

# EPICENTER TEAM DESCRIPTION PAPER

ABEL CORRÊA\*, ALESSANDRO D. VECCHIA\*, ANDERSON R. TAVARES\*, CRISTIANO GALAFASSI\*,  
GABRIEL DE O. RAMOS\*, LUIZ H. D. SOUZA\*, RICARDO GRUNITZKI\*, ANA L. C. BAZZAN\*

*\*Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre, RS, Brasil*

Emails: `acorreia@inf.ufrgs.br`, `advecchia@inf.ufrgs.br`, `artavares@inf.ufrgs.br`,  
`cgalafassi@inf.ufrgs.br`, `goramos@inf.ufrgs.br`, `lhdsouza@inf.ufrgs.br`,  
`rgrunitzki@inf.ufrgs.br`, `bazzan@inf.ufrgs.br`

**Abstract**— The present work presents the methodology proposed by the team Epicenter for the multiagent simulator RoboCup Rescue. The methodology is centered in map setorization, agente allocation to sectors, routing based in roads priorities and in the firefighting supported by a neural network. Besides, priority queues are used for the rescue of civilians, where we try to estimate if the buried civilian has chances of surviving, with the goal of increasing the number of rescued civilians.

**Resumo**— O presente trabalho tem o objetivo de apresentar a metodologia proposta pela equipe Epicenter para o simulador multiagente Robocup Rescue. A metodologia está centrada em técnicas de setorização de alocação dos agentes ao setores, roteamento com base na priorização de limpeza das vias e no controle e combate a incêndios, apoiado por uma rede neural. Além disso, são utilizadas filas de prioridade para o resgate de civis onde busca-se estimar se o agente soterrado tem chance de sobreviver, objetivando aumentar o número de civis resgatados.

## 1 Introdução

Operações de resgate em situações de desastre (como terremotos, inundações, furacões, entre outros) são uma questão social séria. Essas operações envolvem diversos agentes (policiais, bombeiros, paramédicos, entre outros) em um ambiente hostil: construções desabam, ruas ficam bloqueadas, fornecimento de água e eletricidade fica comprometido e meios de comunicação operam com limitações, tornando escassas e imprecisas as informações sobre o problema.

Situações assim requerem sistemas que possam criar planos robustos, dinâmicos e inteligentes de busca e resgate que auxiliem o esforço humano. Tendo isso em vista, o simulador de desastres RoboCup Rescue (?) provê um ambiente para programação de times de agentes virtuais para promover pesquisa e desenvolvimento no campo de coordenação em sistemas multiagente. No simulador, times de bombeiros, paramédicos e policiais devem se coordenar para minimizar os problemas causados a uma cidade por um terremoto.

Este artigo apresenta a metodologia adotada pela equipe Epicenter para programação dos times de agentes, com foco na divisão do mapa em setores, a alocação de agentes para cada setor e os métodos empregados para cálculo de rotas, que consideram os setores que foram determinados no mapa.

Os agentes são modelados com base em estratégias gerais e específicas. As estratégias gerais de-

finem o comportamento comum dos agentes, como por exemplo, método de locomoção, exploração, setorização e distribuição dos agentes entre os setores. As estratégias específicas descrevem como cada grupo de agentes (ambulâncias, bombeiros e policiais) irá atuar.

Na Seção 2 são apresentadas as estratégias gerais: setorização (Seção 2.1), alocação dos agentes (Seção 2.2), roteamento (Seção 2.3), exploração (Seção 2.4) e comunicação (Seção 2.5). Em seguida, na Seção 3 são descritas as estratégias específicas de cada grupo de agentes: ambulâncias (Seção 3.1), bombeiros (Seção 3.2) e policiais (Seção 3.3). Ao final, na Seção 4 são discutidas as considerações finais acerca das estratégias implementadas.

