

Simulação Baseada em Agentes e Indicadores em ILPIs: Um Estudo para o Desenvolvimento do GeronTrack

Raphael de Oliveira Dos Santos¹, Eduardo Ferreira¹, Cristiano Fuschilo¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ)
Campus Maria da Graça – Rio de Janeiro, RJ – Brasil

raphael.santos.1@aluno.cefet-rj.br

{eduardo.ferreira,cristiano.fuschilo}@cefet-rj.br

Abstract. *The growth of the elderly population in Brazil has intensified the demand for long-term care services and the need for efficient management in Long-Term Care Institutions for the Elderly (ILPIs). This study presents an agent-based simulation developed on the GAMA platform that models the interactions between residents and healthcare staff in an ILPI, enabling the monitoring of clinical indicators and analysis of workload distribution. The simulation serves as a preliminary investigation tool to support the development of GeronTrack, a health data management system designed for ILPIs. The results show that regulatory indicators can be monitored periodically and that response time and staff workload may impact elderly care.*

Resumo. *O aumento da população idosa no Brasil tem intensificado a demanda por serviços de cuidados prolongados e por uma gestão eficiente nas Instituições de Longa Permanência para Idosos (ILPIs). Este trabalho apresenta uma simulação baseada em agentes desenvolvida na plataforma GAMA, que representa a dinâmica entre residentes e equipe de saúde em uma ILPI, permitindo o monitoramento de indicadores clínicos e a análise da distribuição de carga de trabalho. A simulação funciona como ferramenta preliminar de investigação para subsidiar o desenvolvimento do GeronTrack, um sistema de gestão de dados de saúde voltado para ILPIs. Os resultados demonstram que os indicadores definidos por normativas regulatórias podem ser monitorados periodicamente e que o tempo de resposta e a sobrecarga da equipe podem impactar o cuidado com o idoso.*

1. Introdução

O envelhecimento da população brasileira e mundial tem aumentado ao longo das últimas décadas, ampliando a demanda por serviços especializados em cuidados a longo prazo. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2022, o número de pessoas com 65 anos ou mais no Brasil chegou a 22,2 milhões, o que representa 10,9% da população total, um crescimento de 57,4% em relação a 2012 [IBGE 2023]. Nesse contexto, as ILPIs surgem como espaços fundamentais de acolhimento, atenção e suporte à população idosa. Embora conhecidas popularmente como asilos ou casas de repouso, essas instituições são regulamentadas por normativas específicas, como a RDC nº 283/2005 [Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2005] e a RDC nº

502/2021 [Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2021], sendo suas obrigações previstas no Brasil pelo Estatuto do Idoso [Brasil 2003].

No Brasil, há a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 283, de 2005, estabelece o regulamento técnico para o funcionamento das instituições de longa permanência para idosos, detalhando critérios mínimos de infraestrutura, recursos humanos e cuidados ofertados. A RDC nº 502, de 2021, atualiza e amplia as diretrizes voltadas à segurança e qualidade assistencial, incorporando novas exigências em áreas como gerenciamento de riscos, prontuário eletrônico e notificação de eventos adversos. Essas regulamentações se articulam com o Estatuto do Idoso, instituído pela Lei nº 10.741, de 2003, que define os direitos fundamentais da pessoa idosa e impõe responsabilidades ao poder público e às instituições quanto à proteção integral e ao respeito à dignidade dessa população.

A rotina das ILPIs envolve atendimentos prestados por equipes multiprofissionais, que precisam lidar com variáveis como o estado de saúde, grau de dependência e riscos associados aos residentes. Essa complexidade exige ferramentas de apoio à gestão do cuidado, comunicação eficiente entre profissionais e suporte à tomada de decisão. Neste cenário, foi desenvolvido o *GeronTrack*, um sistema voltado para apoiar a rotina das ILPIs por meio do registro de dados de saúde e do gerenciamento de atividades da equipe multiprofissional. Para avaliar sua lógica de funcionamento e antecipar cenários operacionais em ILPIs, propõe-se uma simulação baseada em agentes, com o objetivo de reproduzir interações comuns no ambiente institucional e permitir a experimentação controlada dos principais indicadores associados à rotina de cuidados.

O objetivo geral deste artigo é apresentar a proposta do *GeronTrack* e demonstrar, por meio de uma simulação baseada em agentes, como os princípios que orientam sua estrutura podem ser validados em cenários simulados de rotina institucional: (i) modelar agentes que representem residentes e profissionais da saúde com diferentes perfis; (ii) observar os impactos de estratégias de atendimento sobre os indicadores operacionais simulados.

