



Trabalho Prático 1: Agentes

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Licenciatura em Engenharia Informática

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Docentes:

José Paulo Barroso de Moura Oliveira

Eduardo José Solteiro Pires

Autores:

AI78940 Gonçalo Sousa

AI78930 João Azevedo

Resumo

Este trabalho apresenta a modelação e simulação de um sistema multiagente para a limpeza de superfícies, utilizando a ferramenta NetLogo. O modelo, denominado Robot1, inclui um agente de limpeza, denominado Cleaner, e três agentes poluidores, conhecidos como Polluters. A simulação decorre num ambiente quadrangular composto por células que podem alterar a sua coloração conforme a deposição de resíduos pelos Polluters.

O Cleaner inicia a sua operação no canto inferior esquerdo do ambiente e deve limpar as células contaminadas, enquanto os Polluters inserem resíduos de forma aleatória e de acordo com uma função probabilística ajustável. O modelo inclui um sistema de gestão de energia, onde o Cleaner consome energia a cada movimento e deve recarregar em postos específicos. Além disso, o Cleaner é limitado pela capacidade de detritos que pode transportar, necessitando descarregar em contentores localizados aleatoriamente.

A estrutura do modelo permite a interacção do utilizador através de botões e controlos deslizantes, que ajustam parâmetros relevantes, como a taxa de poluição e a capacidade de transporte de detritos. Na fase seguinte do projeto, Robot2, serão introduzidas inovações para aumentar a complexidade do sistema e promover um equilíbrio no ecossistema digital.

Este trabalho também inclui um relatório que documenta as etapas de desenvolvimento, as funcionalidades implementadas e as métricas de eficácia do modelo, acompanhado de um vídeo de demonstração que ilustra o funcionamento do sistema. A proposta contribui para a compreensão das dinâmicas de poluição e limpeza em ambientes simulados, destacando a relevância da robótica na gestão ambiental.

Índice

Resumo.....	1
1. Introdução.....	4
2. Enquadramento Teórico.....	5
2.1 Sistemas Multiagente	5
2.2 NetLogo.....	5
2.2.1 Ambientes Visuais:.....	5
2.2.2 Agentes Personalizáveis:	5
2.2.3 Interação e Comunicação:.....	5
2.2.4 Controlo da Simulação:	6
2.2.5 Análise de Dados:	6
3. Descrição do trabalho	7
3.1 Primeira Fases (V1).....	7
3.1.1 Interface (Geral)	7
3.1.2 Botões	8
3.1.2 Sliders	9
3.1.3 Contadores	10
3.1.4 Gráficos.....	11
3.2 Fase 2 (V2)	13
3.2.1 Interface (Geral).....	13
3.2.2 Features novas	13
3.2.2.1 Novos Sliders.....	14
3.2.2.2 Novos contadores	15
3.2.2.3 Novo gráfico	15
3.2.2.4 Modo Turbo.....	15
4. Conclusão	17
5. Referências Bibliográficas.....	18
Figura 1- Interface do Robot1 Geral.....	7
Figura 2 - Botões Setup, Go, Go_Once	8
Figura 3 - Botão Go_N e Slider que define N ticks	8
Figura 4 - Sliders (Cleaner e Polluter)	9
Figura 5 - Contadores	10

Figura 6 – Gráficos Poluição vs Limpeza	11
Figura 7 - Interface V2	13
Figura 8 - Ambiente.....	13
Figura 9 - Sliders novos	14
Figura 10 - Contadores novos	15
Figura 11 - Gráfico novo	15
Figura 12 - Modo Turbo	15

1. Introdução

A crescente utilização de tecnologias automatizadas tem transformado a limpeza de superfícies em ambientes urbanos e industriais. Os sistemas multiagente surgem como uma abordagem eficaz para simular interações complexas entre agentes em cenários de poluição e limpeza. Este trabalho tem como objetivo a modelação e simulação computacional de um sistema de agentes racionais na ferramenta NetLogo, através de um modelo inicial designado Robot1.