## 2 Estratégia Geral

Nessa seção são discutidas as estratégias genéricas aplicadas a todos os agentes. Inicialmente é abordado o processo de setorização (Seção 2.1), que tem por objetivo delimitar os setores para que os agentes possam ser alocados (Seção 2.2) com base na importância do setor. Outro papel importante da setorização se relaciona com a técnica de roteamento (Seção 2.3), a qual busca traçar rotas priorizando a expectativa do estado da via em relação a distância. Espera-se que a priorização da limpeza de determinadas vias faça com que, em geral, os agentes se desloquem mais rapidamente, se comparado com o caminho mais curto, devido a trechos bloqueados.

## 2.1 Setorização

A setorização consiste em dividir o mapa em quatro setores, de modo que os agentes possam ser alocados a cada setor conforme sua importância (descrito na Seção 2.2). Devido ao tempo gasto para realizar essa tarefa, o processo é realizado no pré-processamento, de modo que os agentes saibam dessa informação quando iniciarem a simulação.

Para delimitar os setores, selecionam-se 4 pontos: Norte, Sul, Leste e Oeste. Em seguida, obtém-se os nós do grafo do mapa mais próximos a esses pontos. Por fim, utiliza-se o método de busca em largura para traçar 2 rotas: Norte para Sul e Leste para Oeste. Essas rotas aparecem destacadas no mapa de Kobe (Figura 1).

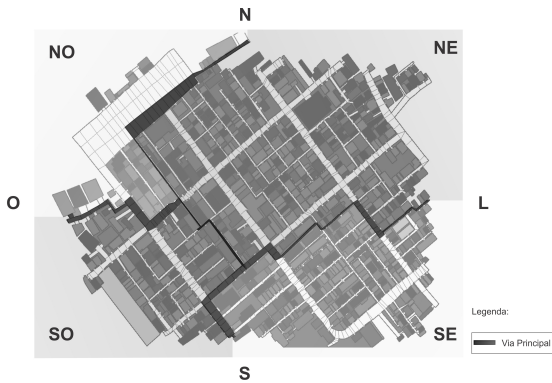


Figura 1: Vias Principais no mapa Kobe.

Após a identificação dos limites de cada área, aloca-se cada entidade (ruas, construções, refúgios, hidrantes e postos de combustíveis) a seus respectivos setores. Os agentes também serão alocados proporcionalmente aos setores, conforme descrito na Seção 2.2.

## 2.2 Alocação dos Agentes

Dada a divisão do mapa em setores, é necessário alocar adequadamente os agentes de acordo com a importância de cada setor. A alocação dos agentes é realizada na etapa de pré-processamento e também durante a simulação. A alocação durante a simulação é relevante porque a importância de um setor pode mudar durante a simulação devido ao aparecimento ou desaparecimento de problemas.

Cada setor possui uma importância para cada tipo de agente (ambulâncias, bombeiros ou policiais). A importância de um setor para um tipo de agente é um valor numérico atribuído de acordo com os problemas daquele setor com os quais os agentes daquele tipo têm que lidar. Em seguida, a quantidade de agentes de cada tipo é calculada para cada setor, com base na importância do setor em relação aos demais.

Durante a etapa de pré-processamento, existem apenas informações estáticas sobre o ambiente (como a localização de refúgios, prédios, postos de combustíveis e hidrantes, por exemplo). Nessa etapa, cada tipo de agente calcula a importância de um setor da seguinte forma:

- **Bombeiros:** quantidade de construções e quantidade de postos de combustíveis. Atribui-se inicialmente maior importância a setores onde há maior potencial de propagação de incêndios;
- **Policiais:** quantidade de refúgios e hidrantes. Atribui-se inicialmente maior importância a setores onde recursos estratégicos estão posicionados;
- **Ambulâncias:** quantidade de construções. Atribui-se inicialmente maior importância a setores onde há maior probabilidade de haver civis soterrados e supõe-se que esta probabilidade aumente com o número de construções de um setor.

