CENTRO UNIVERSITÁRIO SERRA DOS ÓRGÃOS

Disciplina: Sistemas Multiagentes

ERIKA PORTO

GUILHERME ADRIANO CARDOSO

JEFFERSON MARQUES

MATHEUS SOUZA

RAFAEL LINS

SISTEMA MULTIAGENTE PARA GESTÃO DE INCIDENTES DE TRÂNSITO

Projeto de uma solução baseada em Sistemas Multiagentes para monitorar o trânsito e coordenar o atendimento a acidentes em uma cidade inteligente

Professora: Ana Luiza Martins Karl

Teresópolis

2026

SUMÁRIO

1 Introdução **3**

2 Arquitetura do sistema **3**

2.1 Arquitetura escolhida 3

2.2 Construção da estrutura hierárquica 3

2.3 Justificativa da escolha 5

2.4 Desvantagem e como reduzir o impacto 5

3 Comunicação entre agentes **6**

4 Coordenação e distribuição de tarefas **7**

4.1 Etapas do Contract Net 7

4.2 Critérios de seleção 8

5 Confiança e reputação **8**

5.1 Como agir diante das informações divergentes 8

5.2 Diferença entre confiança e reputação 9

5.3 Estratégia contra informações falsas ou desatualizadas 9

6 Colaboração e comportamento emergente **10**

6.1 Problemas sem um coordenador central 10

6.2 Comportamento coletivo positivo 10

6.3 Por que a colaboração supera as decisões isoladas 10

7 Conclusão **11**

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, nosso grupo propõe um Sistema Multiagente (SMA) para ajudar uma cidade inteligente a responder a acidentes de trânsito. A ideia central é organizar os agentes em uma **arquitetura hierárquica**, em que o Agente de Despacho coordena as decisões que precisam de arbitragem, enquanto os demais agentes mantêm autonomia para agir dentro do seu próprio domínio.

O cenário analisado apresenta três dificuldades principais:

- **Informações divergentes:** um agente de monitoramento confirma o acidente, outro diz que o trânsito está normal e um terceiro tem dados desatualizados.
- **Recursos limitados:** existem duas equipes de atendimento, mas uma delas já está ocupada com outra ocorrência.
- **Risco de conflito:** se cada agente agir por conta própria, podem surgir decisões contraditórias e desperdício de recursos.

Nas seções a seguir, apresentamos a arquitetura escolhida, a comunicação entre os agentes, o mecanismo de coordenação (Contract Net), a estratégia de confiança e reputação e, por fim, uma análise do comportamento coletivo do sistema.

2 ARQUITETURA DO SISTEMA

2.1 Arquitetura escolhida

Depois de comparar as três opções, o grupo escolheu a **arquitetura hierárquica**. Ela mistura o melhor dos dois extremos: tem um nível de coordenação para resolver conflitos, mas deixa que cada agente tome decisões locais sem precisar pedir permissão para tudo.

2.2 Construção da estrutura hierárquica

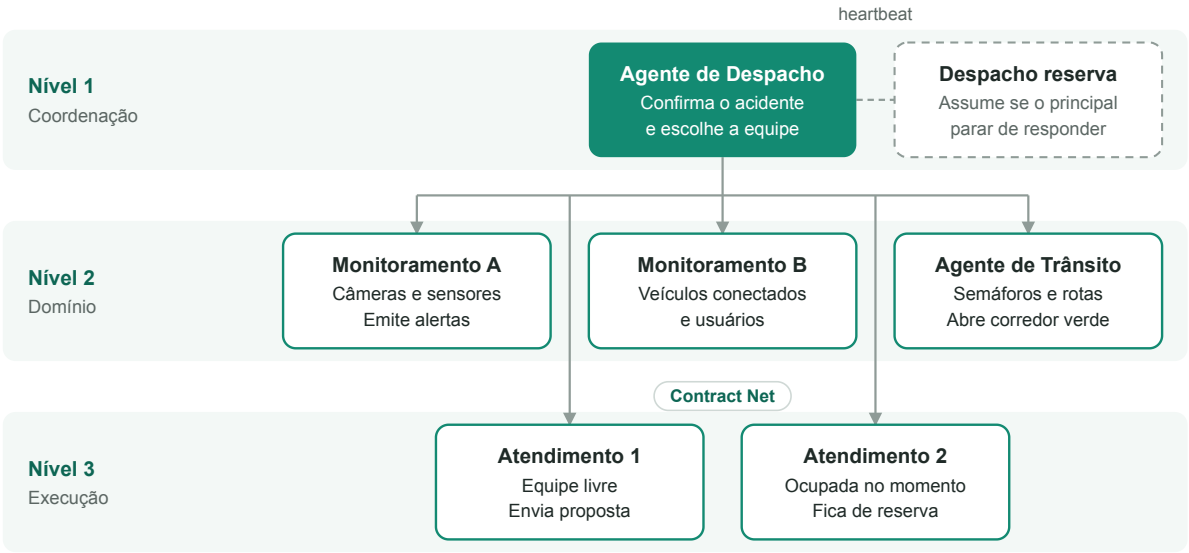
Organizamos os seis agentes em três níveis, conforme o Quadro 1 e a Figura 1.

