

Simulação de Rotatividade de Pessoal de TI através de um Sistema Multiagente: Desenvolvimento e Aplicações

Eduardo Ferreira^{1,2}, Oscar Rete²

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

²Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires – Argentina

Abstract. *Efficient staff turnover management is crucial for organizational competitiveness and innovation. In this context, this article presents a personnel turnover simulation using multi-agent systems, utilizing the GAMA platform to enable dynamic analysis of domain-relevant variables. For this purpose, we developed a model composed of agents representing IT professionals in a work environment. This model aims to identify the factors influencing employees' decisions to stay or leave the company. Through this simulation, the model represents complex interactions involving job satisfaction, external opportunities, organizational commitment, and Human Resources (HR) policies. The simulation reveals the effect of HR management strategies on turnover. The results provide an understanding of the problem and the opportunity to develop more effective retention strategies. This study contributes both to the academic knowledge on turnover and as a practical tool for HR managers.*

Resumo. *A gestão eficiente da rotatividade de pessoal é crucial para a competitividade e a inovação organizacional. Nesse contexto, este artigo apresenta uma simulação de rotatividade de pessoal por sistemas multiagentes, utilizando a plataforma GAMA para permitir uma análise dinâmica das variáveis relevantes ao domínio. Para isso, desenvolvemos um modelo composto por agentes que representam os profissionais de TI em um ambiente de trabalho. Esse modelo visa identificar os fatores que influenciam a decisão dos empregados de permanecer ou deixar a empresa. Através desta simulação o modelo representa as interações complexas que envolvem satisfação no trabalho, oportunidades externas, comprometimento organizacional e políticas de Recursos Humanos (RH). A simulação revela o efeito de estratégias de gestão de RH na rotatividade. Os resultados proporcionam compreensão do problema e oportunidade de desenvolvimento de estratégias de retenção mais efetivas. Este estudo contribui tanto para o conhecimento acadêmico sobre rotatividade quanto como ferramenta prática para gestores de RH.*

1. Introdução

No cenário corporativo, caracterizado pela rápida evolução tecnológica e pela constante mudança nas estruturas de mercado, a rotatividade de pessoal emerge como um desafio crítico para a estabilidade organizacional e a continuidade operacional. As organizações enfrentam o impacto significativo das altas taxas de rotatividade (*turnover*) de profissionais, que incluem custos elevados de recrutamento e seleção, perda de capital intelectual, e a deterioração do moral entre os empregados remanescentes [Chiavenato 2020].

Há condições do mercado de trabalho dos profissionais, principalmente no âmbito de tecnologia, como o trabalho remoto, o trabalho globalizado e a escassez de profissionais qualificados de tecnologia em diversos países, inclusive no Brasil. Nas empresas de tecnologia da informação, a rotatividade de pessoal é comum devido à constante demanda por habilidades técnicas avançadas e à competição entre as organizações. Os profissionais de tecnologia da informação (TI) possuem habilidades altamente especializadas e podem encontrar emprego facilmente em outras organizações [Orozco et al. 2020] [Frufrek and Pansanato 2017]. O problema da rotatividade de pessoal já é um problema global [Orozco et al. 2020]. O macrossetor de Tecnologia da Informação emprega 2,02 milhões de profissionais correspondendo a 4% dos empregos do Brasil, com aumento de 117 mil novos postos de trabalho no ano de 2022 [BRASSCOM 2023].

A rotatividade não é uma causa em si, mas efeito de algumas variáveis externas e internas. Dentre as variáveis externas estão a situação de oferta e procura do mercado de talentos, a conjuntura econômica, as oportunidades de empregos no mercado de trabalho e etc [Chiavenato 2020]. Nesse contexto, os sistemas multiagentes (MAS - *Multi-Agent System*) [Wooldridge 2009] apresentam-se como um mecanismo promissor para a simulação de processos sociais complexos, incluindo a rotatividade de pessoal. Através desta pesquisa, propomos desenvolver e implementar um modelo computacional baseado em MAS na plataforma GAMA para explorar como as interações entre agentes e variáveis ambientais podem influenciar as decisões de permanência ou saída dos funcionários de determinada organização.

