

UNIVERSIDADE DO MINHO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA
INFORMÁTICA

AGENTES INTELIGENTES

SISTEMA MULTIAGENTE PARA SOLUÇÃO
E RESOLUÇÃO DE CATÁSTROFES NATURAIS

Inês Alves (A81368)
José Pinto (A80741)
Ricardo Milhazes (A81919)

8 de Dezembro de 2019

Conteúdo

1	Introdução	2
2	Estado da Arte	3
3	Estrutura da Pasta do Projeto	4
4	Estratégia de Implementação	5
4.1	Política de Reabastecimento	6
5	Arquitetura (Agent UML)	8
5.1	Agent	9
5.1.1	Analyst	9
5.1.2	FireStarter	9
5.1.3	HeadQuarter	9
5.1.4	Fighter	10
6	Comunicação	11
6.1	Comunicar Incêndio	11
6.2	Avalia Combatente	12
6.3	Executa Combate a Incêndio	13
7	Implementação	14
7.1	Programação dos Agentes	15
7.1.1	Combatentes	15
7.1.2	Quartel	15
7.1.3	Incendiário	16
7.1.4	Analista	16
7.2	Interface	17
7.3	Decisões Tomadas	18
7.4	Análise dos Resultados e Obstáculos	18
8	Conclusões e Trabalho Futuro	19

1 Introdução

Como é conhecimento geral, a prevenção de incêndios é, cada vez mais, uma preocupação do ser humano e da comunidade bombeira. Com o objetivo de promover esta prevenção, foi-nos proposta, no âmbito da Unidade Curricular de Agentes Inteligentes do perfil de especialização de Sistemas Inteligentes, a implementação de uma arquitetura distribuída para a monitorização e resolução de catástrofes naturais, através da aplicação de vários sensores virtuais de captura de localização GPS, representados por agentes. Assim sendo, de modo a ir de encontro com as informações mencionadas previamente, o cenário escolhido para este projeto é um simulador de combate a incêndios florestais com o uso de veículos autónomos e inteligentes (terrestres e aéreos) e agentes participativos (quartel de bombeiros).

A implementação de Sistemas Multiagente permite a comunicação entre diferentes agentes através da troca de mensagens. Contudo, é necessário encontrar equilíbrio entre o número de agentes e o número de mensagens trocadas para que não ocorra o esquecimento de algum dos agentes, caindo em desuso ou até ocorrer o caso de não haver agentes suficientes para controlar a situação em questão.

Assim, no presente relatório, pretendemos mostrar todo o raciocínio que nos permitiu implementar um Sistema Multiagente de combate a incêndios, fazendo uso do JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*) para criar diversos agentes (Combatentes, Incendiários, etc...) e que interagem com o Quartel de Bombeiros, bem como a estratégia idealizada pelo grupo.

O objetivo desta implementação será sempre procurar garantir um ponto de equilíbrio entre a quantidade de agentes utilizados para o combate aos incêndios e a quantidade de agentes disponíveis no quartel, garantindo, ao mesmo tempo, que os incêndios ativos não se propagam, extinguindo-os.

2 Estado da Arte

De modo a sondar o estado da arte, no âmbito do nosso problema específico, será um bom exercício proceder da mesma forma em relação às áreas tecnológicas e científicas aqui em jogo, que são, obviamente, os sistemas multiagente e o combate aos fogos florestais.

Atualmente, os Sistemas Multiagente (SMA) são predominantemente utilizados para solucionar, por exemplo, problemas de comércio eletrónico (sobretudo trocas), modelação de estruturas sociais e de resposta a desastres, sendo este último o foco do nosso projeto. Estes sistemas são vistos como uma opção favorável porque, por vezes, permitem chegar a soluções muito superiores às atingidas com agentes individuais ou sistemas monolíticos. Sendo a comunicação entre os agentes um dos aspetos mais importantes nestes sistemas, foram feitos esforços no sentido de construir protocolos para este efeito, como por exemplo o FIPA. Para além disso, existem *frameworks* como o JADE que implementam, entre outros, o referido protocolo e facilitam o a programação orientada aos agentes.

Os fogos florestais sempre foram uma catástrofe de difícil controlo, devido à influência das condições climáticas e à disponibilidade de combustível nas áreas a ser consumidas pelos incêndios. Assim, sempre foi do interesse geral a descoberta de novas técnicas de combate aos fogos florestais, bem como do gasto eficiente de recursos como a água ou combustível. Até há pouco tempo, o combate aos fogos tinha de ser feito em veículos conduzidos ou aeronaves pilotadas, no entanto, com certos avanços tecnológicos verificados nos últimos anos, como por exemplo o aumento da vulgaridade de *drones*, cada vez mais estas tarefas são comandadas à distância ou mesmo parcialmente automatizadas. Hoje em dia, geralmente, as unidades de combate aos incêndios cumprem ordens de um quartel em que toda a informação recolhida no terreno converge, de modo a promover uma melhor gestão dos recursos disponíveis.