Quadro 1 – Níveis da hierarquia e papel de cada agente

Nível	Agente	Papel no sistema	Decide sozinho	Precisa coordenar
1 – Coordenação	**Agente de Despacho**	Recebe os alertas, confirma a ocorrência e distribui as tarefas	Qual equipe será enviada	Pede dados ao Monitoramento e apoio ao Trânsito
2 – Domínio	**Monitoramento A**	Detecta acidentes por câmeras e sensores	Quando emitir um alerta	Envia as evidências ao Despacho
2 – Domínio	**Monitoramento B**	Recebe dados de veículos conectados e usuários	Quando emitir um alerta	Envia as evidências ao Despacho
2 – Domínio	**Agente de Trânsito**	Controla semáforos e estima a circulação	Abrir corredor verde, desviar o fluxo	Informa rotas e tempo estimado ao Despacho
3 – Execução	**Atendimento 1**	Equipe livre	Melhor rota até o local	Envia proposta e confirma a chegada
3 – Execução	**Atendimento 2**	Equipe ocupada, logo disponível	Quando encerrar a ocorrência atual	Envia proposta ou recusa

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Figura 1 – Estrutura hierárquica do sistema multiagente



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

O Despacho fica no topo e só entra quando é preciso arbitrar. Os agentes de domínio agem sozinhos no que é deles, e as equipes são escolhidas pelo Contract Net. O Despacho reserva (tracejado) monitora o principal e assume se ele falhar.

2.3 Justificativa da escolha

- **Rapidez de resposta:** as ações simples e urgentes ficam no nível de baixo. Por exemplo, o Agente de Trânsito pode abrir um corredor verde na hora, sem esperar autorização. Só sobe para o Despacho o que realmente precisa de arbitragem, como escolher a equipe.
- **Autonomia dos agentes:** cada agente continua responsável pelo seu domínio. O Despacho não controla os semáforos nem a rota da equipe, ele só coordena.
- **Possibilidade de falhas:** se um agente de monitoramento ou uma equipe falhar, o nível de cima percebe e redistribui a tarefa. A falha fica isolada e não derruba o sistema inteiro, como aconteceria numa arquitetura centralizada.

Também consideramos as outras opções. A **centralizada** criaria um único ponto de falha e um gargalo, porque todas as decisões passariam por um só agente. A **descentralizada** não teria ninguém para resolver as informações divergentes, e as duas equipes poderiam acabar indo ao mesmo local (ou nenhuma ir).

2.4 Desvantagem e como reduzir o impacto

A principal desvantagem é que o **Agente de Despacho vira um ponto crítico**. Se ele falhar ou ficar lento, as equipes ficam esperando ordens. Além disso, existe um pequeno atraso para a informação subir e descer pelos níveis.

Para diminuir esse problema, propomos três medidas:

1. **Despacho reserva:** um segundo agente acompanha o estado do Despacho principal e assume automaticamente se o principal parar de enviar sinais de funcionamento (*heartbeat*).
2. **Timeout com autonomia local:** se o Despacho não responder dentro de um tempo limite, os agentes de baixo passam a decidir entre si. A equipe livre mais próxima vai ao local e avisa as outras. Ou seja, o sistema funciona de forma descentralizada só enquanto durar a falha.
3. **Ações urgentes sem autorização:** ações como abrir um corredor verde são executadas na hora e apenas comunicadas ao nível de cima.

3 COMUNICAÇÃO ENTRE AGENTES

Para entender como os agentes conversam, montamos uma sequência de mensagens que vai do primeiro alerta até a equipe chegar ao local. Consideramos que o Monitoramento A confirma o acidente, o Monitoramento B informa trânsito normal e o Agente de Trânsito está com dados desatualizados. Os valores de tempo são apenas ilustrativos.