A pergunta de pesquisa que orienta este estudo é: *quais são os impactos da adoção dos parâmetros definidos pela RDC nº 502/2021 na eficiência do atendimento em ILPIs?* Com base nisso, a hipótese considerada é que a aplicação das diretrizes da RDC, especialmente no que diz respeito à resposta aos riscos clínicos e à organização da equipe multiprofissional, contribui para melhorar o tempo de resposta, distribuir melhor a carga de trabalho e aumentar a qualidade percebida do serviço. Para investigar essa hipótese, será desenvolvida uma simulação baseada em agentes na plataforma GAMA, representando a rotina operacional de uma ILPI e considerando os perfis distintos de residentes e profissionais, conforme preconiza a legislação vigente. Embora a simulação não seja parte integrante do projeto *GeronTrack* (considerando que o sistema multiagentes atua no lugar de atores em cenários realistas), sua participação na etapa de validação de hipóteses da aplicação promove melhor entendimento sobre partes específicas de um cotidiano complexo, como os indicadores de saúde, demonstrando como a aplicação pode apoiar a organização da atenção à saúde e o cumprimento das normas regulatórias.

2. Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos vêm explorando o uso de tecnologias para qualificar o cuidado e a gestão em ILPIs. Uma dessas iniciativas é o *AvaliApp*, um aplicativo criado para apoiar

a autoavaliação da qualidade do cuidado nas ILPIs, voltado aos gestores e baseado em seis dimensões de análise (Ambiente, Equipe, Cuidado, Lar, Envolvimento Familiar e Comunitário, e Gestão) [Freitas et al. 2024]. O AvaliApp busca oferecer uma ferramenta de uso contínuo e periódico para estimular a melhoria dos serviços prestados, promovendo reflexões estratégicas e diagnósticos institucionais.

A literatura sobre aplicações de simulações baseadas em agente na área da saúde demonstra que essa abordagem tem sido eficaz para modelar fluxos hospitalares, epidemias e redes de atenção. Trabalhos anteriores já empregaram essa técnica para apoiar decisões em Unidades de Pronto Atendimento, hospitais e serviços públicos [Zobel 2015].

No contexto da plataforma GAMA [Taillandier et al. 2019] oferece um panorama abrangente sobre sua estrutura e potencial para modelagem espacial. Além disso, há autores [Santos and Santos 2025] que elaboraram um guia introdutório para desenvolvimento de simulações baseadas em agentes com GAMA, por meio de um estudo estruturado com a simulação *Sugarscape*.

Aplicações como COMOKIT [Gaudou et al. 2020], que modela o impacto de políticas públicas durante a pandemia de COVID-19, e ESCAPE [Daudé et al. 2019], voltada para evacuação de populações em áreas de risco, reforçam o potencial da plataforma para lidar com fenômenos urbanos, sanitários e logísticos complexos. Embora estes trabalhos precursores favoreçam a modelagem de novos sistemas voltados aos atendimentos em ILPIs, alguns pontos os distinguem da proposta do GeronTrack, conforme a Tabela 1:

APLICAÇÃO	FOCO	GAPS IDENTIFICADOS
AvaliApp	Ferramenta de autoavaliação da qualidade para gestores de ILPIs	Foco em diagnóstico estratégico, sem simulação da rotina operacional
COMOKIT e ESCAPE	Exemplos de simulações complexas na plataforma GAMA	Foco em outros domínios (pandemias, evacuação), não na gestão de ILPIs

Tabela 1. Aplicações, focos e lacunas na gestão de ILPIs.

Este trabalho busca contribuir com esse campo ao propor uma modelagem voltada especificamente para ILPIs, com cenários de atendimento simulados e métricas quantitativas de desempenho.

3. Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória, com foco no desenvolvimento e análise de uma simulação computacional inspirada na rotina de ILPIs. A construção do modelo seguiu diretrizes metodológicas de engenharia de software voltadas à modelagem conceitual e à experimentação sistemática, conforme orientações descritas por Wazlawick [Wazlawick 2020]. A escolha da simulação orientada a agentes se justifica pela sua capacidade de modelar sistemas complexos compostos por múltiplos atores que interagem entre si e com o ambiente. A implementação foi realizada na plataforma GAMA [Santos and Santos 2025], permitindo a visualização gráfica das interações e o monitoramento de indicadores relevantes.

A simulação proposta busca reproduzir padrões observáveis na rotina institucional e avaliar, de forma controlada, os impactos de diferentes configurações operacionais sobre variáveis como tempo de espera, carga de trabalho da equipe e indicadores clínicos. Os resultados obtidos oferecem subsídios para a reflexão sobre a organização do cuidado em ILPIs e para o aperfeiçoamento de ferramentas digitais de apoio à gestão, como o sistema GeronTrack.