A utilização de sistemas com vários agentes autónomos no combate aos incêndios florestais não é ainda algo que podemos verificar no quotidiano. Apenas algumas experiências foram conduzidas neste sentido, agora que, com o avanço da Inteligência Artificial, a sua aplicação em cenários reais começa a ganhar tração. As experiências realizadas revelam potencial na formulação deste tipo de soluções, no entanto, o principal desafio tem sido a dificuldade em prever determinados fatores que ocorrem no mundo real mas não são tidos em conta nas simulações fulcrais para o desenvolvimento dos sistemas. A solução poderia passar por aplicar métodos de aprendizagem e extração de conhecimento nas situações reais de combate aos fogos tradicionais (recolhendo informação completa e verdadeira em tempo real), mas haveria sempre a contrapartida de não se poder testar em contexto real a aprendizagem a ser feita até a eficácia dos modelos estar comprovada.

Assim, e tendo também em conta as circunstâncias em que surge este projeto, a nossa abordagem será algo tradicional (um agente Central que representará o quartel e que coordena a ação dos diversos agentes de combate aos fogos), como poderemos ver na secção seguinte e ao longo do desenvolvimento da nossa solução tentaremos dotar progressivamente os nossos agentes de autonomia e comportamentos mais inteligentes.

3 Estrutura da Pasta do Projeto

Para um entendimento mais claro da estrutura do projeto, achamos por bem referenciar a estrutura da pasta do projeto. O projeto entregue contém para além do relatório, 5 pastas como é possível verificar na seguinte figura.

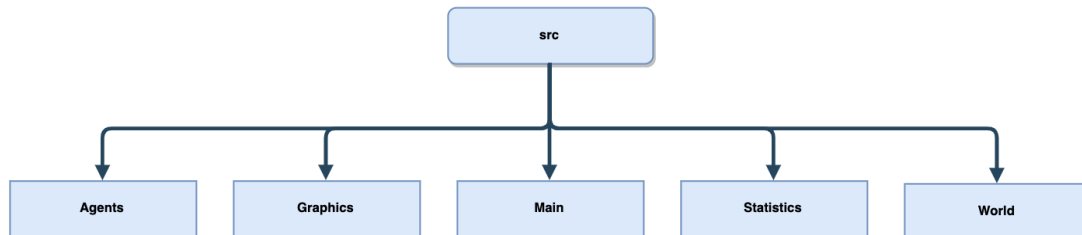


Figura 1: Estrutura da pasta

- **Agents:** *package* onde residem os agentes utilizados no projeto;
- **Graphics:** *package* onde residem todas as classes necessárias para a apresentação de uma interface gráfica, bem como as suas configurações;
- **Main:** *package* onde são inicializados os agentes e os *containers*, contendo a classe MainContainer;
- **Statistics:** *package* onde são guardadas todas as estatísticas relativas ao combate aos incêndios;
- **World:** *package* onde residem todas as classes que envolvem a criação do mapa, assim como classes que permitem guardar informações sobre os combatentes e incêndios.

4 Estratégia de Implementação

Com o objetivo de implementar a melhor estratégia possível para a simulação em questão, começamos por definir o raio de ação como o número de células a que um incêndio pode distar de um combatente, para que este o consiga extinguir (i.e., ter combustível suficiente para chegar ao incêndio e, posteriormente, reabastecer).

Posto isto, a simulação inicia-se com o incendiário a comunicar ao quartel de Bombeiros que ateou um fogo. Recebida esta informação, o quartel considera os combatentes que tem à sua disposição e cujo raio de ação envolva o incêndio em causa para o apagar. Então...

- **Se o fogo for pouco extenso** é enviado o combatente mais rápido no seu raio de ação;
- **Se o fogo for extenso** é enviado o combatente com maior capacidade de água, no sentido de tentar apagar o máximo de células danificadas.

Desta forma, o quartel comunica com o combatente que melhor se adequa à situação e e desta-o para combater o incêndio.

Assim, o agente cumpre a ordem recebida e tem agora que decidir que ação tomar a seguir:

- **Enquanto houver um incêndio numa célula adjacente**, e caso o agente disponha dos recursos mínimos (água para o apagar e combustível para chegar ao posto de abastecimento mais próximo), o agente desloca-se para a célula em questão e apaga o incêndio;
- **Caso não haja nenhum incêndio numa célula adjacente**, o agente comunica com a central, enviando a sua posição atual e a sua quantidade de recursos disponíveis, servindo esta comunicação para determinar a sua próxima ação.