O modelo integra um agente de limpeza, chamado Cleaner, e três agentes poluidores, denominados Polluters. A simulação ocorre num ambiente quadrangular, onde cada célula (patch) pode mudar de estado conforme as acções dos agentes. Inicialmente, o ambiente está limpo, e os Polluters podem depositar resíduos em células adjacentes, alterando a sua coloração. As interações seguem regras específicas: o Cleaner limpa as células com resíduos, enquanto os Polluters depositam resíduos de acordo com uma função probabilística ajustável.

O modelo também implementa um sistema de gestão de energia para o Cleaner, que consome energia a cada movimento e deve recarregar num posto específico. Além disso, o Cleaner tem uma capacidade limitada de detritos, necessitando de descarregá-los em contentores localizados aleatoriamente. Para facilitar a interação do utilizador, serão introduzidos botões para controlar a simulação, bem como deslizadores e contadores para ajustar parâmetros relevantes. Na segunda fase, denominada Robot2, foi desenvolvida uma versão mais complexa do modelo, visando o equilíbrio no ecossistema digital.

Para documentar o trabalho, será elaborado um relatório que descreve o modelo, as funcionalidades implementadas e as métricas de eficácia. Será ainda produzido um vídeo de demonstração com duração máxima de 3 minutos, apresentando as características e o funcionamento do modelo.

2. Enquadramento Teórico

A simulação computacional de sistemas multiagente constitui uma abordagem fundamental para a modelação de fenómenos complexos, como a interação entre agentes em ambientes dinâmicos. No contexto da limpeza de superfícies, a utilização de agentes racionais permite observar a dinâmica da poluição e as estratégias de limpeza, contribuindo para a otimização de processos e a minimização de impactos ambientais (Wooldridge, 2009; Russell & Norvig, 2010).

2.1 Sistemas Multiagente

Os sistemas multiagente são compostos por entidades autónomas que interagem entre si e com o ambiente. Cada agente possui comportamentos e regras de decisão que determinam as suas ações. Esta abordagem revela-se particularmente útil para modelar cenários em que múltiplos atores influenciam o resultado global do sistema (Ferber, 1999). No âmbito deste trabalho, os agentes **Cleaner** e **Polluters** desempenham papéis distintos na simulação de um ambiente de limpeza.

2.2 NetLogo

O **NetLogo** é uma plataforma de programação desenvolvida especificamente para a modelação de sistemas multiagente (Wilensky, 1999). Entre as suas funcionalidades, destacam-se:

2.2.1 Ambientes Visuais: NetLogo permite a criação de mundos bidimensionais nos quais os agentes se podem deslocar, facilitando a visualização das interações e dinâmicas espaciais. O ambiente é constituído por células (**patches**) que podem assumir diferentes estados, permitindo representar cenários variados (Railsback & Grimm, 2019).

2.2.2 Agentes Personalizáveis: O utilizador pode definir diferentes tipos de agentes com propriedades e comportamentos únicos. No modelo em questão, os agentes **Cleaner** e **Polluters** possuem características distintas, como a capacidade de limpar ou poluir, bem como diferentes probabilidades de ação (Wilensky & Rand, 2015).

2.2.3 Interação e Comunicação: Os agentes em NetLogo podem interagir entre si e com o ambiente. Esta funcionalidade é essencial para simular a dinâmica entre o **Cleaner**, que efetua a limpeza das células, e os **Polluters**, que depositam resíduos. A comunicação entre agentes pode ser programada de forma a que os comportamentos de um agente influenciem as decisões de outro (Macal & North, 2005).

2.2.4 Controlo da Simulação: NetLogo oferece ferramentas para controlar o fluxo da simulação, permitindo ao utilizador iniciar, pausar e reiniciar o modelo a qualquer momento. Botões e controlos deslizantes podem ser adicionados para ajustar parâmetros, como a taxa de poluição ou a capacidade de transporte de detritos, proporcionando uma experiência interativa (Wilensky, 1999).

