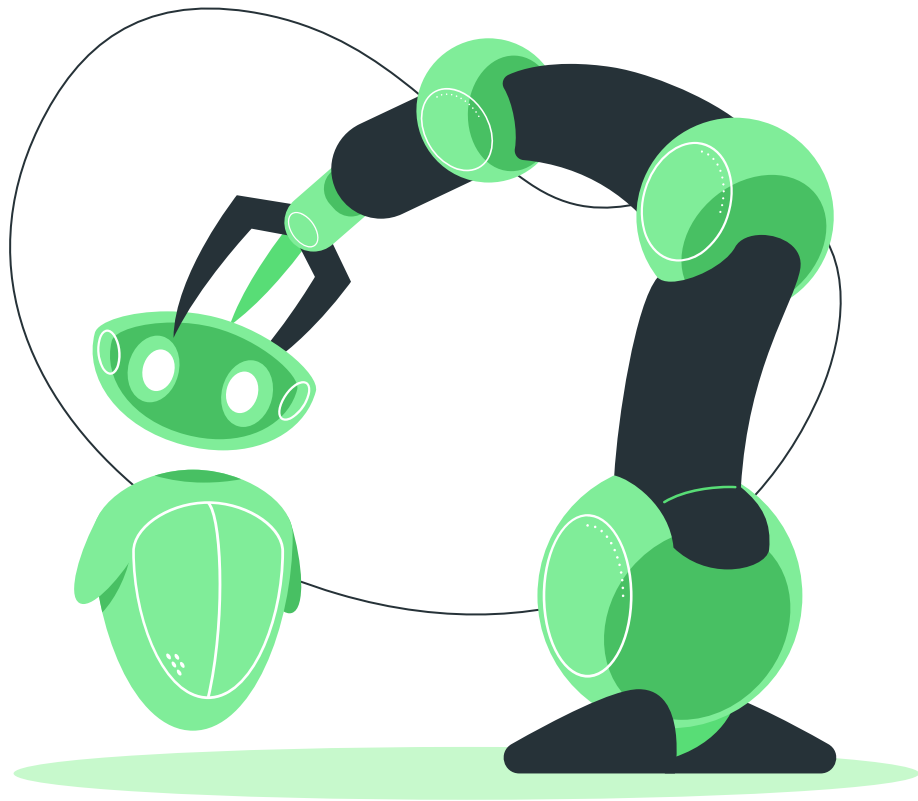


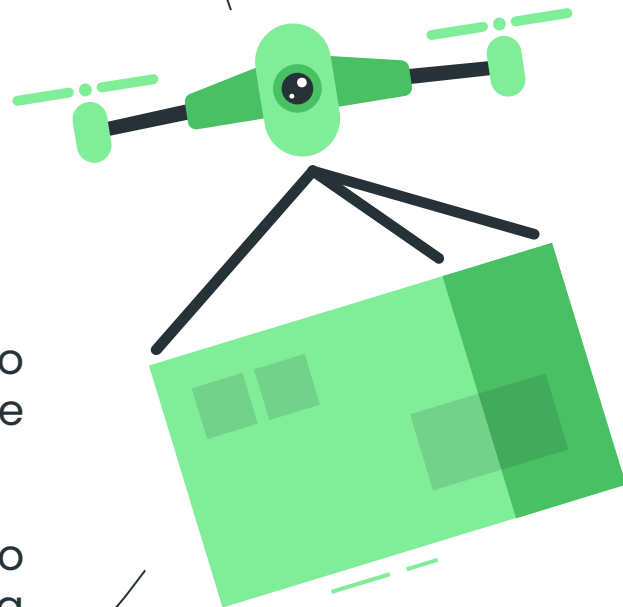
Multi-Agent Autonomous Waste Collection System



Introdução

Neste trabalho, temos como objetivo o desenvolvimento de um simulador de recolha de lixo, utilizando python e SPADE.

Este simulador deve utilizar comunicação entre agentes (bins e trucks) de modo a criar um sistema descentralizado, capaz de reagir a um ambiente dinâmico.



Aspetos Incorporados

Ambiente Dinâmico

Ambiente em constante atualização.
Número de trucks e bins facilmente alterável.

Presença de variáveis como trânsito, avarias, roadblocks, diferentes níveis de atualização do nível de lixo, etc.

Reações em Tempo Real

Os agentes reagem ao ambiente e às suas mudanças em tempo real.