A próxima ação do agente depende da existência, ou não, de incêndios ativos. No caso de haver incêndios ativos surgem 2 opções:

- **Se houver incêndios que o agente possa apagar**, isto é, se o agente tiver recursos disponíveis suficientes, volta a cumprir a ordem recebida pelo quartel, pelo que estamos perante um ciclo. Isto significa que, após cumprir a ordem, o agente volta a ter que escolher que ação tomar a seguir. Este processo repete-se até que o agente deixe de ter condições para o executar;
- **Se não houver incêndios que o agente possa apagar**, o quartel indica ao agente que deve reabastecer os seus recursos em falta.

Por outro lado, se, de momento, não existirem incêndios ativos, o quartel dá ordem aos combatentes que se encontrem no terreno para abastecerem os recursos em falta. O seguinte diagrama de atividade procura descrever este processo graficamente, de modo a facilitar o seu entendimento.

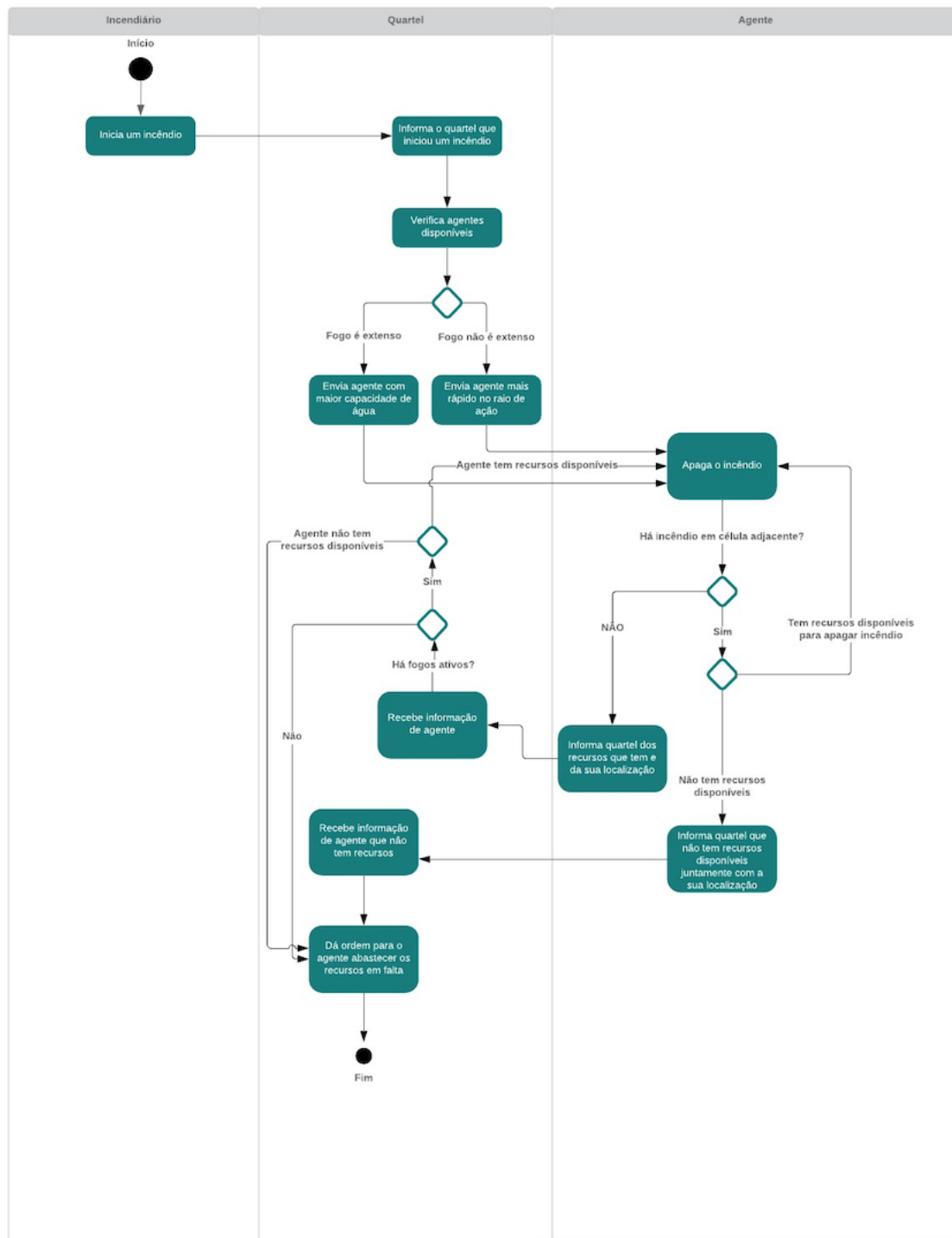


Figura 2: Diagrama de Atividade

4.1 Política de Reabastecimento

Por fim, é ainda importante falarmos da política de reabastecimento escolhida. Ora, quando um agente recebe ordem para reabastecer procura ter em conta diversos aspetos. Começa por procurar postos de abastecimento de combustível ao seu

alcance.