Quadro 2 – Sequência de mensagens trocadas entre os agentes

#	Emissor	Destinatário	Performativo	Intenção / conteúdo
1	Monitoramento A	Despacho	**INFORM**	Avisar que as câmeras detectaram um possível acidente na avenida, com imagem e horário da leitura
2	Monitoramento B	Despacho	**INFORM**	Informar que os veículos conectados indicam trânsito normal no mesmo trecho
3	Agente de Trânsito	Despacho	**INFORM**	Informar fluxo normal, mas com dados de 15 minutos atrás (desatualizados)
4	Despacho	Monitoramento A e B	**REQUEST**	Pedir uma nova leitura atualizada do trecho para tirar a dúvida
5	Monitoramento A	Despacho	**CONFIRM**	Confirmar o acidente com uma imagem nova, de poucos segundos atrás
6	Monitoramento B	Despacho	**INFORM**	Informar que a velocidade média dos veículos caiu bruscamente no trecho, o que reforça o acidente
7	Despacho	Atendimento 1 e 2	**REQUEST**	Anunciar a tarefa (início do Contract Net) e pedir propostas para atender a ocorrência
8	Atendimento 1	Despacho	**PROPOSE**	Propor o atendimento: equipe livre, chegada estimada em 6 minutos
9	Atendimento 2	Despacho	**PROPOSE**	Propor o atendimento: fica livre em 10 minutos, chegada estimada em 18 minutos
10	Despacho	Atendimento 1	**ACCEPT**	Aceitar a proposta e enviar a equipe 1
11	Despacho	Atendimento 2	**REJECT**	Recusar a proposta; a equipe 2 fica de reserva após terminar a ocorrência atual
12	Despacho	Agente de Trânsito	**REQUEST**	Pedir um corredor verde na rota da equipe 1
13	Agente de Trânsito	Despacho	**CONFIRM**	Confirmar que os semáforos da rota foram ajustados
14	Atendimento 1	Despacho	**CONFIRM**	Confirmar a chegada ao local e o início do atendimento

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Nessa sequência usamos os seis performativos pedidos (INFORM, REQUEST, PROPOSE, ACCEPT, REJECT e CONFIRM). Dá para perceber que o Despacho só entra quando é preciso decidir algo; o restante parte da iniciativa de cada agente.

4 COORDENAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE TAREFAS

O Contract Net funciona como uma "licitação" entre agentes: um agente gerente anuncia uma tarefa, os interessados mandam propostas e o gerente escolhe a melhor. No nosso sistema, o **gerente é o Agente de Despacho** e os **participantes são as duas equipes de atendimento**. Isso encaixa direto na arquitetura hierárquica, já que o Despacho fica um nível acima das equipes.

4.1 Etapas do Contract Net

1. **Anúncio da tarefa:** depois de confirmar o acidente, o Despacho envia a todas as equipes uma mensagem com o local, o tipo de ocorrência, a gravidade e um prazo para resposta (por exemplo, 20 segundos).
2. **Envio de propostas:** cada equipe avalia a própria situação e responde. A equipe 1, livre, propõe chegar em 6 minutos. A equipe 2, ainda ocupada, informa quando fica livre e quanto tempo levaria. Uma equipe que não pode atender também pode recusar.
3. **Avaliação:** o Despacho compara as propostas usando os critérios definidos abaixo e consulta o Agente de Trânsito para saber se o tempo informado é realista com o trânsito atual.
4. **Seleção:** o Despacho envia ACCEPT para a melhor proposta (equipe 1) e REJECT para a outra. A equipe recusada fica registrada como reserva caso a situação piore.
5. **Execução:** a equipe escolhida se desloca, o Agente de Trânsito abre o corredor verde e a equipe envia CONFIRM ao chegar e ao terminar. Se ela falhar no caminho, o Despacho reabre o processo com as equipes restantes.

4.2 Critérios de seleção

Quadro 3 – Critérios usados pelo Despacho para escolher a equipe

Critério	O que mede	Por que importa
Tempo estimado de chegada	Tempo até a equipe estar no local, somando o tempo para ficar livre e o deslocamento	Em acidentes, cada minuto conta para socorrer as vítimas
Disponibilidade e capacidade	Se a equipe está livre agora e se tem os recursos certos para aquele tipo de ocorrência	Evita tirar uma equipe de outro atendimento ou mandar uma equipe sem o equipamento adequado

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Com esses dois critérios, a equipe 1 é a escolhida: está livre e chega bem antes da equipe 2.

5 CONFIANÇA E REPUTAÇÃO

5.1 Como agir diante das informações divergentes

O sistema não deve simplesmente escolher uma das informações nem ignorar o alerta. Na nossa proposta, o Despacho segue três passos:

1. **Dar peso a cada informação:** cada mensagem recebe um peso que depende da confiabilidade do agente e de quão recente é o dado. Assim, a informação de 15 minutos atrás do Agente de Trânsito conta bem menos que a imagem nova do Monitoramento A.
2. **Pedir uma nova verificação:** como o resultado ainda fica em dúvida, o Despacho pede leituras atualizadas aos agentes de monitoramento (mensagem 4 do Quadro 2).
3. **Agir com cautela enquanto confirma:** por segurança, a equipe pode ser pré-alertada enquanto a confirmação chega. É melhor um alarme falso do que deixar vítimas sem socorro.