O artigo está estruturado inicialmente com uma revisão da literatura sobre as teorias de rotatividade de pessoal e trabalhos relacionados com sistemas multiagentes, estabelecendo assim a base teórica fundamental para nosso estudo. Após consolidar essa fundamentação teórica, detalhamos a metodologia empregada e a construção do modelo de simulação na plataforma GAMA, explicando como esses elementos metodológicos estão alinhados aos objetivos da pesquisa. Em seguida, os resultados da simulação são apresentados e discutidos. Finalmente, concluímos com uma reflexão crítica sobre as limitações do estudo e oferecemos sugestões para futuras pesquisas no campo da rotatividade de pessoal e sistemas multiagentes.

2. Fundamentação Teórica

Neste estudo, realizamos uma revisão da literatura sobre teoria de rotatividade de pessoal com o objetivo de estabelecer uma sólida base teórica e compreensão do fenômeno. A compreensão das teorias relacionadas à rotatividade de pessoal e os trabalhos relacionados de sistemas multiagentes são fundamentais para o desenvolvimento da modelagem da solução, pois ao analisar estudos de rotatividade e o tema de sistemas multiagentes, identificamos técnicas de modelagem e simulação, aprimorando a precisão e a relevância da construção do nosso modelo. Essa abordagem assegura que as variáveis e processos modelados sejam pertinentes e baseados em evidências, viabilizando simulações que podem oferecer resultados de valor para a área de gestão de recursos humanos (RH).

2.1. Rotatividade de Pessoal

A rotatividade de pessoal, um fenômeno amplamente observado nas organizações modernas, refere-se ao processo pelo qual os empregados deixam uma organização e são

substituídos por outros. Compreender as causas e as consequências da rotatividade é crucial para a gestão eficaz de RH. Nesta subseção, estão relacionadas algumas das teorias predominantes na literatura que buscam explicar por que os empregados decidem deixar seus empregos. Em [Porter et al. 1974] estudaram as mudanças ao longo do tempo nas medidas de compromisso organizacional e satisfação no trabalho, cada uma relacionada à subsequente rotatividade entre 60 aprendizes de técnico psiquiátrico recentemente contratados. Esta teoria sugere que os empregados mantêm um equilíbrio entre o que contribuem para a organização e o que recebem em troca. Se perceberem que este equilíbrio está desproporcional, é mais provável que busquem oportunidades em outro lugar. O compromisso, a satisfação no trabalho e a percepção de equidade são fatores cruciais na teoria do Equilíbrio Organizacional. Assim, a teoria do Equilíbrio Organizacional sustenta que, na maioria das vezes, as pessoas que decidem sair de um emprego passam um tempo avaliando sua posição atual em comparação com suas futuras possibilidades. Este processo inclui desenvolver intenções sobre seus próximos passos e empreender ações para buscar novas oportunidades de trabalho. Esta teoria aborda desde a insatisfação no trabalho até o planejamento antecipado do caminho a seguir [Aranibar Gutiérrez et al. 2017].

Há trabalhos que investigam diretamente a rotatividade de pessoal em empresas do Brasil [Neto et al. 2016] [Soares et al. 2015] [Cardoso and Ferrando 2021] [Frufrek and Pansanato 2017]. Os autores [Neto et al. 2016] fizeram um estudo que investiga as opiniões de altos diretores de RH sobre a ação sindical em empresas brasileiras. Outros autores [Soares et al. 2015] desenvolveram um estudo de caso que examina a rotatividade dos servidores públicos na área de TI desde a perspectiva da gestão de pessoas. Já [Cardoso and Ferrando 2021] investiga a rotatividade de pessoal em empresas brasileiras de desenvolvimento de software através de uma pesquisa realizada a profissionais do setor. Outro estudo [Frufrek and Pansanato 2017] realizado que explora a relação entre as oportunidades percebidas de aprendizado, as intenções comportamentais e a retenção de empregados em organizações tecnológicas.