4. GeronTrack: Aplicativo e Requisitos

O nome GeronTrack é uma junção dos termos “geronto” e “track”, remetendo respectivamente ao cuidado com a pessoa idosa e ao acompanhamento sistemático de informações e dados gerenciais. A escolha desse nome reflete o propósito central do sistema: oferecer uma ferramenta que apoie o registro contínuo e organizado de dados de saúde de residentes em ILPIs. Ao mesmo tempo, reforça a ideia de monitoramento, rastreamento de indicadores críticos e suporte à gestão da equipe multiprofissional, promovendo maior eficiência na rotina institucional e na tomada de decisão.

O GeronTrack é uma aplicação que organiza o fluxo de atendimentos e dados clínicos de residentes em ILPIs. Ele permite que a equipe multiprofissional registre informações, gere alertas e acompanhe indicadores. As funcionalidades estão alinhadas com os requisitos estabelecidos pela RDC nº 502/2021.

4.1. Casos de uso principais do GeronTrack

A modelagem dos casos de uso permite compreender como os usuários interagem com os principais módulos do GeronTrack. Para o módulo de residentes, temos um caso CRUD (*Create, Read, Update e Delete*), que define que o administrador possui permissão para cadastrar, atualizar, excluir e arquivar registros de residentes. O colaborador pode apenas visualizar as informações.

A Figura 1 apresenta o diagrama das ações relacionadas à gestão de alertas clínicos e operacionais.

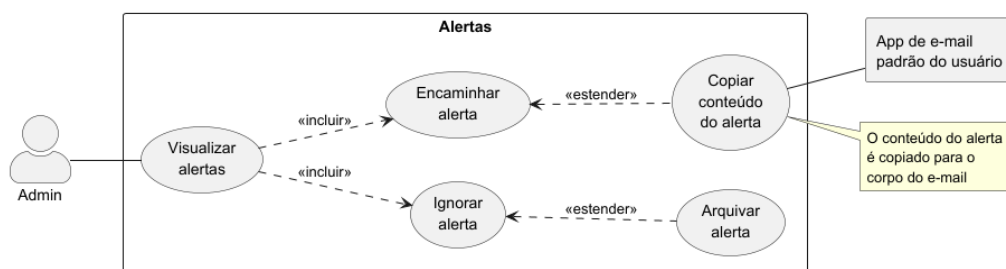


Figura 1. Casos de uso - Módulo de Alertas

A Figura 1 detalha como o administrador interage com os alertas. Após visualizar um alerta, ele pode encaminhá-lo por e-mail, ignorá-lo ou arquivá-lo. Tais ações refletem e asseguram a liberdade do administrador em decidir a melhor abordagem para cada caso incidente, conforme seu próprio julgamento e necessidade. O intuito dos alertas é apenas evidenciar questões que demandem atenção de maior brevidade, segundo indicadores fomentados pela equipe multidisciplinar. A decisão de ignorar um alerta, tornando-o um

item fora de visualização, pode ser compreendida, dentre muitas possibilidades, como uma ação já resolvida de fato.

A título de exemplo, podemos vislumbrar um alerta operacional de proximidade do vencimento de um benefício econômico de um dado residente, que já pode ter sido comunicado pessoalmente aos responsáveis do residente, e nenhuma outra ação seria necessária ou relevante. Bem como também alertas clínicos, como uma intercorrência médica de baixa gravidade, cuja medida já fora tomada, fazendo com que o alerta seja um mero sinalizador de algo passado em seu caso, tornando conveniente arquivar sua apresentação. Além disso, o conteúdo do alerta pode ser automaticamente copiado para o corpo do e-mail, integrando-se ao aplicativo padrão do dispositivo do usuário.