5.2 Diferença entre confiança e reputação

Quadro 4 – Confiança e reputação no cenário da cidade inteligente

	Confiança	Reputação
O que é	A avaliação que **um agente faz de outro** a partir da própria experiência	A **opinião coletiva** do sistema sobre um agente, formada por várias avaliações
Origem	Interações diretas entre os dois	Histórico compartilhado por todos os agentes
Exemplo no cenário	O Despacho confia no Monitoramento A porque, nas últimas vezes, os alertas dele se confirmaram	O Monitoramento B tem reputação mais baixa porque vários agentes já registraram dados de usuários que estavam errados

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

> *Resumindo: confiança é "o que eu acho de você" e reputação é "o que todos acham de você".*

5.3 Estratégia contra informações falsas, desatualizadas ou manipuladas

- **Validade do dado (*timestamp*):** toda mensagem leva o horário da leitura. Dados mais antigos que um limite (por exemplo, 5 minutos) perdem peso ou são descartados.
- **Confirmação por fontes diferentes:** uma ocorrência só é dada como certa quando pelo menos duas fontes independentes concordam (câmera e veículos conectados, por exemplo).
- **Atualização da reputação:** depois de cada ocorrência, o sistema compara o que cada agente informou com o que realmente aconteceu. Quem acertou ganha pontos e quem errou perde.
- **Detecção de comportamento estranho:** se um agente começa a mandar muitos alertas que não se confirmam, ou dados muito diferentes dos demais, ele é marcado como suspeito e suas mensagens passam por verificação extra.
- **Autenticação das mensagens:** cada agente assina suas mensagens, o que impede que alguém de fora se passe por um agente do sistema.

6 COLABORAÇÃO E COMPORTAMENTO EMERGENTE

6.1 Problemas sem um coordenador central

Se cada agente decidisse só com as informações locais, imaginamos os seguintes problemas:

- **Decisões conflitantes:** o Monitoramento A pediria socorro, enquanto o B diria que está tudo normal. Sem ninguém para comparar, cada agente agiria de um jeito.
- **Desperdício ou falta de recursos:** as duas equipes poderiam ir ao mesmo acidente, deixando a outra ocorrência sem atendimento, ou cada uma poderia achar que a outra iria e nenhuma ir.
- **Semáforos contraditórios:** o Agente de Trânsito, com dados desatualizados, poderia manter o fluxo normal justamente na rota que a equipe precisa usar.
- **Excesso de mensagens:** todos falando com todos aumentaria muito a troca de mensagens e deixaria a resposta mais lenta.
- **Propagação de erros:** uma informação falsa poderia se espalhar de agente para agente sem que ninguém a verificasse.

6.2 Comportamento coletivo positivo

Um comportamento que pode emergir é o **corredor de emergência automático**. Nenhum agente sozinho "planeja" o corredor inteiro. O Agente de Trânsito ajusta os semáforos, os veículos conectados recebem o aviso e mudam de rota, e o Monitoramento acompanha o fluxo em tempo real. Da soma dessas pequenas ações surge um caminho livre para a ambulância e, ao mesmo tempo, o trânsito se redistribui pela cidade, diminuindo o congestionamento em volta do acidente.

Outro exemplo é o **balanceamento natural das equipes**: como cada uma informa sua disponibilidade nas propostas do Contract Net, com o tempo as ocorrências passam a ser divididas de forma equilibrada, sem que exista uma regra fixa dizendo quem atende cada região.

6.3 Por que a colaboração supera as decisões isoladas

Nenhum agente tem a visão completa da situação. O Monitoramento A vê a imagem, mas não sabe onde as equipes estão. O Despacho conhece as equipes, mas não vê o acidente. O Agente de Trânsito sabe as rotas, mas não decide quem vai atender. Quando eles colaboram:

- as **informações se completam**, o que reduz o erro (duas fontes confirmando valem mais do que uma);
- os **recursos são usados de forma mais eficiente**, sem equipes duplicadas ou paradas;
- a **resposta fica mais rápida**, porque cada etapa (confirmar, escolher a equipe, liberar a rota) acontece em paralelo;
- o sistema fica **mais resistente a falhas**, já que um agente pode compensar o erro de outro.

Ou seja, o resultado do grupo é maior do que a soma das partes, o que é justamente a ideia principal dos Sistemas Multiagentes.

7 CONCLUSÃO

Com este trabalho, o grupo concluiu que a arquitetura hierárquica é a mais adequada para o cenário da cidade inteligente. Ela permite que o Agente de Despacho resolva as informações divergentes e distribua as equipes pelo Contract Net, sem tirar a autonomia dos outros agentes para agir rapidamente no seu domínio.

Também vimos que a comunicação com performativos claros, junto com mecanismos de confiança e reputação, deixa o sistema mais seguro contra dados falsos ou desatualizados. Por fim, percebemos que a colaboração entre os agentes gera resultados que nenhum deles conseguiria sozinho, como o corredor de emergência automático.