Para [Dornbusch et al. 2013], é caro para as empresas trocarem os trabalhadores devido aos custos de demissão, custos de contratação e custos de treinamento. Assim, as empresas de tecnologia do desenvolvimento de software costumam sofrer com a rotatividade de profissionais de tecnologia da informação, principalmente de desenvolvimento de software. Outro ponto, há também nas organizações, principalmente nas empresas brasileiras, que sofrem com a formalidade e a informalidade laboral, que para gestores de empresas e colaboradores [Beccaria and Maurizio 2018]. Em cada país há uma categorização distinta para considerar um trabalhador como formal ou informal. A rotatividade de profissionais de TI continua sendo um dos desafios mais persistentes enfrentados pelas empresas do setor, que estão ligadas à inovação contínua, como é o caso da indústria de desenvolvimento de software, onde o custo de substituição de uma vaga operacional é muito alto [Llamas et al. 2017].

Em meio à pandemia de COVID-19 em 2019 [ECLAC 2021], temos algumas políticas de proteção das relações laborais e contratação de subsídios. As características de inovação e flexibilidade das empresas de tecnologia e seus profissionais muitas vezes habilitam as pessoas a trabalhar de formas não tradicionais, como um vínculo profissional mais livre. A legislação de trabalho não é a mesma em todos os países. As mudanças de modalidades de trabalho, formalidade, informalidade e flexibilidade são fatores de

atenção para conhecer os impactos e causa da rotatividade. Para compreender o contexto atual das empresas, principalmente no campo da tecnologia, é fundamental explorar os conceitos e as mudanças da transformação digital. Hoje nas empresas já vivem ou, provavelmente, vão começar no mundo da transformação digital [Albrieu et al. 2019]. Na medida em que as empresas, especialmente aquelas no setor de tecnologia, avançam nessa jornada da transformação digital, a complexidade dos desafios operacionais e organizacionais aumenta significativamente, exigindo soluções inovadoras que possam lidar com a complexidade e dinamismo desses novos ambientes digitais.

2.2. Abordagem em Sistemas Multi Agentes

Os sistemas multiagentes (MAS - *Multi-Agent System*) são amplamente utilizados no campo da inteligência artificial, incluindo controle de robôs, alocação de recursos, negociação e tomada de decisões [Arshad and Yao 2024]. No contexto de crescente complexidade de transformação digital a pesquisa em MAS se apresenta um caminho interessante para simular dinâmicas de simulações sociais complexas. Assim, a pesquisa em MAS tem como objetivo entender como um conjunto de entidades autônomas chamadas agentes pode se organizar para resolver problemas, alcançar tarefas e produzir fenômenos globais que os agentes não conseguem realizar sozinhos [Naciri and Tkouat 2015]. O campo dos sistemas multiagente é altamente interdisciplinar: ele busca inspiração em áreas diversas como economia, filosofia, lógica, ecologia e as ciências sociais [Wooldridge 2009]. Através da simulação, os indivíduos podem receber feedback e recompensas, otimizando assim o seu próprio comportamento [Arshad and Yao 2024]. Com isso, MAS são definidos como plataformas que simulam ações e interações entre múltiplos agentes autônomos, cada um capaz de perceber e reagir ao ambiente de acordo com suas próprias regras de comportamento. A capacidade dos MAS de replicar a autonomia individual e a interdependência complexa entre os agentes torna-os particularmente úteis para modelar fenômenos sociais como a rotatividade.