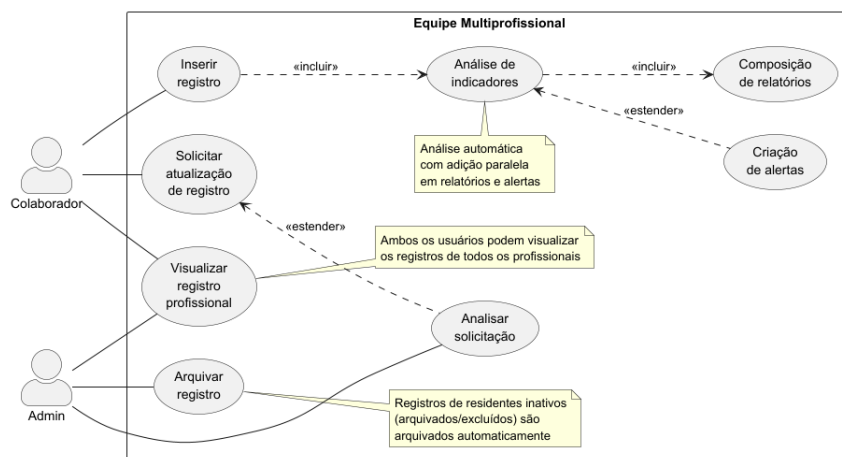


Figura 2. Casos de uso - Equipe Multiprofissional

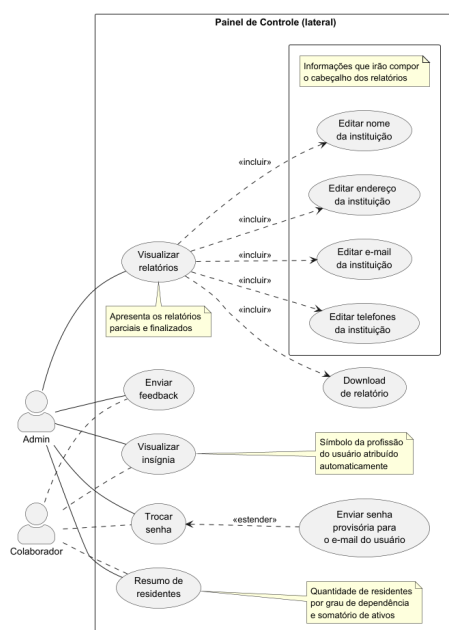


Figura 3. Casos de uso - Painel de Controle

A Figura 2 ilustra que tanto administradores quanto colaboradores podem visua-

lizar registros profissionais. O colaborador insere e atualiza registros, e o administrador pode arquivar registros ou analisar solicitações. Cada registro, inserido ou atualizado, por um membro da equipe multidisciplinar em saúde, constitui uma ação realizada sobre os residentes durante o atendimento. Embora não participem ativamente do sistema, os residentes contam com o levantamento de seus indicadores gerais a partir dos atendimentos de saúde pelos profissionais habilitados na aplicação, enquanto as abordagens são geridas pelos administradores. Há ainda uma funcionalidade automatizada de análise de indicadores, que serve de base para relatórios e alertas gerados pelo sistema. Por fim, o quarto diagrama refere-se ao painel de controle, onde são concentradas as funções administrativas do sistema. A Figura 3 representa as funcionalidades de controle institucional, incluindo a edição de informações da ILPI, visualização de relatórios, emissão de feedback e resumo de residentes. Também é possível visualizar insígnias, trocar senhas e realizar download de relatórios. Destaca-se que parte dessas ações é restrita ao perfil de administrador.

4.2. Tecnologias

O GeronTrack foi desenvolvido como uma aplicação web responsiva, acessível por navegadores em computadores em diversos dispositivos, como tablets, celulares e computadores pessoais. A interface de *frontend* foi implementada com React, biblioteca em javascript, com foco na interação direta da equipe com os módulos de residentes, alertas e registros. O *backend* da aplicação utiliza Node.js, responsável pelo processamento das regras de negócio, autenticação de usuários e comunicação com o banco de dados. As informações são armazenadas em um banco de dados relacional PostgreSQL, que garante consistência, integridade e organização dos dados clínicos e operacionais.

Vale citar que, inicialmente, o autor havia considerado desenvolver a aplicação exclusivamente para dispositivos móveis com sistema Android, considerando sua larga adesão no mercado nacional no último ano [StatCounter 2025]. Todavia, compreendendo a diversidade de equipamentos disponíveis, com sistemas operacionais distintos e um público igualmente misto, a decisão por ferramentas e linguagens mais abrangentes foi considerada. A escolha pelo React se deu por sua arquitetura de reutilização de componentes, que promove um desenvolvimento ágil. Já o uso do Node.js é justificado por sua eficiência em atender múltiplas requisições sem gerar embargos. E quanto ao PostgreSQL, além da robustez oferecida para armazenamento e manutenção dos dados, ainda trata-se de um sistema gerenciador de banco de dados gratuito.

A arquitetura do sistema é baseada na separação entre as camadas de apresentação, lógica e persistência (como demonstra a Figura 4) o que facilita a manutenção, a escalabilidade e possíveis integrações com outras plataformas no futuro.

Atualmente, o sistema encontra-se em desenvolvimento no contexto de um trabalho final de graduação [Santos 2025], com o objetivo de ser validado em uma ILPI real. A etapa de testes prevê a coleta de dados em ambiente institucional, respeitando os critérios éticos e operacionais envolvidos no cuidado à pessoa idosa.