2.2.5 Análise de Dados: A plataforma possibilita a recolha e visualização de dados durante a simulação. Gráficos e contadores podem ser utilizados para monitorizar variáveis, como a quantidade de resíduos limpos e a energia consumida pelo Cleaner ao longo do tempo, permitindo uma análise quantitativa do desempenho do modelo (Railsback & Grimm, 2019).

3. Descrição do trabalho

3.1 Primeira Fases (V1)

Na primeira fase do trabalho, desenvolveu-se o modelo inicial denominado Robot1, que simula a interação entre um agente de limpeza, chamado Cleaner, e três agentes poluidores, conhecidos como Polluters. O ambiente foi definido como um espaço quadrangular, constituído por células (patches) que representam superfícies que podem ser limpas ou contaminadas.

O Cleaner foi posicionado no canto inferior esquerdo do ambiente e tem a função de limpar as células que contenham resíduos. Por sua vez, os Polluters entram aleatoriamente pelo espaço, depositando resíduos em células limpas, conforme uma função probabilística ajustável. Cada ação do Cleaner e dos Polluters altera o estado das células, refletindo a dinâmica de poluição e limpeza.

O modelo incorpora um sistema de gestão de energia para o Cleaner, que consome energia a cada movimento e deve recarregar em postos específicos. Adicionalmente, o Cleaner apresenta uma capacidade limitada de transporte de detritos, necessitando descarregar os resíduos em contentores localizados aleatoriamente. Para facilitar a interação do utilizador, foram implementados botões e controlos deslizantes que permitem iniciar e controlar a simulação, além de ajustar parâmetros relevantes como a taxa de poluição e a capacidade de detritos.

A primeira fase do trabalho estabeleceu, assim, as bases para a simulação da relação entre poluição e limpeza, permitindo uma análise inicial das interações entre os agentes.

3.1.1 Interface (Geral)

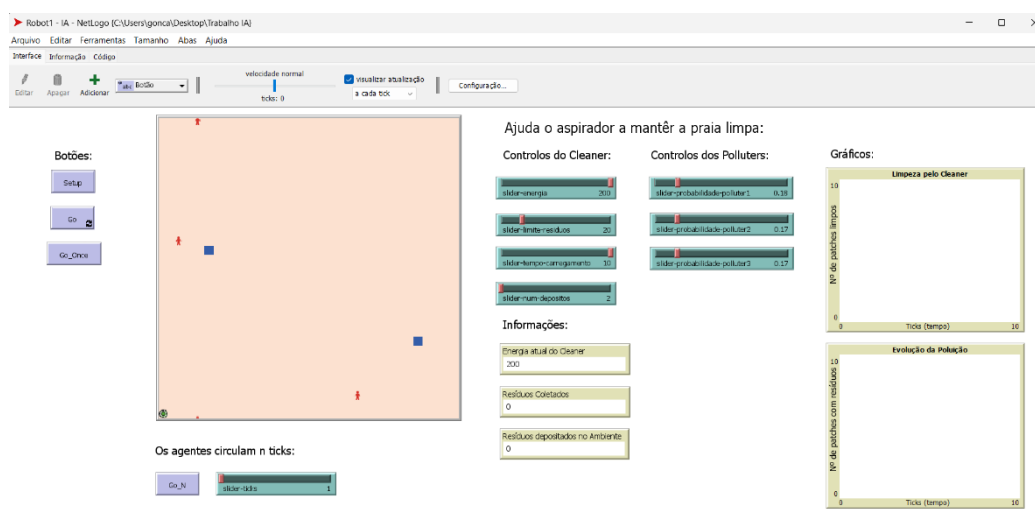


Figura 1- Interface do Robot1 Geral

3.1.2 Botões

Botões:



Figura 2 - Botões Setup, Go, Go_Once

Os agentes circulam n ticks:

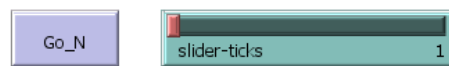


Figura 3 - Botão Go_N e Slider que define N ticks

Setup:

O botão Setup inicia o modelo, preparando o ambiente para a simulação. Ao ser ativado, este botão limpa as células do ambiente, garantindo que todas estejam em estado inicial. Além disso, posiciona o agente de limpeza, denominado Cleaner, e os agentes poluidores, chamados Polluters, em locais predeterminados. O botão também reinicia variáveis de contagem e o tempo, assegurando que a simulação comece a partir de uma configuração organizada e limpa.

Go_Once:

O botão Go_Once permite a execução de uma única atualização na simulação. Quando acionado, o modelo avança um tick, durante o qual os agentes realizam ações de acordo com as regras definidas. Esta funcionalidade é útil para observar as interações e mudanças no ambiente em um único passo, facilitando a análise do impacto de cada ação dos agentes.

Go_N:

O botão Go_N possibilita ao utilizador avançar a simulação por um número específico de ticks, conforme determinado por um parâmetro ajustável. Ao ser acionado, o modelo realiza atualizações equivalentes ao número de ticks especificado, permitindo uma análise mais abrangente da dinâmica do sistema ao longo de várias iterações. Esta funcionalidade é valiosa para estudar comportamentos emergentes em períodos definidos.

Go:

O botão Go inicia a simulação em modo contínuo, permitindo que os agentes se movimentem e interajam indefinidamente até que o utilizador decida interromper. Ao ser acionado, o modelo avança automaticamente a cada tick, possibilitando a observação das dinâmicas de poluição e limpeza ao longo do tempo. Esta funcionalidade é essencial para simulações em tempo real, onde se pretende analisar o comportamento do sistema de forma contínua.

3.1.2 Sliders

Ajuda o aspirador a mantêr a praia limpa:

Controlos do Cleaner:



Controlos dos Polluters:

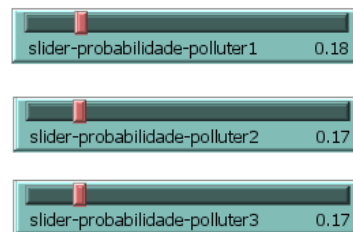


Figura 4 - Sliders (Cleaner e Polluter)

Taxa de Poluição dos Polluters:

Este slider permite ao utilizador ajustar a probabilidade de cada tipo de Polluter depositar resíduos em células limpas. A taxa de poluição varia entre 0 e 100%, permitindo simular diferentes cenários de contaminação. Um valor elevado indica uma maior frequência de deposição de resíduos, enquanto um valor reduzido diminui a atividade dos poluidores. Esta funcionalidade é crucial para analisar o impacto da poluição no ambiente ao longo do tempo.

Capacidade de Detritos do Cleaner:

O slider referente à capacidade de detritos do Cleaner define o número máximo de resíduos que o agente pode transportar antes de necessitar de descarregá-los. O utilizador pode ajustar este parâmetro conforme necessário, permitindo explorar como diferentes capacidades afetam a eficácia do Cleaner na remoção de resíduos. Um valor elevado possibilita ao Cleaner operar por períodos mais longos antes de retornar ao

contentor, enquanto uma capacidade reduzida exige que o agente faça descargas mais frequentes.

Energia do Cleaner:

Este slider controla a quantidade de energia inicial disponível para o Cleaner. A energia diminui a cada movimento que o agente realiza. Um valor alto de energia permite que o Cleaner se desloque e limpe mais células antes de precisar de reabastecer, enquanto um valor baixo limita a sua mobilidade e eficiência. Este parâmetro é fundamental para simular a gestão de recursos do agente de limpeza e as estratégias de operação em função da energia disponível.