Paragens no trânsito, roadblocks e outras variáveis levam a realocações da recolha do lixo.

CNP Robusto

Implementação de um ControlNet Protocol bastante robusto, adaptado a possíveis mudanças que possam ocorrer durante a comunicação.
Assegura uma distribuição correta das tasks.

Tratamento de Erros

Nenhum programa está completo sem a capacidade de lidar com eventuais erros.
Vários testes permitiram encontrar problemas como atribuição da mesma recolha a diferentes trucks, bins com falta de recolha, e mais.
Criamos métodos com o objetivo de lidar com estas situações.

Interface Gráfica

Visualização em tempo real do sistema.
Todos os aspetos são representados (bins, nível dos bins, necessidade de recolha, trucks, movimentos dos trucks, load/gas dos trucks, atrasos, trânsito, roadblocks, avarias, ...).

Agentes e Ambiente



Bin

O agente Bin verifica continuamente o seu nível de lixo (que aumenta uma quantidade aleatória, a cada período de tempo aleatório).

Quando a sua percentagem de lixo ultrapassa os 70%, emite um pedido de recolha a todos os camiões, iniciando o processo de negociação que permite atribuir a tarefa de recolha a um truck.



Truck

Este agente está continuamente à escuta de pedidos de recolha. Mal recebe uma mensagem de pedido de recolha, verifica a sua disponibilidade e, se se encontrar disponível, envia uma proposta. Caso seja aceite, vai até ao bin e recolhe o seu lixo.

Os trucks estão limitados pela sua quantidade de combustível disponível e espaço para lixo.



Depot

Local no centro do mapa que permite aos trucks descarregarem o seu lixo e reabastecerem combustível.

Os trucks dirigem-se a este local quando atingem um certo nível de combustível ou carga atual. Podem, também, aproveitar para fazer estas tarefas se passarem no depot a meio do trajeto de uma recolha.

Protocolo de Comunicação (CNP)

Bin

Medição constante do nível de lixo. Quando a percentagem de lixo chega ou ultrapassa 70%, cria-se um pedido de propostas (**Request For Bids**).

Espera constantemente por propostas e, mal recebe a primeira, espera 1 segundo pelas restantes. No fim, seleciona a melhor (**Select Bid**).

Espera constantemente pela confirmação de receção do prémio e, caso receba, fica à espera da chegada do truck definido, sem enviar mais RFBs (**Handshake**). Quando o truck chega, o lixo é recolhido (**Receive Results**).

Truck

Espera constantemente por pedidos de recolha. Mal receba um pedido, verifica se está disponível e, caso esteja, cria uma proposta (**Create Bid**).

Espera constantemente pelo “prémio” e, caso receba, confirma a receção do mesmo (**Confirm Award Contract**). De seguida, define o seu alvo e realiza o trabalho (**Perform Work**).

Send RFB

Send Bid

Award Contract

Send Confirmation

Send Results

Arquitetura e Estratégias

Com que frequência e com que quantidade de cada vez se enche o lixo?

É escolhido um valor aleatório (entre um mínimo, 1, e um máximo, 5) de quantidade de lixo para ser adicionado, a cada um período escolhido aleatoriamente (entre um mínimo, 3, e um máximo, 6).

Como se sabe se o bin pode enviar pedido de propostas?

Se tiver $\text{waste_percent} \geq 70\%$, se não estiver a meio de uma negociação (`inNegotiation`) e se não tiver um truck de recolha atribuído (`target_truck`).

Como se sabe se o truck pode enviar bid?

Se tiver espaço para a carga ($\text{carga atual} + \text{carga do lixo} \leq \text{espaço total}$), se tiver combustível suficiente ($\text{combustível atual} \geq \text{combustível necessário}$), e se ambos forem superiores ao nível de retorno ao depot (mais de 70% para a carga, menos de 40% para o combustível).

Como se escolhe a proposta?

Calcula-se o truck disponível com menor distância.

E se o truck precisar de ir ao depot?

Seja por excesso de carga ou falta de combustível, o truck verifica constantemente a sua necessidade de ir ao depot e, caso esteja a meio de uma recolha, avisa o bin para uma possível realocação da sua recolha.