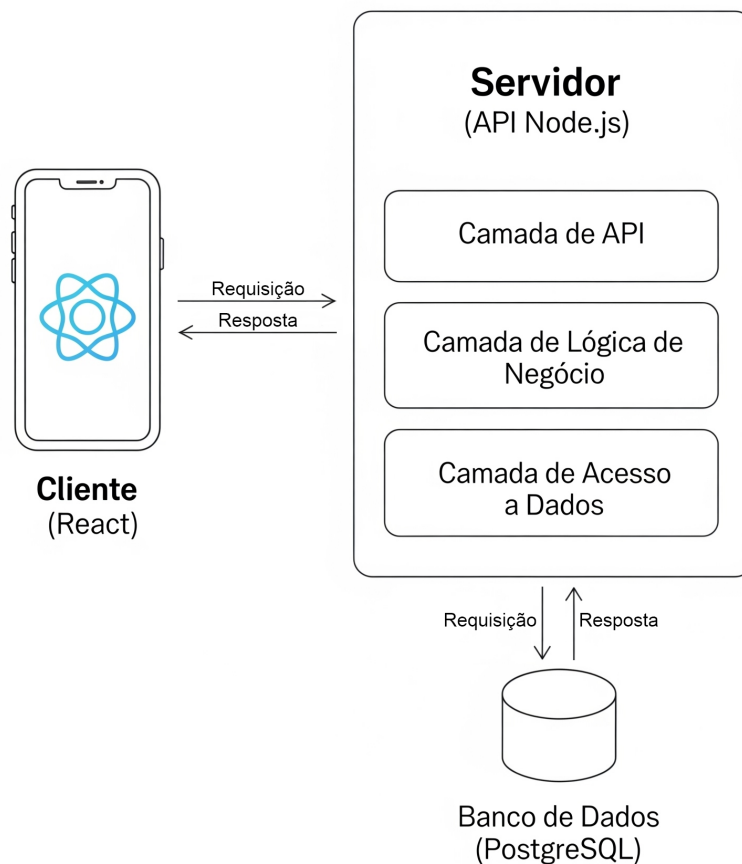


Figura 4. Arquitetura do sistema GeronTrack

4.3. Telas da aplicação

O sistema foi desenvolvido com o objetivo de apoiar a gestão integrada do cuidado em ILPIs, promovendo o acompanhamento multiprofissional por meio de alertas, cadastros estruturados e informações acessíveis. A seguir, são apresentadas as principais telas do aplicativo, destacando suas funcionalidades.

A Tela de Alertas concentra as notificações geradas automaticamente pelo sistema. Os alertas são categorizados conforme sua natureza (por exemplo, vacinação, renovação de benefícios, estoque de medicamentos e situações clínicas), e cada item pode ser ignorado ou encaminhado para resolução. Essa funcionalidade permite uma resposta mais rápida da equipe e melhor organização das prioridades assistenciais.

Já a tela que exibe os profissionais da equipe multiprofissional da ILPI apresenta cada categoria profissional acompanhada de uma descrição do seu foco de atuação, como rede de apoio, alterações clínicas, diagnósticos de enfermagem, reabilitação motora, entre outros. Essa tela facilita o acesso aos registros específicos por profissional, fortalecendo o cuidado integrado e colaborativo.

O sistema conta também com uma tela para a lista de residentes, onde são apresentados o nome, idade, quarto e grau de dependência funcional de cada idoso.

Por fim, ainda há a interface de cadastro ou edição de dados dos residentes. Essa funcionalidade permite a atualização de informações como nome, sexo, idade, prontuário,

alocação e grau de dependência. Além disso, é possível adicionar uma imagem para facilitar a identificação visual do residente, promovendo uma abordagem mais humanizada.

Essas funcionalidades demonstram a preocupação do sistema com a integração entre dados clínicos, administrativos e assistenciais, promovendo uma gestão mais eficiente, segura e centrada na pessoa idosa, com base na RDC.

5. Simulação na Plataforma GAMA

Para explorar o uso futuro do GeronTrack e validar os conceitos que orientam sua implementação, foi desenvolvida uma simulação baseada em agentes utilizando a plataforma GAMA. A simulação não replica o sistema, mas permite observar padrões operacionais semelhantes aos que o GeronTrack pretende acompanhar no contexto real. O objetivo da modelagem é representar, de maneira simplificada, a rotina de atendimentos e o monitoramento de condições clínicas ao longo do tempo, considerando interações entre residentes e equipe técnica.

A simulação não pretende reproduzir fielmente uma ILPI real, mas oferecer uma ferramenta de experimentação que permita visualizar comportamentos agregados, testar cenários e apoiar a análise de indicadores clínicos de forma dinâmica.

5.1. Cenário Simulado

A simulação foi implementada por meio de um experimento do tipo gráfico (gui), com visualização em tempo real dos agentes no ambiente e monitores que acompanham indicadores de saúde e métricas operacionais. Os agentes do tipo *Resident* representam os idosos institucionalizados, com diferentes estados de saúde (estável, frágil ou crítico, alterados periodicamente e requerendo maior atenção da equipe de forma escalar) e possibilidade de desenvolver condições como diarreia, escabiose, desidratação, úlceras por pressão ou desnutrição. Já os agentes do tipo *Staff* simbolizam os profissionais da ILPI, sendo responsáveis por atender os residentes conforme a demanda por cuidados, acumulando carga de trabalho ao longo dos ciclos (reiniciada periodicamente em alusão às trocas de turno). A disponibilidade desses profissionais impacta diretamente o tempo de espera dos residentes e, por consequência, o desempenho geral da instituição na simulação.

