
	60	1	50%		80%
30	10	7	5%	873	5%
	30	6	5%	740	5%
	60	4	15%	1250	15%
50	10	42	0%	90	0%
	30	31	0%	174	0%
	60	28	0%	275	0%

Tabela 1A

**RESULTADOS:** Com apenas 10 agentes, mais de metade das simulações resultaram em insucesso, ou seja, o lixo não foi totalmente recolhido antes dos 10.000 ticks, seja por atingirem o limite de tempo ou pela extinção dos agentes. A principal causa de insucesso foi a extinção dos aspiradores. Ao aumentar o número de agentes para 30, houve uma melhoria significativa no desempenho, reduzindo a taxa de insucesso em mais de 56%, em média. Com 50 agentes, todas as simulações foram bem-sucedidas, independentemente da quantidade de lixo presente, demonstrando que quanto mais agentes disponíveis, maior a probabilidade de sucesso, sendo esta praticamente garantida quando o número de agentes é igual ou superior a 50. Além disso, o tempo para concluir a limpeza também diminui consideravelmente. Com 30 aspiradores, o tempo médio foi de 2863 ticks, enquanto que, com 50 agentes, o tempo médio foi reduzido para 539 ticks: uma diferença de 2324 ticks a menos.

Este resultado é lógico e esperado, uma vez que mais aspiradores no ambiente limpam mais rápido, o que reduz o gasto de energia por agente e, consequentemente, diminui a probabilidade de extinção — a principal causa de insucesso nas simulações — melhorando assim a taxa de sucesso.

### Teste 2A – Influência da quantidade de obstáculos para limpar o lixo na totalidade

**VARIÁVEIS FIXAS:** (igual a teste 1A, exceto nlixo=60% e variáveis independentes)

Dados da  
Tabela 1A

Número de Obstáculos	Número de Agentes	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
0	10	1	35%		55%
	30	4	15%	1250	15%
	50	28	0%	275	0%
20	10	1	55%		80%
	30	5	5%	2706	5%
	50	26	0%	454	0%
50	10	0	65%		100%
	30	3	15%	2920	30%
	50	12	20%	562	20%
100	10	0	70%		100%
	30	3	30%		50%
	50	10	20%	1004	25%

Tabela 2A

**RESULTADOS:** Enquanto que nos resultados de parâmetros iguais do teste anterior (destacados pelas linhas azuis da tabela), com 10 e 30 aspiradores, em 55% e 15% das repetições, respetivamente, o lixo não era totalmente recolhido, principalmente por haver extinção dos aspiradores. Ao serem colocados obstáculos no ambiente, a taxa de insucesso sobe gradualmente, sendo essa subida mais acentuada quanto menor for o número de agentes na experiência. Mesmo nesses casos de mais agentes, em que existe mais sucesso, nota-se um aumento significativo no tempo médio necessário para a limpeza total do espaço, sendo o número de ticks aproximadamente 4 vezes maior entre 50 agentes e 0 obstáculos e 50 agentes e 100 obstáculos. Este facto evidencia que os aspiradores terem de se desviar mais vezes de obstáculos influencia substancialmente a sua performance de forma negativa, diminuindo drasticamente o seu sucesso na limpeza total do lixo ou, nos casos em que o conseguem, aumentando o tempo da limpeza total.

### Teste 3A – Influência da energia mínima para procurar carregador na limpeza total

**VARIÁVEIS FIXAS:** (igual a teste 2A, exceto nObstaculos = 0 e variáveis independentes)

Energia Mínima	Número de Agentes	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
5	10	0	100%		100%
	30	1	95%		95%
	50	45	5%	73	5%
30	10	1	50%		80%
	30	4	25%	1613	25%
	50	31	0%	129	5%
60	10	3	5%		95%
	30	11	0%	2879	10%
	50	18	0%	1091	5%