No caso deste precisar de abastecer o seu depósito de água, verifica se há algum caminho para um posto de abastecimento de combustível que passe por um posto de abastecimento de água:

- **Se houver**, opta por esse posto e dirige-se pelo caminho mais curto, passando por ambos os postos;
- **Se não houver**, dirige-se para o posto de abastecimento de combustível mais próximo de um posto de abastecimento de água;

No entanto, se o agente não precisar de abastecer o seu depósito de água, escolhe o posto de abastecimento de combustível a que possa chegar apagando mais incêndios pelo caminho.

5 Arquitetura (Agent UML)

A fim de tornar a percepção desta secção mais clara e dirigir o foco da atenção para as partes mais importantes, decidimos que o nosso diagrama de classes apresentaria os Agentes utilizados neste projeto, juntamente com as suas variáveis e comportamentos, já que o cerne do projeto é a comunicação entre agentes.

Tendo em conta a estratégia descrita decidimos criar os seguintes agentes: **Agent**, **Analyst**, **FireStarter**, **HeadQuarter** e **Fighter**.

Para além disso, decidimos, igualmente, criar subclasses para a classe *Fighter*. Foram definidas, então, as subclasses *Drone*, *Aircraft* e *Truck*.

Apresentamos assim o **Diagrama de Classes para Agentes** desenvolvido, bem como a explicação da funcionalidade de cada agente.

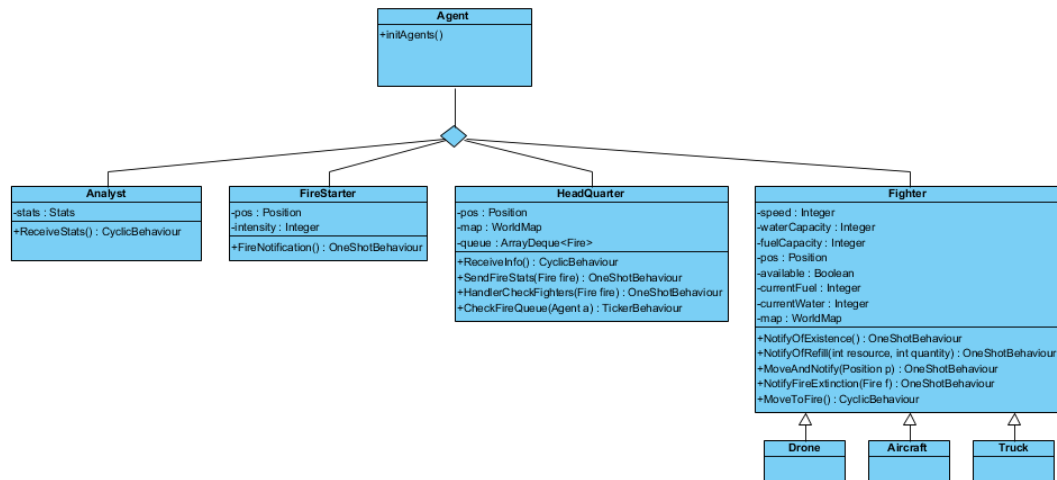


Figura 3: Diagrama de Classes para Agentes - Arquitetura do Software

5.1 Agent

O **Agent** refere-se à classe principal do projeto, sendo que vai tratar de toda a logística do mesmo.

Por outras palavras, é uma classe "subentendida" que vai inicializar todos os agentes participativos, bem como todos os *containers*. Todas as classes referidas a seguir são subclasses desta.

5.1.1 Analyst

O **Analyst**, como requisitado no enunciado do projeto, é um agente que vai analisar a performance dos agentes responsáveis por combater os incêndios. Através dele vamos poder, de certa forma, avaliar a qualidade da estratégia implementada e verificar se os agentes estão a funcionar de acordo com o esperado.

5.1.2 FireStarter

O **FireStarter** será um agente que se ocupará de iniciar incêndios e informar o quartel da posição da célula que queimou, assim como da gravidade do incêndio que acabou de atear.

5.1.3 HeadQuarter

O **HeadQuarter** refere-se ao agente que vai realizar a maior parte das comunicações, pelo que é importante destacar a sua relevância. As tarefas do *Head-Quarter* são bastante relevantes para que a estratégia definida seja realizada com sucesso.

De uma forma resumida, este agente irá receber a informação do início de um incêndio e, dependendo das variantes já mencionadas na secção 2, irá definir o agente combatente do incêndio e informá-lo da ação/ações que tem de realizar. Também estará sempre atualizado relativamente aos recursos que cada combatente tem, sendo que esta informação é indispensável ao bom funcionamento da estratégia, dado que é também uma prioridade.

Isto obriga o **HeadQuarter** a estar em constante comunicação com os outros agentes, a ter a informação relativamente ao mapa sempre atualizada e uma variável que lhe permita observar os incêndios ainda ativos.