Durante a simulação, os agentes coletam informações sobre os problemas do ambiente (bloqueios, incêndios e civis feridos). Assim, cada agente calcula a importância de um setor da seguinte forma:

- **Bombeiros:** quantidade de postos de combustíveis e quantidade de prédios em chamas. Mais bombeiros devem ser alocados onde há mais incêndios, e além disso os postos de combustíveis devem ser protegidos.
- **Policiais:** quantidade de bloqueios em vias estratégicas. Atribui-se maior importância a setores onde recursos estratégicos (como refúgios e hidrantes) estão bloqueados.
- **Ambulâncias:** quantidade de civis soterrados. Atribui-se maior importância a setores onde há maior número de civis soterrados.

O cálculo do percentual de agentes de cada tipo que deve estar em cada setor é descrito a seguir. Seja  $S$  o conjunto de setores do mapa,  $a_s$ ,  $b_s$  e  $p_s$  o valor numérico que representa a importância de cada setor  $s$  para as ambulâncias, bombeiros e policiais, respectivamente. O percentual de agentes que deve estar em cada setor é proporcional à importância de um setor em relação ao somatório das importâncias. A Eq. 1 formaliza o cálculo do percentual de agentes em cada setor.

$$\begin{aligned}
\%ambulancias_s &= \frac{a_s}{\sum_{s \in S} a_s} \\
\%bombeiros_s &= \frac{b_s}{\sum_{s \in S} b_s} \\
\%policiais_s &= \frac{p_s}{\sum_{s \in S} p_s}
\end{aligned} \tag{1}$$

O cálculo descrito na Eq. 1 é feito pelas centrais, de acordo com as informações que os agentes repassaram a elas. Após o cálculo, as centrais notificam os agentes que devem mudar de setor para que o percentual calculado de agentes em cada setor seja obtido.

### 2.3 Roteamento

O roteamento utilizado consiste em montar a rota com base em uma separação hierárquica das vias. Na setorização identifica-se os limites dos setores como sendo duas rotas (Norte-Sul e Leste-Oeste). Uma vez que elas sempre irão se encontrar em algum ponto, podem levar um agente de um setor para outro, sendo assim, consideramos essas duas rotas como as vias principais. Além disso, definimos como vias secundárias o conjunto de rotas que leva os refúgios e postos de combustíveis até o ponto mais próximo das vias principais.

O objetivo do roteamento é fazer com que os agentes utilizem as vias que tenham maior probabilidade de estarem limpas, uma vez que as vias principais e secundárias serão limpas com maior probabilidade, conforme descrito na seção 3.3. Desse modo, sempre que um agente tiver de se locomover, ele utilizará as vias principais e secundárias.

A Figura 2 mostra o exemplo de um bombeiro que estava combatendo um incêndio e precisa reabastecer. Pode-se verificar que mesmo que exista um caminho mais curto até o refúgio por entre os setores, a rota dele é definida de modo que percorra o menor caminho até algum ponto das vias principais, se desloque através das vias principais até o mais ponto mais próximo do refúgio (ainda nas vias principais) e então chegue ao refúgio.

Vale ressaltar que sempre que um agente encontrar um bloqueio, ele irá recalcular a rota. Se existir um bloqueio enquanto ele tenta chegar as vias principais, ele irá recalcular a rota até que encontre um caminho válido. Se o bloqueio existir na via principal, o que ocorrerá com frequência, principalmente no início da simulação, será calculada o caminho mais curto entre onde ele se encontra até o destino, ignorando as vias principais. Por fim, se o agente saiu das vias principais e está tentando se deslocar até o destino, através de uma via secundária e encontrar um bloqueio, ele irá recalcular a rota para tentar chegar ao destino.

### 2.4 Exploração

A exploração consiste fazer com que os agentes procurem por acontecimentos, de modo que possam comunicar o ocorrido aos demais. Para explorar o ambiente, cada agente irá armazenar o número de vezes que passou em por determinado nó do grafo. Sempre que o agente chegar ao seu destino e não tiver nenhuma tarefa prioritária a ser realizada, ele irá sortear um nó aleatório, dentro do setor a qual está alocado, de modo que os nós menos visitados terão prioridade de escolha.

A rota calculada para exploração é diferente da rota calculada para o deslocamento dos agentes. Na exploração é importante que os agentes visitem periodicamente os nós do mapa, sendo assim, a rota calculada para exploração será sempre a rota mais curta entre a origem e o destino do agente. Vale lembrar que a rota é calculada através do algoritmo de busca em largura.