Durante a execução, a simulação acompanha o tempo de espera por atendimento e o volume de trabalho da equipe, além de alterar os estados dos agentes e suas interações (com base em sorteios controlados). Residentes em bom estado não solicitam atendimento proativamente. Residentes frágeis têm mais chance de solicitar ajuda a cada ciclo, e os críticos o fazem a cada ciclo até serem atendidos. A cada 30 ciclos, são calculadas automaticamente as taxas e prevalências exigidas pela RDC, como taxa de mortalidade e incidência de doenças, que podem ser ativadas para observação da coleta dos indicadores. Esses dados são exibidos em monitores na interface da simulação, permitindo acompanhar a evolução da saúde coletiva ao longo do tempo.

O modelo também inclui aspectos visuais que facilitam a análise: os residentes são exibidos como círculos coloridos, variando do verde ao vermelho conforme seu estado de saúde, enquanto os profissionais aparecem como quadrados azuis em movimento.

Essa dinâmica permite observar situações recorrentes no cotidiano das instituições, como sobrecarga da equipe, atrasos nos atendimentos e agravamento de

condições clínicas. A interação entre agentes, ainda que baseada em regras simples, é suficiente para gerar padrões relevantes que ajudam a compreender a complexidade da rotina em ILPIs.

5.2. Indicadores monitorados

A simulação implementa o cálculo automático de seis indicadores inspirados nos parâmetros definidos pela RDC aplicável às ILPIs. Esses indicadores são atualizados a cada trinta ciclos, o que, conforme a lógica temporal adotada no modelo, corresponde a um mês simulado. A coleta de dados é feita diretamente a partir dos atributos dos agentes residentes, com base na observação do estado de saúde e da presença de condições clínicas específicas.

O primeiro indicador é a taxa de mortalidade, calculada com base na proporção de residentes cujo estado de saúde atinge o valor zero, interpretado no modelo como óbito. Os demais indicadores envolvem a incidência de diarreia, escabiose e desidratação, além da prevalência de úlcera por pressão e desnutrição. Cada uma dessas condições é representada por um atributo booleano nos agentes, que pode ser ativado ao longo da simulação para refletir o surgimento e a permanência de situações clínicas relevantes.

Os valores calculados são exibidos em tempo real por meio de monitores na interface da simulação. Isso permite ao observador acompanhar a evolução dos dados ao longo do tempo e analisar os efeitos acumulados da dinâmica dos atendimentos. A visualização desses indicadores contribui para a reflexão sobre a gestão da rotina em ILPIs, especialmente no que se refere à capacidade da equipe em responder às demandas dos residentes e prevenir agravamentos evitáveis.

A coleta e análise automatizada desses dados tornam a simulação uma ferramenta útil tanto para fins educacionais quanto para apoio à tomada de decisão, permitindo explorar cenários alternativos de composição de equipe, volume de residentes e padrões de atenção.

5.3. Execução na Plataforma GAMA

Para a execução do experimento, os agentes foram programados para apresentar comportamentos autônomos combinando regras determinísticas e elementos estocásticos, o que torna a simulação não determinística. Não foram utilizados dados reais como entrada, mas os parâmetros iniciais, como número de residentes, composição da equipe técnica e probabilidades associadas a condições clínicas e solicitações de atendimento, podem ser configurados, permitindo testar diferentes cenários. A granularidade adotada corresponde a um ciclo por dia simulado, sendo possível interromper ou reiniciar a execução a qualquer momento para ajuste de parâmetros e repetição de testes. Esse caráter estocástico possibilita a reprodução do experimento diversas vezes, com variação de fatores ambientais, como a capacidade de resposta da equipe, contribuindo para consolidar resultados e aumentar a confiabilidade das análises.

A Figura 5 apresenta a interface da simulação executada na plataforma GAMA, durante a execução do modelo *GeronTrack_ILPI*. Nesse ambiente, é possível observar a visualização gráfica dos agentes, a exibição dos monitores com os principais indicadores e a atualização dinâmica dos registros na área de console.