Para esse trabalho, foi adotada a plataforma de modelagem e simulação GAMA (*GIS & Agent-based Modeling Architectures*) [Drogoul et al. 2013]. Além da GAMA, há outras plataformas do campo da modelagem e simulação baseada em agentes para auxiliar pesquisadores em MAS, como: *NetLogo*, *AnyLogic* e *Repast Symphony*. A *NetLogo* se trata de uma plataforma de uso mais acadêmico e modelagem de cenários menos complexos. A *AnyLogic* é conhecida por combinar simulação baseada em agentes e modelagem de sistemas dinâmicos, porém com uma interface de uso mais complexa. Por fim, outra plataforma que se assemelha bastante com a GAMA é a *Repast Symphony* amplamente utilizada em pesquisa acadêmica, desenvolvimento de políticas e modelagem de sistemas complexos. Considerando as alternativas de tecnologias de solução, o motivo para seleção da plataforma GAMA foi a independência de outras tecnologias ou bibliotecas, facilidade de implementação na linguagem GAML e a interface gráfica intuitiva para visualização das simulações. Essa plataforma de código aberto permite a definição de modelos baseados em agentes com representações complexas de ambientes e capacidades multi-nível genéricas. A modelagem baseada em agentes em múltiplos níveis requer a manipulação de agentes em diferentes níveis de representação com relação ao tempo, espaço e comportamento [Drogoul et al. 2013].

Na prática, a modelagem de comportamento em MAS utiliza regras e algoritmos baseados em estados internos dos agentes, como satisfação no trabalho, e fatores

externos, como condições do mercado. Isso permite análises detalhadas e simulações de intervenções antes de sua implementação real, ajustando políticas de RH para avaliar efeitos na satisfação e decisões dos funcionários. Além disso, o MAS ajuda a explorar cenários futuros sob diferentes condições, fornecendo uma ferramenta robusta para adaptar estratégias de RH, desenvolver políticas de retenção mais eficazes e minimizar riscos e custos associados à rotatividade.

3. Metodologia

Este estudo adota utilizando a plataforma GAMA [Drogoul et al. 2013] na modelagem de sistemas multiagentes para simular o domínio da rotatividade de pessoal de profissionais de TI em um contexto organizacional fictício de políticas de RH. Na Figura 1 abaixo apresenta o passo a passo do processo utilizado para construção do modelo de simulação na plataforma GAMA. A metodologia quantitativa se apresentou adequada por suportar o processamento e representação dos dados processados e analisados a partir das interações complexas e dinâmicas entre os agentes e ambiente, permitindo uma interpretação dos padrões de comportamento.



Figura 1. Processo de construção do modelo de simulação na plataforma GAMA

O processo começa com a construção de modelos de agentes, onde cada agente é representado por um funcionário e é atribuído características específicas como satisfação no trabalho, comprometimento organizacional, e percepção das políticas de RH. Esses atributos são inicialmente modelados usando distribuições probabilísticas, refletindo a variabilidade natural entre indivíduos em uma população de trabalho real.

As interações entre os agentes são definidas por regras que imitam comportamentos reais no local de trabalho, incluindo troca de informações sobre condições de trabalho, influência de colegas na percepção das políticas de RH e a dinâmica de suporte social. Este aspecto é crucial, pois as interações complexas e as redes de relacionamentos são essenciais para entender como os fatores sociais e organizacionais influenciam as decisões de rotatividade.

O ambiente simulado representa a organização e é caracterizado por variáveis como cultura organizacional, estrutura de liderança, e condições do mercado externo. Ajustes nesses parâmetros permitem explorar como diferentes contextos organizacionais influenciam o comportamento dos agentes, tornando possível simular uma variedade de cenários organizacionais para observação.

O processo de simulação é realizado em ciclos, cada um representando um período de tempo específico, como um mês. Durante cada ciclo, os agentes avaliam sua situação e tomam decisões baseadas em uma combinação de seus atributos internos, interações sociais, e influências ambientais. Este processo iterativo se repete até alcançar um estado de equilíbrio ou por um número predefinido de ciclos, permitindo a análise longitudinal dos comportamentos de rotatividade.