Tabela 3A

**RESULTADOS:** Surgem resultados curiosos para uma margem de segurança elevada neste parâmetro. Por exemplo, com a energia mínima definida a 30%, com 30 e 50 agentes os testes duram, em média, 1613 e 129 ticks, respetivamente. Já com a energia mínima incrementada para 60%, as simulações, com todos os outros parâmetros iguais, duram, em média, 3879 e 1091 ticks. Para além disso, observa-se que, com valores menores para a energia mínima, existe maior probabilidade de insucesso por extinção, enquanto que para valores maiores, tem-se maior probabilidade de insucesso, apesar de esta diminuir significativamente (exceto para o caso de 10 aspiradores), por se atingir os 10.000 ticks antes da limpeza total. Assim, conclui-se que, apesar de uma energia mínima elevada garantir que os aspiradores não ficam sem bateria, funcionando por mais tempo, não garante a maior rapidez na limpeza do ambiente, uma vez que os aspiradores vão ter um menor tempo útil de operacionalidade. Os resultados fazem parecer que, entre definir a energia mínima a 30% ou a 60%, os aspiradores vão atingir uma taxa de sucesso semelhante (em média 37%), sendo que com 30% atingem sucessos mais rapidamente, sugerindo que um equilíbrio entre energia mínima e eficácia na limpeza deve ser considerado, no entanto mais experiências são necessárias para solidificar estas conclusões e explorar um potencial valor ótimo de energia mínima que balanceie eficiência, segurança e velocidade.

Modelo Melhorado

Introdução

O modelo melhorado deste projeto mantém muitas das características do Modelo Base, mas introduz diversas inovações que visam otimizar o desempenho dos agentes na realização de suas tarefas de limpeza. Uma das melhorias tentadas é a **distribuição equitativa dos robôs pelos quatro quadrantes** do ambiente. Outra adição relevante é a de **reprodução dos aspiradores**: quando um robô aspirador possuir mais de 50% de energia, há uma chance de 5% de, a cada tick, ele se reproduzir. Além disso, foram introduzidos **novos agentes movedores de obstáculos**, com a capacidade de pegar e colocar os obstáculos em um depósito específico, identificado pela cor laranja. A **memorização do depósito** também é uma característica aprimorada do modelo: assim como com a base, os aspiradores que passem pelo depósito decoram a sua localização, podendo partilhar essa informação com outros agentes que ainda não a conhecem, permitindo o retorno quando precisam de descarregar. Por fim, o modelo incorpora **um sistema de retorno inteligente**: a cada tick, cada robô cria uma representação invisível que simula o seu movimento desde a posição atual até a base, incrementando um contador a cada passo dado; se essa simulação indicar que o robô precisa de voltar à base para recarregar, o aspirador em questão inicia esse processo.

Hipóteses

Teste 1B – Influência da reprodução na limpeza do lixo na totalidade

VARIÁVEIS FIXAS: (igual a teste 1A exceto reprodução ON)

Número de Agentes	% Lixo	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
10	10	1	25%(Tabela1A:35%)	4382	35% (Tabela1A:55%)
	30	1	30%(Tabela1A:45%)		55%
	60	2	30%(Tabela1A:50%)		80%
30	10	6	0%(Tabela1A:5%)	661	0%
	30	4	15%(Tabela1A:5%)	850(Tabela1A:740)	15%
	60	3	10%(Tabela1A:15%)	2619(Tabela1A:1250)	15%
50	10	38(Tabela1A:42)	0%	184(Tabela1A:90)	0%
	30	23(Tabela1A:31)	0%	421(Tabela1A:174)	0%
	60	28(Tabela1A:28)	0%	437(Tabela1A:275)	0%

Tabela 1B

**RESULTADOS:** Quanto ao sucesso em estudo, a reprodução trouxe poucas melhorias, mantendo quase os mesmos resultados de sucessos, tendo, aparentemente, aumentado o sucesso em 20% para o caso de 10 agentes e 10% de lixo. Apesar do que se poderia prever, a média do número de agentes vivos no final manteve-se quase a mesma, tendo, no limite, descido. No entanto, a percentagem de insucessos por extinção diminuiu. Mesmo havendo quase os mesmos resultados no que toca ao sucesso das experiências, a média de ticks para completar uma limpeza completa aumentou consideravelmente na maioria dos casos de sucesso. Estes resultados podem ser compreendidos se pensarmos na reprodução como um fenómeno complexo que não só adiciona agentes ao ambiente, como também diminui a energia dos agentes que os originam, aumentando a necessidade de carga, além de a reprodução em si também levar alguns ticks para ser concluída. Outra fator importante a ser considerado é a baixa probabilidade de a reprodução ocorrer, tendo sido definida a 5%.