5.1.4 Fighter

Quer seja a informar o quartel do resultado das ações realizadas, dos recursos e da sua disponibilidade ou a receber ordens de ação, é importante que este agente esteja sempre em constante comunicação com o quartel, demonstrando uma presença bastante ativa no sistema.

Todos os combatentes têm uma velocidade, uma capacidade de água (atual e total), uma capacidade de combustível (atual e total), uma posição associada, uma disponibilidade e acesso ao mapa, sendo que algumas destas características variam de acordo com o **combatente** em questão.

- **Drone:** é o mais rápido de todos ($4 \times x$), mas, em contrapartida, tem uma capacidade de combustível (5) e uma capacidade de água (2) mais reduzida comparativamente aos outros combatentes;
- **Truck:** os camiões são mais equilibrados, tendo uma velocidade ($2 \times x$), uma capacidade de combustível (15) e uma capacidade de água (10) bastante razoável;
- **Aircraft:** é o combatente mais lento de todos ($1 \times x$), mas tem uma capacidade de combustível (20) e uma capacidade de água (15) muito maiores, quando comparado com os outros combatentes.

6 Comunicação

Para ser possível explicar todo o processo de comunicação entre agentes, decidimos criar um **Diagrama de Sequência** para cada *Use Case* que consideramos indispensável, de modo a que a nossa estratégia seja implementada na íntegra.

6.1 Comunicar Incêndio

O grupo decidiu, mediante a estratégia definida, criar um diagrama em que, não só o incendiário comunica e informa sobre a gravidade do incêndio, como o quartel avalia todos os combatentes para determinar aquele que se adequa melhor ao combate do incêndio em causa. Adicionalmente, comunica com o analisador, enviando-lhe dados sobre o incêndio em questão.

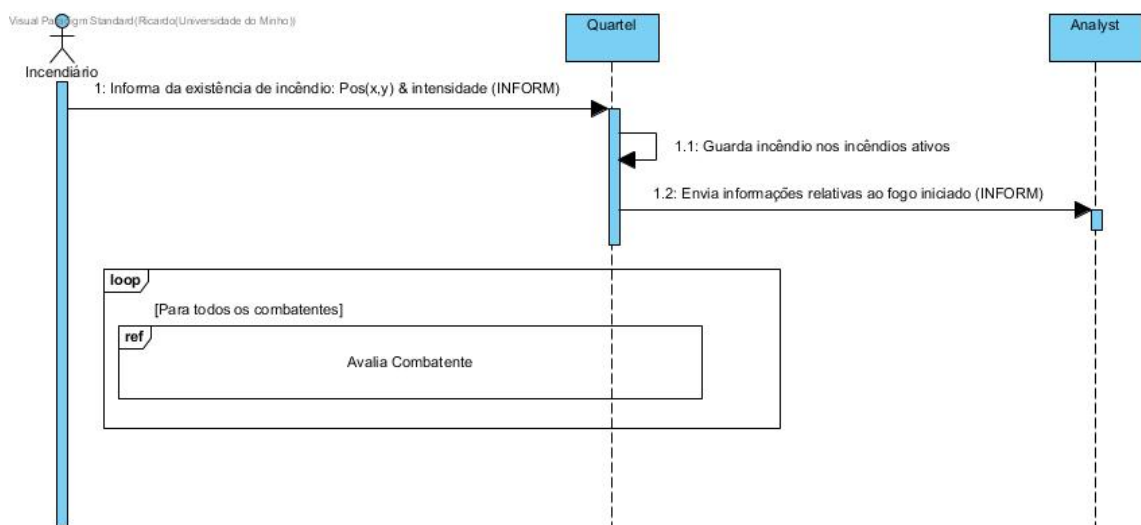


Figura 4: Diagrama de Sequência - Comunicar Incêndio

6.2 Avalia Combatente

Ora, para podermos definir o combatente de um determinado incêndio temos que estar informados sobre os seus recursos e a sua disponibilidade, daí termos contruído outro Diagrama de Sequência que representa o processo da avaliação das variantes que determinam o melhor combatente.