A abordagem quantitativa deste estudo, reforçada pela modelagem detalhada e análise de dados. Além de avançar no entendimento teórico sobre as causas da rotatividade, o modelo serve como uma ferramenta prática para os gestores de RH desenvolverem estratégias de intervenção baseadas em evidências para mitigar a rotatividade.

4. Modelo de Rotatividade de Pessoal de TI

Nesta seção, será apresentado o modelo de rotatividade de pessoal de TI proposta como uma abordagem quantitativa para compreensão e previsão da probabilidade de um colaborador deixar a empresa com base em vários fatores influentes. Nas subseções abaixo, serão apresentadas as fórmulas que compõem o modelo e respectiva fórmula de cálculo para alcançar a taxa de rotatividade global.

4.1. Variáveis do Modelo

- s_i : Satisfação no trabalho do funcionário i .
- e_i : Nível de engajamento do funcionário i com a empresa.
- a_i : Afinidade do funcionário i com a equipe ou empresa.
- p_i : Percepção das estratégias de RH pelo funcionário i .
- w_i : Salário do funcionário i .
- b_i : Qualidade da relação do funcionário i com a chefia imediata.

4.2. Fórmula

A probabilidade de um funcionário deixar a empresa é modelada pela função logística:

$$P(\text{leave}_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 s_i + \beta_2 e_i + \beta_3 a_i + \beta_4 p_i + \beta_5 w_i + \beta_6 b_i)}}$$

onde $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_6$ são os coeficientes do modelo que refletem o impacto de cada variável na decisão do funcionário de deixar a empresa.

4.3. Modelo de Taxa de Rotatividade Global

A taxa de rotatividade global (r) para a empresa é calculada como a média das probabilidades de saída ajustadas pelo tempo médio de permanência (t):

$$r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P(\text{leave}_i)}{t}$$

onde N é o número total de funcionários na empresa.

Este modelo fornece uma estrutura de análise e previsão da rotatividade de pessoal, permitindo uma abordagem sistemática para a gestão de RH na análise de taxa rotatividade. A sua aplicação pode ajudar as organizações a identificar e abordar os motivos e causas da rotatividade, contribuindo para priorização de estratégias de retenção de talentos.

5. Modelagem

A implementação deste sistema multiagente foi realizada utilizando uma plataforma GAMA, com simulação baseada em agentes, que permite a modelagem detalhada de interações individuais e coletivas dentro de um ambiente organizacional fictício. Esta seção descreve as etapas fundamentais seguidas para a configuração do sistema, incluindo a definição de agentes, a configuração do ambiente, as regras de interação, e os procedimentos de simulação.

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de Modelo de Usuário relacionado com o meta modelo GAMA, com os relacionamentos de Agente (*Agent*), Modelo (*Model*) e Experimento (*Experiment*).