Além disso, assim como no deslocamento sempre que o agente encontrar um bloqueio, ele irá refazer sua rota, considerando que determinada parte da via está bloqueada. Desse modo, espera-se que o agente desvie o bloqueio e chegue ao seu destino.

### 2.5 Comunicação

O processo de comunicação é realizado de com base duas variáveis principais: o número de canais disponíveis e existência de centrais.

Quando existir três ou mais canais e centrais, cada grupo de agentes irá se comunicar em um canal específico, enquanto que as centrais irão classificar e repassar as informações pertinente em cada canal. Caso os policiais identifiquem um foco de incêndio e civis soterrados, eles irão comunicar o que foi descoberto para a central e a central irá comunicar o incêndio no canal dos bombeiros e o civil no canal das ambulâncias.

Contudo, em ambientes sem centrais, os agentes irão repassar as informações pertinentes a cada grupo de agentes em seu respectivo canal. Desse modo, se um agente bombeiro identificar um civil soterrado ele poderá repassar essa informação para o canal das ambulâncias, caso não tenha percebido nada pertinente a sua tarefa principal.

Além disso, os agentes irão repassar tudo o que for identificado por voz aos agentes em seu raio de alcance. Isso é realizado pois em algum dado momento, uma informação não poderá ser repassada imediatamente por rádio, mas um agente de interesse poderá ouvir e comunicar aos demais.

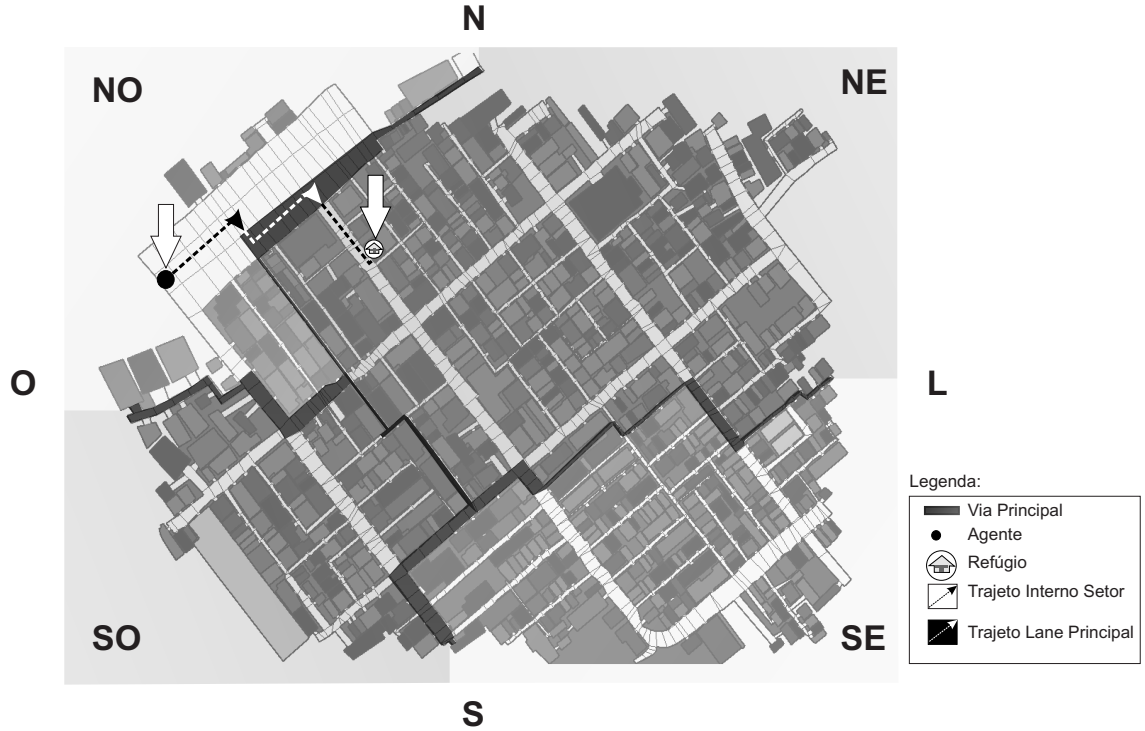


Figura 2: Rota de um agente até um refúgio.