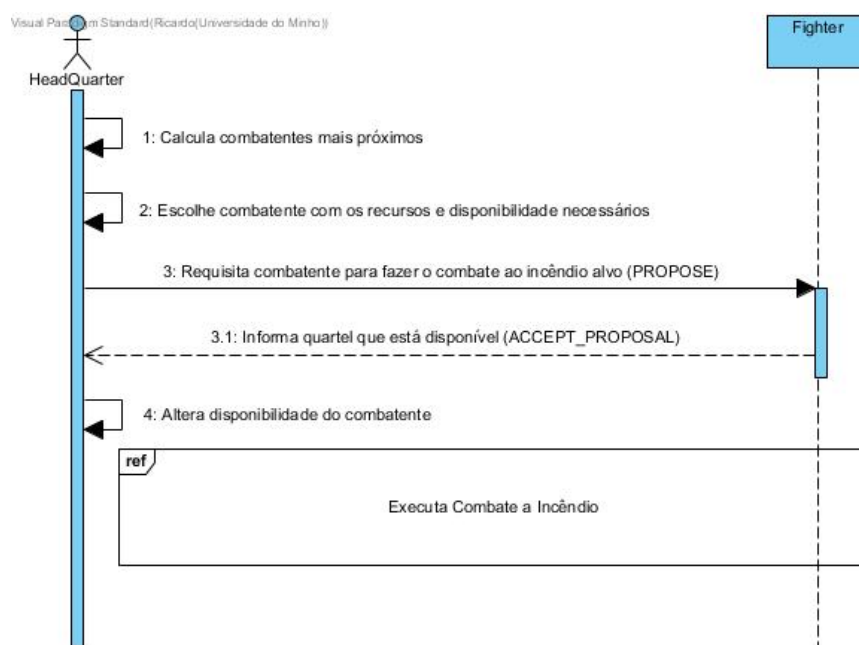


Figura 5: Diagrama de Sequência - Avalia Combatente

6.3 Executa Combate a Incêndio

Este diagrama mostra aquilo que o combatente é capaz de fazer de uma forma autónoma. Mantendo sempre a comunicação entre ele e o quartel, é possível manter a coesão estratégica e comunicar com o agente analisador para que este esteja sempre atualizado.

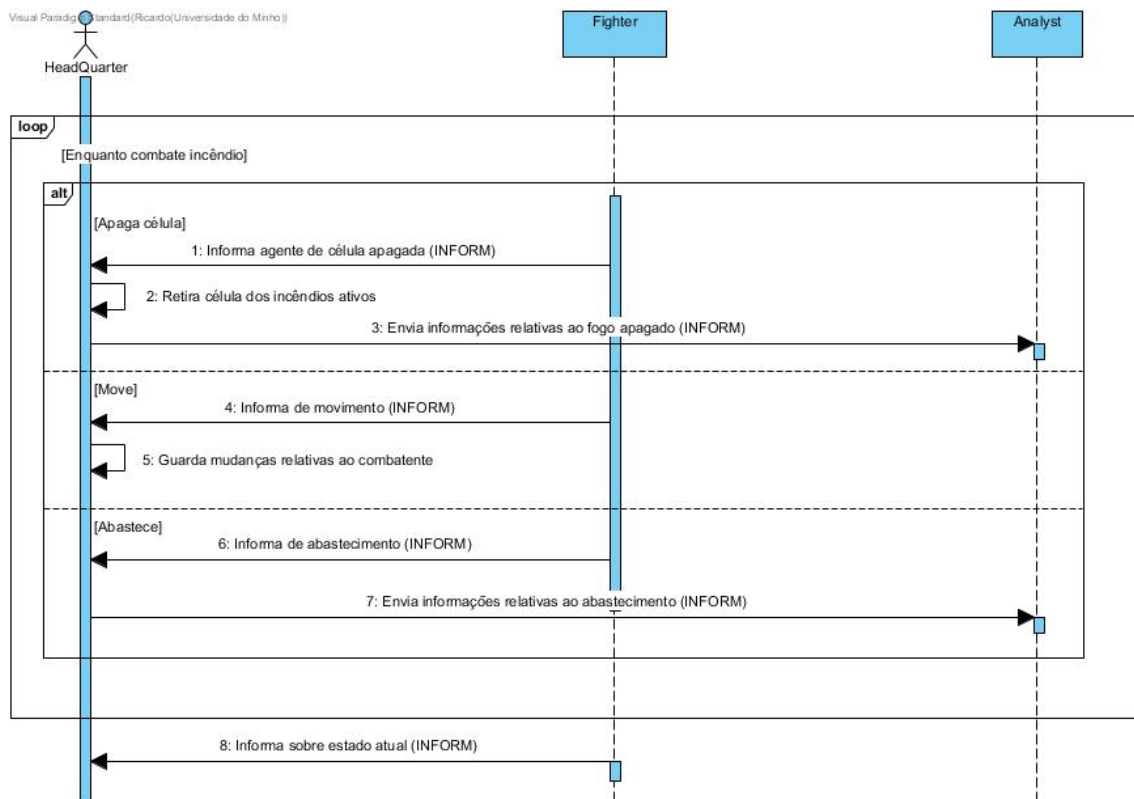


Figura 6: Diagrama de Sequência - Executa Combate a Incêndio

7 Implementação

Após a definição da estratégia e de toda a especificação, o grupo iniciou a fase de implementação. Esta fase pode ser dividida em duas tarefas fundamentais: **Programação dos Agentes e Interface**.