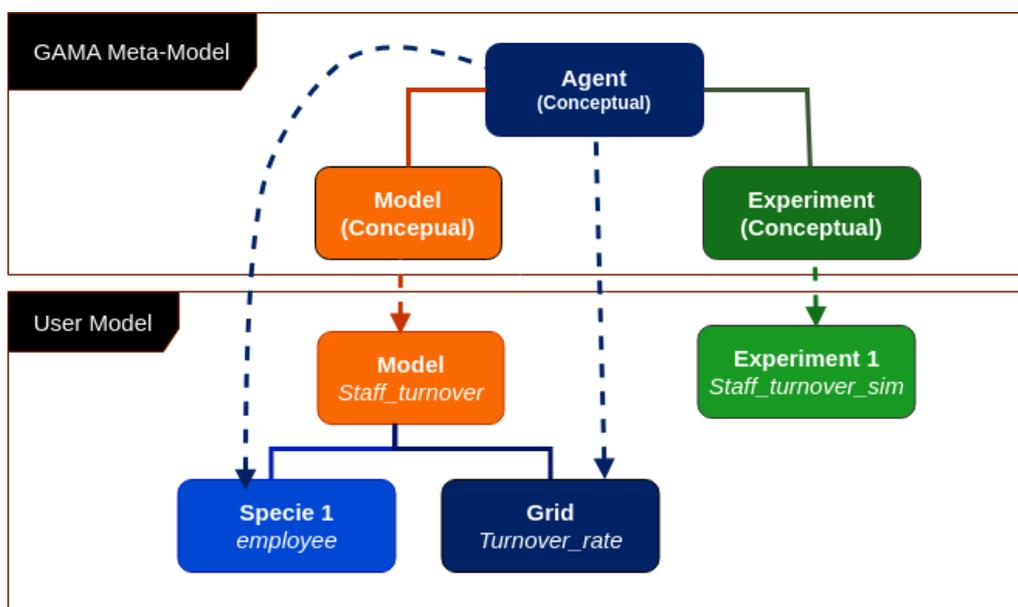


Figura 2. Gama Meta Modelo e Modelo do Usuário de Rotatividade de Pessoal

Nas subseções a seguir serão detalhados o que cada componente da modelagem representa.

5.1. Agente - employee

Cada agente no sistema representa um funcionário da organização (*Employee*). Os atributos de cada agente incluem: Satisfação no Trabalho: Influencia diretamente a probabilidade de um agente escolher deixar a organização. Nível de Estresse: Afeta a saúde mental e física do agente, impactando sua decisão de rotatividade. Comprometimento Organizacional: Determina o nível de lealdade do agente à organização e sua resistência a sair. Percepção das Políticas de RH: Modula como o agente vê a empresa em termos de suporte e justiça. Esses atributos são inicialmente atribuídos com base em distribuições probabilísticas que refletem a variabilidade encontrada nas características dos funcionários reais. Qualidade da relação com a chefia imediata: Modula como o agente vê considera boa a relação com a sua chefia imediata da organização. Esses atributos são inicialmente atribuídos com base em distribuições probabilísticas que refletem a variabilidade encontrada nas características dos funcionários inspirado na realidade.

5.2. Model Staff_turnover

O ambiente modelo *Staff_turnover* simula a empresa e é composto por diversos fatores que afetam todos os agentes: Cultura Organizacional: Define o contexto geral no qual os agentes operam e pode alterar os níveis de satisfação e estresse dos agentes. Estrutura de Liderança: Influencia o comprometimento organizacional e a percepção das políticas de RH dos agentes. Condições do Mercado Externo: Simula o mercado de trabalho fora da organização, afetando a decisão dos agentes de deixar a empresa por oportunidades externas.

5.3. Grid Turnover_rate

As interações entre agentes são definidas para simular a comunicação e influência entre colegas, que podem alterar os atributos dos agentes envolvidos. As principais regras incluem: Comunicação sobre Condições de Trabalho: Agentes podem compartilhar suas percepções, o que pode alterar o nível de satisfação ou estresse dos colegas. Influência Social: Agentes com alto comprometimento organizacional podem influenciar seus pares a perceber a empresa mais positivamente. Suporte Social: Interações que reduzem o estresse de agentes através do suporte emocional ou prático. Os resultados das variáveis e decisões dos agentes são representados pelo cálculo na *grid* de *Turnover_rate*.

5.4. Experiment Staff_turnover_sim

A simulação do experimento (*Staff_turnover_sim*) é executada em ciclos, cada um representando um intervalo de tempo (e.g., um mês). Em cada ciclo, os seguintes passos são realizados:

Avaliação de Estado: Cada agente avalia seu estado atual com base em seus atributos e no ambiente. Decisão de rotatividade: Cada agente decide se continuará na organização ou se sairá, baseado em sua satisfação, estresse, comprometimento e percepção das políticas de RH, junto com as condições do mercado externo. Atualização de Atributos: Os atributos dos agentes são atualizados com base nas interações do ciclo atual e nos efeitos do ambiente. Coleta de Dados: Dados são coletados para análise posterior, incluindo taxas de rotatividade, causas, e mudanças nos atributos dos agentes.