### Teste 2B – Influência da distribuição igualitária por quadrantes na limpeza do lixo na totalidade

**VARIÁVEIS FIXAS:** (igual a teste 1A exceto distribuirQuadrantes ON)

Número de Agentes	% Lixo	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
10	10	1	35%	3660	45%(Tabela1A:55%)
	30	1	45%		70%(Tabela1A:60%)
	60	1	50%		85%(Tabela1A:80%)
30	10	7	5%	1667(Tabela1A:873)	15%(Tabela1A:5%)
	30	5	10%	931(Tabela1A:740)	10%(Tabela1A:5%)
	60	4	10%	1361(Tabela1A:1250)	15%
50	10	38	0%	251(Tabela1A:90)	0%
	30	30	5%	542(Tabela1A:174)	5%(Tabela1A:0%)
	60	34	0%	281(Tabela1A:275)	0%

Tabela 2B

**RESULTADOS:** O insucesso, no geral, parece ter baixado com a distribuição forçada e equilibrada pelos 4 quadrantes, como se pretendia, tendo aumentado, no entanto, a média de ticks para atingir o sucesso. Apesar de ter faltado isso no pensamento inicial que originou esta ideia, é lógico pensar que o próprio NetLogo já colocava cada aspirador em um dos quatro quadrantes com a mesma probabilidade, o que nos leva a concluir que talvez não haja grande melhoria ou prejuízo. A diferença de resultados pode ser justificada pelo número demasiado pequeno de experiências. Supomos, então, que se repetíssemos os testes com um número adequado de experiências, ambas as tabelas (1A e 1B) seriam semelhantes.

### Teste 3B – Influência da Capacidade do Retornar Inteligente Base Carregamento na limpeza do lixo na totalidade

**VARIÁVEIS FIXAS:** (igual a teste 3A exceto retornarInteligente ON)

Energia Mínima	Número de Agentes	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
5	10	0	100%		100%
	30	0	100%		100%
	50	38	15%(Tabela3A:5%)	93(Tabela3A:73)	15%(Tabela3A:5%)
30	10	2	25%(Tabela3A:50%)		55%(Tabela3A:80%)
	30	22(Tabela3A:4)	5%(Tabela3A:25%)	321(Tabela3A:1613)	10%(Tabela3A:25%)
	50	49(Tabela3A:31)	0%	104	0%
60	10	5(Tabela3A:3)	0%		60%(Tabela3A:95%)
	30	19(Tabela3A:11)	0%	2253(Tabela3A:2879)	0%(Tabela3A:10%)
	50	34(Tabela3A:18)	0%	358(Tabela3A:1091)	0%

Tabela 3B

**RESULTADOS:** No que toca ao sucesso, houve, no geral, uma diminuição drástica na percentagem de insucessos, sendo essa melhoria tanto mais significativa com a combinação de menor o número de agentes+maior energia mínima, já que, nesses casos, os agentes têm mais probabilidade de encontrarem uma primeira vez a base carregadora, permitindo que vivam mais tempo e, assim, consigam completar a tarefa. Exceto no caso em que a energia mínima é 5, no qual os agentes começam demasiado tarde a procurar uma base onde possam carregar, o número de repetições com extinção desce abruptamente, o que prova o aumento da sobrevivência dos agentes, sendo que o aumento da média de agentes vivos no final também cresce. Nota-se, também, um decréscimo muito significativo na média de ticks para completar a tarefa. Tal pode ser justificado pensando na realidade de que os aspiradores poupam tempo de carga, procurando a recarga apenas quando necessitam da mesma, diminuindo provavelmente o número de cargas. Apesar dos resultados positivos, é de se estranhar a média de agentes vivos no final. Afinal, se sabem quando retornar à base, porque ficam sem carga antes de chegar a ela, morrendo? Essa questão permaneceu inexplicada, mesmo após várias tentativas de diagnóstico, o que pode indicar uma limitação do algoritmo ou algum outro fator não considerado no modelo.