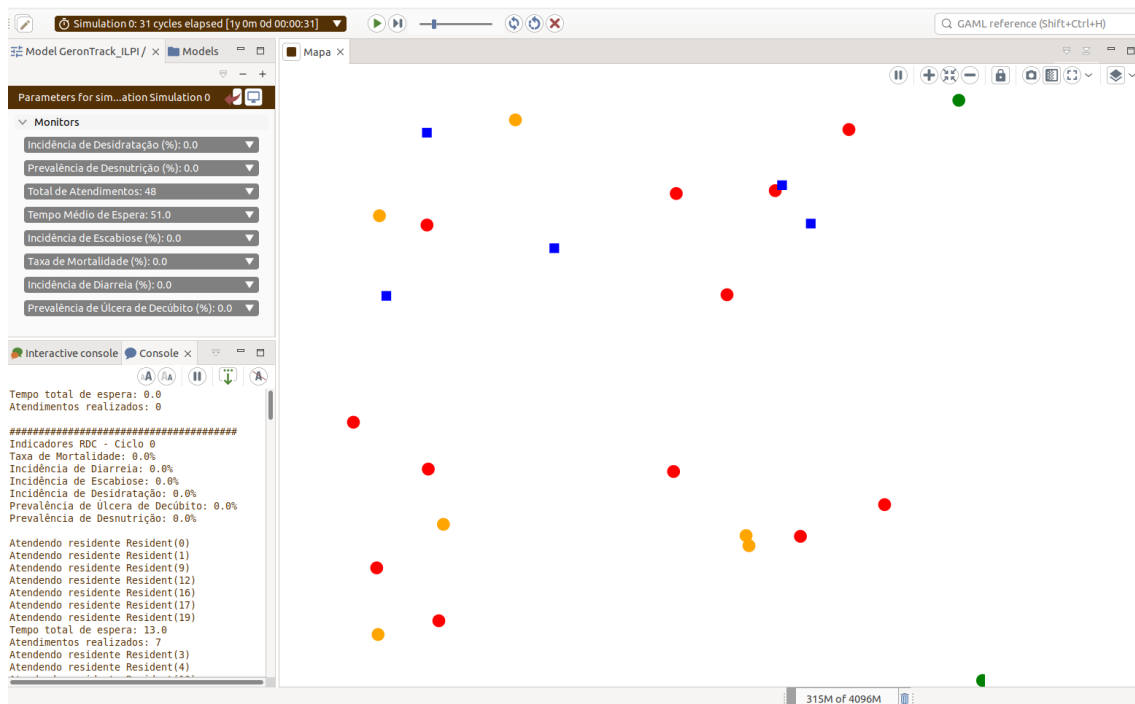


Figura 5. Interface da simulação de ILPI na plataforma GAMA, com visualização dos agentes e dos indicadores monitorados da RDC.

Durante a execução da simulação, os residentes interagem com os profissionais da equipe de forma dinâmica, solicitando atendimentos conforme o agravamento do estado de saúde ou o tempo de espera acumulado. Os indicadores são atualizados automaticamente a cada trinta ciclos, permitindo o acompanhamento da evolução do cenário ao longo do tempo simulado. Essa representação visual contribui para a análise do comportamento coletivo dos agentes e para a identificação de padrões que impactam diretamente a gestão da rotina em ILPIs.

6. Discussões

Os resultados obtidos com a simulação baseada em agentes permitem refletir sobre aspectos fundamentais da gestão cotidiana em ILPIs, especialmente no que se refere ao monitoramento de indicadores clínicos e à resposta da equipe técnica frente às demandas dos residentes. A dinâmica implementada no modelo demonstrou que é possível calcular automaticamente, ao longo do tempo, indicadores que estão alinhados aos parâmetros definidos pela RDC vigente, como taxa de mortalidade, incidência de diarreia, escabiose e desidratação, além da prevalência de úlcera por pressão e desnutrição.

Esses indicadores foram atualizados a cada trinta ciclos, representando um mês simulado, e permitiram acompanhar o comportamento coletivo dos agentes sob diferentes condições operacionais. A presença desses dados em tempo real na interface da simulação facilitou a análise de cenários e a identificação de padrões críticos, como o acúmulo de tempo de espera, a sobrecarga da equipe e a recorrência de determinadas condições clínicas.

A partir dos testes realizados, observou-se que a ausência de respostas rápidas por parte da equipe leva ao agravamento do estado de saúde dos residentes e ao aumento da

ocorrência de eventos indesejados. Isso reforça a importância de sistemas como o GeronTrack para apoiar o registro estruturado dessas informações e promover intervenções mais oportunas.

Ainda que a simulação não integre diretamente a aplicação GeronTrack, ela contribui para validar a lógica do sistema, antecipar situações recorrentes do ambiente institucional e demonstrar como a automatização da coleta e análise de dados pode apoiar a tomada de decisão. Além disso, a simulação oferece uma ferramenta útil em contextos educacionais e experimentais, permitindo explorar diferentes composições de equipe, número de residentes e estratégias de organização do cuidado.