A nossa abordagem a este problema, como podemos verificar na estratégia apresentada anteriormente, privilegia a constante comunicação com o quartel em detrimento da autonomia dos agentes de combate aos incêndios. Assim, o funcionamento da nossa implementação pode descrever-se, de uma perspetiva geral, do seguinte modo:

- O agente Incendiário surge no mapa de maneira periódica e aleatória, comunicando ao Quartel sobre o fogo que ateou;
- O Quartel mantém uma fila de espera à qual vão sendo adicionados os fogos, à medida que surgem;
- O Quartel, periodicamente, pega no primeiro incêndio da fila e atribui a tarefa do seu combate ao agente mais próximo que esteja em condições de chegar ao fogo (combustível suficiente);
- Os Combatentes, que recebem periodicamente propostas por parte do Quartel para combater os incêndios, podem aceitar ou recusar mediante a sua situação de recursos ou a sua ocupação atual;
- Caso o Combatente aceite a proposta do Quartel, comunica-o e começa a movimentar-se em direção ao incêndio;
- Em cada passo do caminho percorrido pelo Combatente, este verifica se a célula do mapa onde se encontra contém recursos ou está incendiada. Caso haja recursos, o agente reabastece mediante os recursos disponíveis (água ou combustível). Caso haja um incêndio e o agente possua água suficiente, este apaga-o;
- De cada vez que um combatente muda de posição, abastece-se de um recurso ou apaga um incêndio, notifica o Quartel, de modo a que este se mantenha atualizado sobre o estado dos agentes e do mapa;
- Quando o agente chega ao incêndio que lhe foi atribuído pelo Quartel e o apaga, se ainda dispuser dos recursos suficientes, procede a apagar eventuais incêndios adjacentes;
- Após terminar estas tarefas, o agente dirige-se às células mais próximas onde possa reabastecer-se dos recursos em falta;
- Finalmente, o Combatente volta a estar disponível para aceitar pedidos de combate a incêndios;

- Sempre que o Quartel recebe alguma informação relativa ao surgimento ou extinção de um incêndio, ou ainda ao reabastecimento por parte de algum agente, este retransmite a comunicação para um agente Analista que procede a registrar essa informação para fins estatísticos.

7.1 Programação dos Agentes

7.1.1 Combatentes

De modo a implementar estas funcionalidades nos combatentes, definimos os Drones, Aeronaves e os Camiões como subclasses de uma classe Combatente (que generaliza o comportamento destes agentes).

Para estes agentes, definimos os seguintes comportamentos JADE:

- `NotifyOfRefill` extends `OneShotBehaviour`
- `NotifyOfState` extends `OneShotBehaviour`
- `NotifyFireExtinction` extends `OneShotBehaviour`
- `MoveToFire` extends `CyclicBehaviour`
- `MoveAndNotify` extends `OneShotBehaviour`

Os três primeiros consistem em, respetivamente, notificar do reabastecimento de um recurso, notificar da mudança de estado do agente (quando este se move ou passa a estar disponível para combater outros incêndios), e notificar aquando da extinção de um incêndio.

O quarto, que adota um comportamento cíclico, consiste na receção cíclica de propostas de combate a incêndios.

O quinto comportamento implementa o movimento. Decidimos implementá-lo recursivamente (e por isso apenas precisa de ser um `OneShotBehaviour`) de modo que deixa de efetuar chamadas recursivas quando terminam as tarefas que o agente efetua autonomamente.

Quanto aos comportamentos de comunicação, decidimos reparti-los assim de modo a tornar a comunicação tão simples e modular quanto possível.

7.1.2 Quartel

O Quartel possui os seguintes Behaviours:

- `ReceiveInfo` extends `CyclicBehaviour`
- `CheckFireQueue` extends `TickerBehaviour`
- `HandlerCheckCombatentes` extends `OneShotBehaviour`
- `SendFireStats` extends `OneShotBehaviour`

O primeiro consiste na receção cíclica de mensagens por parte de outros agentes (Combatentes ou Incendiário), e posterior atualização da sua base de conhecimento sobre o ambiente.

O segundo corresponde à cíclica avaliação da fila em que o Quartel tem registados os fogos que ainda não estão a ser combatidos.

O terceiro é despoletado pelo segundo e consiste na tentativa de alocar um incêndio a um combatente.

O quarto resume-se à retransmissão de uma determinada mensagem recebida para o Analista, de modo a manter as estatísticas atualizadas.

7.1.3 Incendiário

O incendiário apenas está dotado de um comportamento: `FireNotification` `extends OneShotBehaviour`.

Este comportamento consiste em comunicar ao Quartel que ateou um fogo (transmitindo a sua própria instância através do método do JADE `setContentObject()`).

7.1.4 Analista

O analista também apenas está dotado de um comportamento: `ReceiveStats` `extends CyclicBehaviour`.

Este consiste em simplesmente receber informação e enriquecer as suas estatísticas.

7.2 Interface

De modo a podermos acompanhar e facilmente visualizar a execução do ambiente com os agentes qe implementámos, desenvolvemos também uma simples interface gráfica recorrendo à biblioteca *Swing*, de modo a apresentar uma representação do mapa e as estatísticas recolhidas.