## Teste 4B – Influência da Capacidade do Retornar Inteligente+Movimento Otimizado na limpeza do lixo na totalidade

**VARIÁVEIS FIXAS:** (igual ao teste anterior, 3B, exceto MovimentoOtimizado ON)

Energia Mínima	Número de Agentes	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
5	10	4(Tabela3B:0)	0%(Tabela4B:100%)		70%(Tabela3B:100%)
	30	22(Tabela3B:0)	0%(Tabela4B:100%)	686	0%(Tabela3B:100%)
	50	49(Tabela3B:38)	0%(Tabela4B:15%)	208(Tabela4B:93)	0%(Tabela3B:15%)
30	10	5	5%(Tabela4B:25%)	6104	45%(Tabela3B:55%)
	30	22	0%(Tabela4B:5%)	1199	5%(Tabela3B:10%)
	50	46	0%	272(Tabela4B:104)	0%
60	10	4	0%		80%(Tabela3B:60%)
	30	23(Tabela3B:19)	0%	2181	10%(Tabela3B:10%)
	50	45(Tabela3B:34)	0%	774(Tabela4B:358)	0%

Tabela 4B

**RESULTADOS:** Foi com o objetivo de melhorar a capacidade do modo Retornar Inteligente que foi criada a opção de Movimento Otimizado, que tem como objetivo reduzir a aleatoriedade no movimento dos robôs ao desviar de obstáculos, pelo menos no seu retorno à base, e impedir que fiquem obstruídos entre obstáculos e/ou bordas infinitamente. Em termos de sucesso, o resultado foi mais positivo com ambas as funcionalidades ativas. O número de repetições com extinções reduziu drasticamente, tendo passado de um acontecimento certo a um acontecimento (praticamente) impossível, o que comprova a efetividade na sobrevivência dos robôs e, conseqüentemente, a sua capacidade de limpar todo o ambiente. Parece que este movimento otimizado, apesar de favorecer a sobrevivência, aumentou o tempo médio de ticks e fez com que a maioria dos casos de insucesso fosse causado pelo limite de tempo ter sido atingido, o que provavelmente se deve ao facto de que os robôs andaram mais pelas mesmas áreas, a dos carregadores, diminuindo a área de busca. Apesar dos resultados positivos, ainda surge a questão do que poderá estar a causar a morte dos agentes. Talvez seja o acaso de não encontrarem ou uma base, ou um robô que conheça alguma base uma única vez, ou, encontrando algum robô que partilhe a base que conhece, esteja já demasiado longe da mesma para conseguir lá chegar, morrendo no caminho até lá.

## Teste 5B – Eficácia da ajuda dos robôs removedores de obstáculos na limpeza do lixo na totalidade

**VARIÁVEIS FIXAS:** (igual ao teste 2A, exceto robôs removedores de obstáculos = 10)

Número de Obstáculos	Número de Agentes	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Média de ticks para apanhar totalidade do lixo nos casos de sucesso	% Repetições em que a totalidade do lixo não foi apanhado (insucesso) (100-ProbabilidadeDeSucesso)
20	10	2	0%(Tabela2A:55%)	4683	40%(Tabela2A:80%)
	30	4	0%(Tabela2A:5%)	2664(Tabela2A:2706)	0%(Tabela2A:5%)
	50	21	0%	150(Tabela2A:454)	0%
50	10	2	0%(Tabela2A:65%)	6205	40%(Tabela2A:100%)
	30	4	0%(Tabela2A:15%)	3299	10%(Tabela2A:30%)
	50	36	0%(Tabela2A:20%)	778	0%(Tabela2A:20%)
100	10	1	0%(Tabela2A:70%)		60%(Tabela2A:100%)
	30	4	0%(Tabela2A:30%)	2503	0%(Tabela2A:50%)
	50	22	0%(Tabela2A:20%)	626(Tabela2A:1004)	0%(Tabela2A:25%)

Tabela 5B

**RESULTADOS:** Com a introdução dos robôs removedores, houve uma clara melhoria na sobrevivência dos agentes e uma redução nas repetições com extinção. As taxas de sucesso aumentaram, especialmente com um número maior de agentes, mesmo em ambientes com muitos obstáculos. Apesar de ainda haver um aumento no número de ticks em cenários com mais obstáculos, os removedores conseguiram reduzir esse tempo, comparado ao que se observaria sem sua presença. Os resultados finais são muito positivos.