Tempo de Carregamento:

O slider para o tempo de carregamento determina a duração necessária para recarregar a energia do Cleaner no posto de carregamento. O utilizador pode ajustar este valor, permitindo simular diferentes condições de operação e disponibilidade de recursos. Um tempo de carregamento curto possibilita um retorno rápido ao funcionamento, enquanto um tempo prolongado aumenta o tempo de inatividade do Cleaner, impactando a eficiência geral da limpeza.

Número de Contentores:

Este slider permite ajustar o número de contentores disponíveis para o descarregamento de resíduos. O utilizador pode definir entre 2 e 10 contentores, o que influencia a dinâmica do descarregamento dos detritos pelo Cleaner. Um maior número de contentores pode facilitar a operação do Cleaner, reduzindo o tempo necessário para descarregar os resíduos, enquanto um número reduzido aumenta a frequência de visitas ao mesmo local, afetando a eficiência do modelo.

3.1.3 Contadores

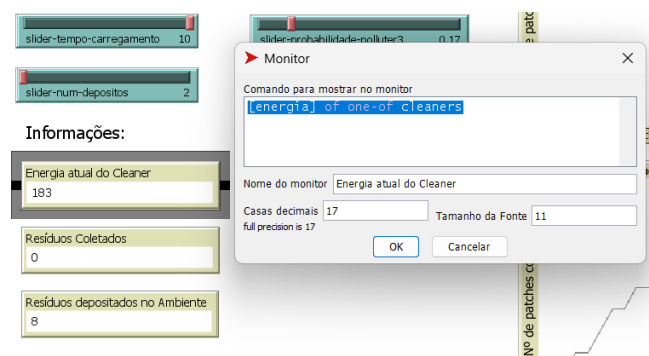


Figura 5 - Contadores

Número de Resíduos Limpos:

Este contador exibe a quantidade total de resíduos que o agente Cleaner conseguiu remover ao longo da simulação. Este valor é atualizado sempre que o Cleaner limpa uma célula contaminada. O monitoramento deste parâmetro permite avaliar a eficiência do agente na sua função de limpeza e fornece informações sobre o impacto das estratégias de poluição no ambiente.

Energia Restante do Cleaner:

O contador de energia restante indica a quantidade de energia disponível para o Cleaner em tempo real. Este valor diminui a cada movimento que o agente realiza. Acompanhar a energia restante é crucial para compreender a eficiência operacional do Cleaner e para identificar quando o agente precisa retornar ao posto de carregamento para reabastecer.

Número de Resíduos Depositados:

Este contador indica quantos resíduos foram depositados pelos Polluters durante a simulação. Esta métrica permite avaliar o nível de atividade dos poluidores e a eficácia do sistema em gerir a poluição. A monitorização deste parâmetro é essencial para compreender as dinâmicas de interação entre os agentes e para identificar tendências na deposição de resíduos ao longo do tempo.

3.1.4 Gráficos

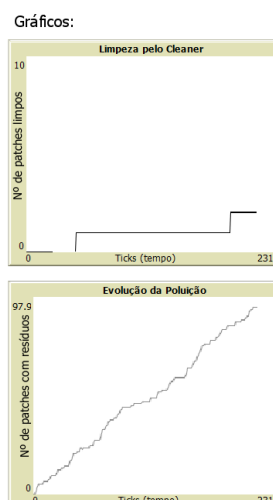


Figura 6 – Gráficos Poluição vs Limpeza

Gráfico de Resíduos Limpos ao Longo do Tempo:

Este gráfico apresenta a evolução do número de resíduos limpos pelo agente **Cleaner** em função do tempo decorrido (ticks). O eixo vertical representa a quantidade de resíduos removidos, enquanto o eixo horizontal indica o número de ticks. Este gráfico permite visualizar a eficiência do Cleaner na remoção de detritos ao longo da simulação, identificando padrões de desempenho em diferentes intervalos de tempo.