### 3 Estratégias Específicas

Esta seção apresenta a modelagem dos agentes da equipe Epicenter. De modo geral, os agentes de pelotão (ambulâncias, bombeiros e policiais) são implementados com uma máquina de estados e uma fila de atividades. Cada agente preenche a fila com diferentes atividades e esse processo é descrito a seguir.

#### 3.1 Ambulâncias

A função dessa classe de agentes é realizar o resgates de civis. Assim, a prioridade das atividades desses agentes utiliza o tipo de agente soterrado e o tempo esperado de vida do agente. Sempre que um civil for identificado, a informação repassada será o tipo do agente (ambulância, bombeiro, policial ou civil), a localização do agente, quão soterrado o agente está e seu tempo de vida.

Com base nessa lista, a prioridade de resgate seguirá o critério de tipo de agente e em seguida o tempo estimado de resgate do agente. Prioritariamente busca-se resgatar ambulâncias, bombeiros, policiais e civis nesta ordem. Quando houver mais de um agente do mesmo tipo (situação comum no caso dos civis), o critério de desempate será o tempo estimado para o resgate do agente ( $t_i$ ). A Eq. 2 mostra a função utilização para estimar o

tempo de resgate do agente, onde  $hp_i$  é a energia do agente,  $dm_i$  é o dano sofrido pelo agente em cada passo de tempo,  $resc_i$  sendo o tempo estimado para retirar o agente dos escombros e  $dist_i$  é a distância, em passos de tempo, da ambulância em relação ao agente  $i$  e do agente em relação ao refúgio mais próximo.

$$t_i = \frac{hp_i}{dm_i} - (resc_i + dist_i) \quad (2)$$

Essa equação irá gerar um número positivo sendo o tempo estimado de vida que o agente tem (relação de  $hp_i$  e  $dm_i$ ) menos o tempo necessário para chegar até o agente, resgatá-lo e levá-lo para o refúgio mais próximo.

#### 3.2 Bombeiros

Os bombeiros são agentes responsáveis por combater incêndios e possuem em sua concepção listas de tarefas ordenadas por prioridades. Tais listas são atualizadas através de suas percepções do ambiente e também por meio de informações recebidas dos demais agentes, seja por canais de comunicação ou voz. As listas de tarefas são ordenadas de acordo com dois fatores: a quantidade civis na construção e intensidade do fogo.

É dado prioridade máxima a incêndios com a maior quantidade de civis dentro. Em seguida,

caso não hajam civis, são priorizados incêndios pequenos, esta medida impede que o fogo se alastre para as demais construções. Caso o incêndio esteja em um estágio avançado, e o bombeiro considere não ser viável apagá-lo, então, este irá controlar o fogo dos prédios vizinhos, evitando assim que o incêndio se propague. A avaliação da viabilidade de apagar um incêndio ou não é dada por meio de uma rede neural artificial (RNA). Esta rede, recebe informações da construção em chamadas como dados de entrada, e retorna o tempo necessário para a construção queimar completamente em passos de tempo.

Para construir a rede, desenvolveu-se bombeiros observadores responsáveis capturar informações de construções em chamadas em exercícios simulados em diferentes mapas. Estas informações são compostas por: *Area*, *Temperature* e *Fieriness*, além do tempo total gasto para a construção queimar completamente. Cerca de 1300 instâncias foram utilizadas para gerar o arquivo de treinamento da rede. Em seguida treinou-se uma RNA *multi layer perceptron*. A topologia da rede pode ser observada na Figura 3.

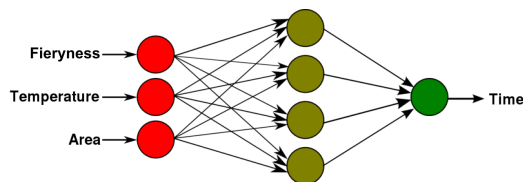


Figura 3: Topologia da rede neural.