A medida que o modelo demonstra que a sobrecarga da equipe e os atrasos no atendimento agravam os indicadores de saúde, gerando gargalos operacionais críticos, também reforça o potencial da aplicação como apoio à gestão em ILPIs e evidencia que a adoção de ferramentas digitais voltadas ao monitoramento e análise sistemática de indicadores pode contribuir para a melhoria da qualidade assistencial.

7. Considerações finais

A simulação baseada em agentes contribuiu para apoiar demonstrar que os indicadores definidos pela RDC podem ser monitorados periodicamente e que a variação do estado de saúde dos residentes exige uma gestão atenta do tempo de resposta e da sobrecarga da equipe. Esses resultados apoiam a proposta do sistema GeronTrack com as suas funcionalidades em ILPIs reais.

A continuidade deste trabalho prevê a validação do GeronTrack em uma ILPI real, por meio de um projeto piloto com participação da equipe multiprofissional, permitindo coletar *feedback* sobre usabilidade, aderência aos fluxos institucionais e contribuições do sistema para a organização da rotina assistencial. Espera-se que essa etapa contribua para ajustes funcionais e identificação de barreiras à adoção da ferramenta.

Outro desdobramento possível está na integração entre o GeronTrack e a simulação desenvolvida, por meio do uso de APIs e bases de dados compartilhadas. Essa conexão pode permitir a criação de cenários simulados baseados em dados reais, contribuindo para análises preditivas e geração de alertas com base em padrões históricos observados na instituição.

Do ponto de vista da modelagem, futuros trabalhos poderão ampliar a complexidade da simulação, incorporando outros perfis de agentes, como familiares, gestores ou profissionais com diferentes níveis de experiência, bem como implementar regras de decisão mais elaboradas nos agentes, considerando fatores clínicos, prioridades e contextos específicos. Também se abre espaço para simulações de políticas institucionais, como mudanças na composição da equipe, redistribuição de turnos ou adoção de protocolos de resposta rápida.

Em relação à evolução do próprio GeronTrack, propõe-se a implementação de novos módulos, como prontuário eletrônico, acompanhamento de uso de medicamentos, visualização de histórico individual e integração com sistemas públicos de saúde. Por fim, recomenda-se a realização de estudos quantitativos comparativos entre ILPIs que utilizem ou não o sistema, além de análises longitudinais baseadas em dados reais extraídos da aplicação em uso contínuo.

Referências

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005). Resolução da diretoria colegiada - rdc nº 283, de 26 de setembro de 2005. dispõe sobre o regulamento técnico para o funcionamento de instituições de longa permanência para idosos (ilpis). Diário Oficial da União. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0283_26_09_2005.html.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2021). Resolução da diretoria colegiada - rdc nº 502, de 27 de maio de 2021. dispõe sobre o regulamento técnico para o funcionamento de instituições de longa permanência para idosos (ilpis). Diário Oficial da União. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2021/rdc502_27_05_2021.html.
- Brasil (2003). Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. estatuto do idoso. Diário Oficial da União. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.741.htm.
- Daudé, E., Chapuis, K., Taillandier, P., et al. (2019). Escape: exploring by simulation cities awareness on population evacuation. In *Proceedings of the 16th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2019)*, pages 76–93.
- Freitas, A. C. d., Goulart, E. d. S., Guimarães, L. A., and Figueiredo, K. R. F. d. (2024). Avaliapp: instrumento de autoavaliação do cuidado em ilpi. Documento técnico. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/ape/ilpi/avaliapp>.
- Gaudou, B., Huynh, Q.-N., Philippon, D., et al. (2020). Comokit: A modeling kit to understand, analyze, and compare the impacts of mitigation policies against the covid-19 epidemic at the scale of a city. *Frontiers in Public Health*, 8:563247.
- IBGE (2023). População de idosos cresce 57,4% em 10 anos e chega a 22,2 milhões em 2022. Acesso em: jun. 2025.
- Santos, A. R. and Santos, F. (2025). A structured report on agent-based simulation development with the gama platform. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, 23(1).
- Santos, R. (2025). Gerontrack. GitHub. Versão v1.0.0. Disponível em: <https://github.com/Raphael-O-Santos/GeronTrack>.
- StatCounter (2025). Mobile operating system market share brazil. Disponível em: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/brazil>. Acesso em: ago. 2025.
- Taillandier, P., Gaudou, B., Grignard, A., Huynh, Q.-N., Marilleau, N., Caillou, P., Philippon, D., and Drogoul, A. (2019). Building, composing and experimenting complex spatial models with the gama platform. *GeoInformatica*, 23(2):299–322.
- Wazlawick, R. S. (2020). *Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação*. LTC, Rio de Janeiro, 3 edition. Editora GEN - Grupo Editorial Nacional.
- Zobel, J. (2015). *Writing for Computer Science*. Springer.