Gráfico de Resíduos Depositados pelos Polluters:

Este gráfico ilustra a quantidade total de resíduos depositados pelos agentes poluidores ao longo do tempo. O eixo vertical mostra o número de resíduos depositados, e o eixo horizontal representa os ticks. A análise deste gráfico permite compreender a dinâmica da poluição, bem como a relação entre a atividade dos Polluters e a capacidade do Cleaner em lidar com os resíduos acumulados.

3.2 Fase 2 (V2)

3.2.1 Interface (Geral)

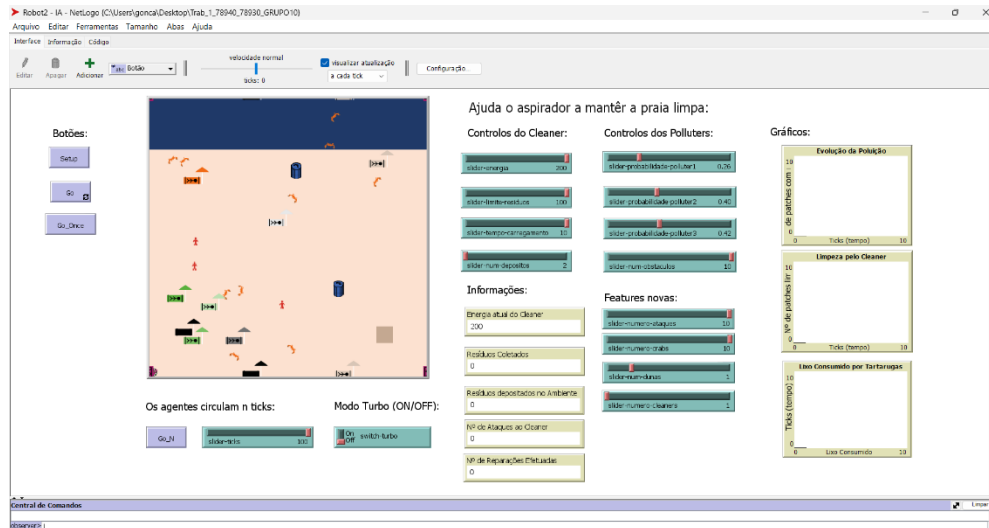


Figura 7 - Interface V2

3.2.2 Features novas

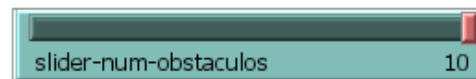


Figura 8 - Ambiente

Na imagem acima, é possível verificar o ambiente (praia) com novas features adicionadas. Uma delas é o retângulo no topo do mostrador, que simboliza o mar. Temos também caranguejos que atacam o cleaner, depósitos representados por um caixote-do-lixo e uma tartaruga que aparece aleatoriamente e ajuda o cleaner a remover lixo comendo-o. Os bonecos deitados na toalha com um guarda-sol são também obstáculos para o cleaner, tendo o mesmo que os contornar para circular pelo ambiente. Por último temos as dunas, que são simbolizadas por um quadrado

2x2 com uma cor diferente, estas reduzem a velocidade do cleaner e fazem com que gaste mais energia.

3.2.2.1 Novos Sliders



Features novas:

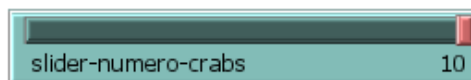


Figura 9 - Sliders novos

Slider-num-obstaculos: O slider é responsável por definir o número de obstáculos (bonecos deitados na toalha com guarda-sol). Os valores variam de 1 a 10.

Slider-numero-ataques: O slider é responsável por regular o número de ataques que o cleaner é capaz de aguentar antes de se deslocar para o posto de carregamento que também é agora um mecânico. O valor varia de 1 a 10.

Slider-numero-crabs: O slider é responsável por regular o número de caranguejos que nascem no ambiente. O valor varia de 0 a 10.

Slider-num-dunas: O slider é responsável por controlar o número de dunas geradas na praia. O valor varia de 0 a 5.

Slider-numero-cleaners: O slider é responsável por regular o número de cleaners que circulam o ambiente. O valor varia de 1 a 10.