Outros Mecanismos Relevantes

Trucks Presos



Quando implementámos uma heurística de criação de bids mais elaborada, que apenas aceitava RFBs quando o truck era capaz de fazer a viagem de ida ao bin e volta ao depot, por vezes os trucks ficavam presos em bins sem aceitar nenhuma outra RFB (não tinha combustível suficiente para ir ao próximo bin e voltar ao depot, mas também não atingiu o nível de retorno ao depot de 40% de combustível).

Heurística Naive



Optamos por usar uma heurística mais naive, onde o truck cria propostas apenas baseado na distância de ida ao bin. Os trucks podem ter de voltar ao depot a meio da viagem de ida, mas deste modo, nunca ficam presos ou inutilizáveis, melhorando a otimização do sistema.

Recolhas A Mais



Por vezes um só truck aceitava mais que uma recolha. Esta situação gerava dois problemas: um menor grau de otimização (outros trucks podiam recolher o lixo do segundo bin aceite), e bins que nunca eram recolhidos (devido a paragem do truck no trânsito, que não levavam a outra RFB pela parte do bin).

Handshake



Introdução do passo (handshake) no CNP. Este passo confirma a recolha por apenas um truck, e caso não receba confirmação em 2 segundos, envia outro RFB

Recolhas de Emergência



Implementação de um método que verifica se um bin foi ou não recolhido nos últimos 30 segundos, enviando uma RFB nova nos casos em que não houve recolha. Assim, nenhum bin fica sem recolha.

Parte Experimental

(testes e métricas de performance)

Testes		Constantes		Variáveis		Métricas	
Truck	Bin	Truck	Bin	Truck	Bin	Truck	Bin
1	3	Coordenadas iniciais (central depot)	Nível de lixo para pedido de recolha (70%)	-	Coordenadas (aleatórias para cada iteração do teste)	Quantidade de bins recolhidos	Quantidade de recolhas (normais, emergência)
2	6					Quantidade de lixo recolhido (total e médio)	Quantidade de realocações (devido a trânsito/depot, devido a falha de comunicação)
3	9	Capacidade total (500)	Capacidade total (100)		Quantidade inicial de lixo (0%-60%)	Quantidade de combustível consumido (total e médio)	
4	12	Combustível total (30)			Quantidade de lixo adicionada de cada vez (3-6)		Distância ao depot
5	15	Retorno ao depot (menos de 40% gas, mais de 70% lixo)			Período de tempo entre adição de lixo (1-5)	Quantidade de idas ao depot (voluntárias, de passagem, total)	Distância média aos restantes bins
							Tempo gasto em recolhas (total, médio)
							Tempo gasto em comunicações (total, médio)

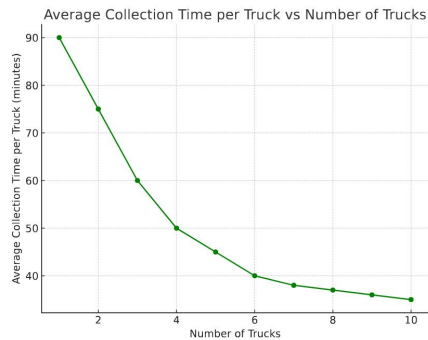
Nota: tamanho da cidade fixo (10x10) e coordenadas do central depot fixas (5,5).
Testes de 10 minutos, realizados 5 vezes para cada combinação de truck-bin (1-3, 2-6, ...)

Parte Experimental (resultados e análise)

Lixo: o aumento do número de bins e trucks traduz uma estabilização na quantidade total de lixo colhido por cada truck, sendo consumida a mesma quantidade de combustível

Emergências e realocações: poucos casos de recolha de emergência o que traduz uma boa comunicação entre bin-truck, garantindo uma recolha imediata após a atribuição da tarefa. O número de realocações aumenta juntamente com o número de bins/trucks, indicando um maior nível de trânsito e alguns (mas quase nulos) erros de comunicação.

Eficiência temporal: o tempo gasto em comunicações para cada recolha permanece semelhante, indicando uma boa otimização da comunicação. O tempo médio para cada recolha diminui ligeiramente com o aumento de bins/trucks, o que simboliza grande eficiência



Nota: ficheiro de texto com todos os resultados obtidos incluído na pasta zipada.

Conclusão

Sucesso na realização do trabalho. Próximos passos?

- melhor otimização (route planning, lista de alvos, diferentes heurísticas, ...)
- colher lixo de bins pelo caminho e bins não atribuídos
- reação a roadblocks