Figura 7: Interface gráfica desenvolvida

7.3 Decisões Tomadas

É ainda importante referir determinadas decisões que tomámos em relação à formulação do problema, de modo a melhor explorar os objetivos do projeto e as capacidades das ferramentas que utilizámos.

Assim, para podermos visualizar em tempo real o estado do ambiente, decidimos adotar uma dimensão para o mapa bem menor do que 200 por 200 unidades. Mais à frente iremos referir as experiências que fizemos relativamente a esta dimensão.

Decidimos também tornar as posições dos postos de abastecimento aleatórias, de modo a criar uma solução mais generalizada (sem tomar, mesmo que não intencionalmente, partido de pressupostos desse género).

Ajustámos as capacidades de recursos dos agentes de modo a que estes conseguissem movimentar-se entre os diferentes postos de abastecimento.

7.4 Análise dos Resultados e Obstáculos

De uma maneira geral, obtivemos resultados dentro do esperado.

Para mapas de pequenas dimensões, os incêndios demoram pouco tempo a ser extintos e nunca se propagam muito, revelando uma eficiência positiva no combate aos mesmos.

Para mapas de média dimensão, surgem certos obstáculos como zonas com baixa densidade de postos de abastecimento, que tornam bastante mais difícil o combate aos incêndios, uma vez que os agentes não têm tanta liberdade de movimento e acabam por ter um comportamento bastante ineficiente. Um bom exemplo disso é a figura 7 (na subsecção acima), em que há um incêndio de moderada dimensão no canto inferior esquerdo do mapa porque os agentes não conseguem chegar às células nesse extremo (devido à falta de postos de abastecimento).

Para mapas de grande dimensão (que testámos sem a representação gráfica do mapa), torna-se bastante difícil o combate aos incêndios devido à distribuição dos agentes pelo mapa.

O maior obstáculo que verificámos foi a distribuição dos postos de abastecimento que (por ser aleatória), pode afetar fortemente a capacidade deste conjunto de agentes circular no mapa ou mesmo sequer estar ao alcance de determinados incêndios.

8 Conclusões e Trabalho Futuro

A realização deste trabalho envolveu todo o processo de caracterização necessário ao desenvolvimento de um Sistema Multiagente para a resolução de um problema de Combate a Incêndios e a sua implementação.

Para começar, foi feita uma contextualização do problema que permitiu compreender melhor os domínios concretos em que o problema estava inserido, bem como dos vários atores que constituem o sistema. Por outro lado, esta especificação permitiu-nos concluir que o modelo a ser implementado corresponde a um Sistema Multiagente aberto e colaborativo.

Em seguida, foram definidos os conceitos chave do sistema e elaborado um estado de arte sobre os agentes e as suas aplicações, abordando as suas diferentes propriedades e características.

Estando identificados todos os agentes essenciais para a aplicação, o passo seguinte passou por desenhar um esquema que demonstrasse a arquitetura do sistema proposto. Deste modo, foi possível assimilar as diferentes interações entre os agentes, auxiliando também na elaboração dos protocolos de comunicação, onde foi estabelecida um conexão entre as diferentes comunicações e as *performatives* da norma FIPA/ACL.

O grupo elaborou, então, uma solução com valores iniciais de modo a permitir interpretar uma primeira reação do sistema e assim compreender os pontos onde este poderia ser melhorado no futuro. Com base em vários testes realizados, foram identificadas várias lacunas que podem acontecer frequentemente neste tipo de sistemas. Assim, foi necessário desenvolver um conjunto de solução para a resolução destes mesmos problemas, garantindo a correta execução do sistema.

Assim, com toda a estratégia delineada, podemos passar à implementação dos agentes identificados para o projeto. Todas as comunicações e interações anteriormente identificadas, foram modeladas representando os diversos comportamentos de cada agente.

Por último, foram analisados os resultados obtidos, sendo estes alcançados com sucesso uma vez que todo o equilíbrio do sistema foi garantido.

Futuramente, pode ser melhorada a estratégia de maneira que a ação dos agentes não seja tão fortemente afetada pelos recursos distribuídos pelo mapa (por exemplo através da implementação de mecanismos de partilha de recursos, ou mesmo de depósito de recursos estrategicamente ao longo do mapa, de modo a possibilitar o alcance de células inacessíveis de outra forma).

Em suma, sentimos que o objetivo de consolidar os conceitos aprendidos ao longo do semestre foram cumpridos com êxito. Para trabalho futuro, pretendemos explorar a hipótese de implementar outras ferramentas também lecionadas, como JESS. Para este trabalho, a utilização da ferramenta JADE mostrou-se bastante útil, uma vez que se trata de uma ferramenta bastante completa e bem documentada, onde o grupo de pôde apoiar para desenvolver este projeto. O FIPA/ACL também facilitou a execução do trabalho, já que permite a realização de comunicações deste um nível baixo a um nível alto de complexidade.