3.2.2.2 Novos contadores

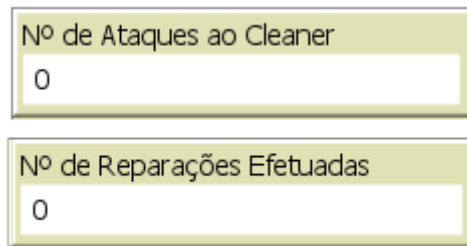


Figura 10 - Contadores novos

A imagem em cima revela os dois contadores adicionados na segunda fase do trabalho prático. Estes dois contadores são responsáveis por indicar o número de ataques ao cleaner, por tick, e o número de reparações efetuadas ao cleaner, respetivamente.

3.2.2.3 Novo gráfico

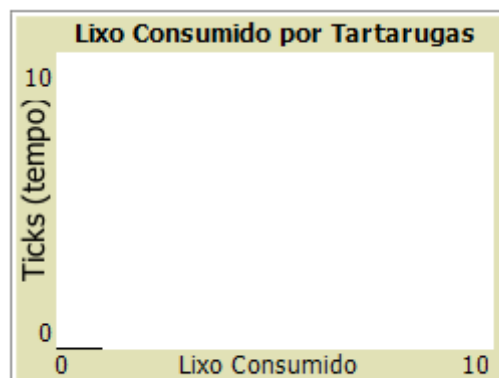


Figura 11 - Gráfico novo

O seguinte gráfico é responsável por indicar o número de Lixo Consumido pelo novo agente (Tartarugas). No eixo dos x, visualizamos o “Lixo Consumido” e no do y, o “número de ticks”.

3.2.2.4 Modo Turbo

Modo Turbo (ON/OFF):

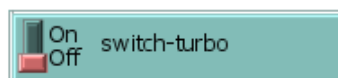


Figura 12 - Modo Turbo

O “Modo-Turbo” é uma das novas funcionalidades acrescentadas. É um switch responsável por dinamizar a forma de atuar do cleaner. Quando ativo, o cleaner tem um aumento significativo na sua velocidade e na sua capacidade de remover resíduos do ambiente. Estando inativo, o cleaner age normalmente.

4. Conclusão

Conclui-se que a simulação desenvolvida no Robot permitiu uma análise abrangente da interação entre agentes poluidores e um sistema de limpeza automatizado, evidenciando as complexidades envolvidas na gestão eficaz de ambientes poluídos. A capacidade de ajustar diversos parâmetros proporcionou uma visão clara do impacto que cada variável tem na eficiência do aspirador e na propagação da poluição, destacando a importância da otimização dos recursos e estratégias de limpeza.

Os resultados mostraram que a eficiência do sistema de limpeza depende não só da capacidade técnica do aspirador, como também da dinâmica dos poluidores no ambiente. A relação entre o consumo de energia, a taxa de recolha de poluentes, e a evolução da poluição indicou a necessidade de um equilíbrio cuidadoso para maximizar a eficácia do processo. A monitorização contínua através de gráficos e indicadores-chave permitiu acompanhar a evolução dos resultados e a tomada de decisões fundamentadas sobre a melhor forma de intervir.

De modo geral, a simulação evidenciou o potencial de sistemas automatizados na preservação ambiental, sublinhando a relevância de ajustes dinâmicos e decisões baseadas em dados para lidar com desafios complexos de poluição. A aplicação desta abordagem em cenários reais pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis e eficientes na manutenção de ambientes naturais.

5. Referências Bibliográficas

Ferber, J. (1999). Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence. Addison-Wesley.

Macal, C. M., & North, M. J. (2005). Tutorial on agent-based modeling and simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005, 14-23.

Railsback, S. F., & Grimm, V. (2019). Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction. Princeton University Press.

Russell, S., & Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall.

Wilensky, U. (1999). NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo. MIT Press.

Wooldridge, M. (2009). An Introduction to MultiAgent Systems. John Wiley & Sons.