Como pode ser observado, a rede possui três camadas. A entrada da rede é composta pelas três variáveis citadas anteriormente:

- *Fieriness*: representa a intensidade do fogo: *heating*, *burning* e *inferno*, representados respectivamente por 1, 2 e 3;
- *Temperature*: refere-se ao aquecimento da construção e é representada por um número inteiro;
- *Area*: refere-se à área total construída considerando a quantidade de andares da construção, representada por um inteiro positivo.

Por fim, a RNA produz a saída *Time* que representa um valor inteiro, correspondente ao número de passos de tempo que a construção ainda irá queimar.

### 3.3 Policiais

A função principal dessa classe de agente é realizar a limpeza das vias obstruídas. Por esse motivo esses agentes são os responsáveis em garantir a

disponibilidade das vias principais e secundárias, além de liberar as demais vias e atender a chamados. Com base nessa quantidade de demanda, os agentes foram separados em três grupos, com base na prioridade de tarefas a serem executadas:

- Grupo 1: Responsável por limpar as vias principais: assim que as vias principais forem limpas, os agentes irão realizar outras atividades, como atender a solicitações, limpar as vias secundárias e demais vias.
- Grupo 2: Responsável por limpar as vias secundárias: assim que as vias secundárias forem limpas, esses agentes irão atender a chamados, limpar as demais vias e por fim, verificar o estado das vias principais e secundárias.
- Grupo 3: Responsável por limpar as demais vias: Esses agentes tem a função de limpar as vias que não se classificaram como primárias ou secundárias. Quando as demais vias forem limpas, eles irão atender a chamados e verificar as vias principais e secundárias.

Apesar de todos os agentes estarem alocados em setores, os agentes do Grupo 1 deverão limpar as vias principais, que ficam nos limites entre os setores. Enquanto realizam essa atividade, eles irão se deslocar entre todos os setores. Quando a tarefa principal for concluída, eles retornam ao setor que foram alocados e priorizam outras atividades.

Por fim, os agentes do Grupo 2 e 3 irão atuar no setor que foram alocados e sairão de lá para atender algum chamado urgente ou então verificar as vias principais.

### 3.4 Centrais

As centrais possuem diversas funções, entre elas, realizar o recálculo da importância dos setores, realocação dos agentes e comunicação. Conforme comentado anteriormente, as centrais irão recalcular a importância dos setores periodicamente, uma vez que a descoberta de novas ocorrências influenciam alteram os pesos previamente calculados. Com base no recálculo, as centrais irão realocar os agentes, de modo que elas possuem a lista de agentes em cada setor.

Além disso, outra importante função das centrais é disseminar a informação pertinente a cada classe de agentes. Devido a capacidade de comunicação das centrais, elas irão repassar as informações específicas para cada central, liberando essa atividade dos agentes e buscando evitar a sobrecarga de informações nos canais.

## **4 Considerações Finais**

O presente trabalho descreveu a metodologia adotada pela equipe Epicenter para o simulador multiagente Robocup Rescue. O foco do trabalho está centrado em três atividades principais: Setorização e Alocação dos Agentes, Roteamento e Prioridade de Limpeza e Controle de incêndios.

Espera-se que a setorização e alocação dos agentes permita que todo mapa seja monitorado, identificando rapidamente novos focos de incêndio e civis soterrados, permitindo que ações sejam tomadas o mais rápido possível. Além disso, o roteamento, juntamente com a prioridade de limpeza das vias, permitirá que exista uma rota de deslocamento sempre limpa. Isso fará com que os agentes não fiquem perdendo tempo para chegar a refúgios e hidrantes devido a vias bloqueadas. Por fim, a estratégia de combate a incêndios está baseada na classificação dos focos de incêndio, permitindo que os bombeiros controlem a expansão do incêndio em vez de tentar combater um foco que dificilmente será eliminado.

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi parcialmente financiado com recursos das agências CNPq, FAPERGS e CAPES.

## **Referências**