Após a execução da simulação por um número predefinido de ciclos, os dados coletados são analisados para identificar padrões de rotatividade, avaliar a eficácia de diferentes configurações de ambiente, e testar o impacto de potenciais políticas de RH.

6. Implementação na Plataforma GAMA

Este capítulo detalha a implementação do modelo de rotatividade de pessoal proposto utilizando a plataforma GAMA, um ambiente de simulação que facilita o desenvolvimento de modelos baseados em agentes. A implementação é explicada passo a passo para permitir a replicação e adaptação do modelo em outros contextos organizacionais.

6.1. Definição de Agentes

Cada agente no modelo representa um funcionário e é caracterizado pelas seguintes propriedades: *Satisfação no trabalho* (s_i); *Nível de engajamento* (e_i); *Afinidade com a equipe* (a_i); *Percepção das estratégias de RH* (p_i); *Concordância com o Salário recebido* (w_i); *Qualidade da relação com a chefia imediata* (b_i)

Os valores iniciais destas propriedades podem ser derivados de dados históricos da empresa ou de uma distribuição estatística assumida.

6.2. Modelagem do Comportamento dos Agentes

O comportamento dos agentes é modelado para refletir sua decisão de deixar a empresa. A decisão é calculada usando a função logística apresentada anteriormente no modelo. A simulação atualiza periodicamente as propriedades dos agentes com base em eventos ou interações no ambiente de trabalho.

$$P(\text{leave}_i) = 1 / (1 + \exp(-(\text{beta}_0 + \text{beta}_1 * s_i + \text{beta}_2 * e_i + \text{beta}_3 * a_i + \text{beta}_4 * p_i + \text{beta}_5 * w_i + \text{beta}_6 * b_i)));$$

6.3. Implementação do Modelo na Plataforma GAMA

Esta subseção descreve a implementação do modelo de rotatividade de pessoal na plataforma GAMA. Foi Utilizada uma abordagem baseada em agentes, onde cada agente representa um funcionário com atributos específicos que influenciam sua decisão de permanecer ou deixar a empresa.

6.3.1. Código GAMA

O trecho de código¹ abaixo exemplifica a definição global do modelo.

Listing 1. Código GAMA para Simulação de Rotatividade de Pessoal

```

1 model staff_turnover_sim
2 global{
3   float worldDimension <- 5#m;
4   geometry shape <- square(worldDimension);
5   int nEmployeeLeft <- 0;
6   int nNEmployeeInitial <- 100;
7   float turnoverRateInitial <- nEmployeeLeft/
8     ↪ nNumberBaloonInitial;
9   reflex buildEmployee when: (flip(0.1)) {
10    create employee number: nNEmployeeInitial;
11  }
12  reflex verifyTurnover when: ((nEmployeeLeft/
13    ↪ nNumberBaloonInitial) > turnoverRateInitial) {
14    ask turnover_rate {
15      do update_color;
16    }
17  }
18  reflex endSimulation when: nEmployeeLeft>1 {
19    do pause;
20  }
21 }

```

¹Link do repositório: https://anonymous.4open.science/r/staff_turnover-F611

7. Resultados da Simulação

A simulação é executada para um período definido, e os resultados são coletados e analisados para avaliar a eficácia do modelo. As métricas de interesse incluem: Taxa de rotatividade global da empresa; Distribuição das probabilidades de saída de funcionários; e Impacto de estratégias de RH na redução da rotatividade. O GAMA oferece ferramentas de visualização para acompanhar a simulação em tempo real e analisar os resultados após a conclusão das simulações. Gráficos e mapas podem ser usados para apresentar insights significativos da análise. O parâmetro *Initial Number of Employees*: permite ajustar o número inicial de empregados. Elementos visuais como *display* e *monitor* são configurados para mostrar os agentes e monitorar a taxa de rotatividade ao longo do tempo. Vide exemplos de telas de simulação na Figura 3:

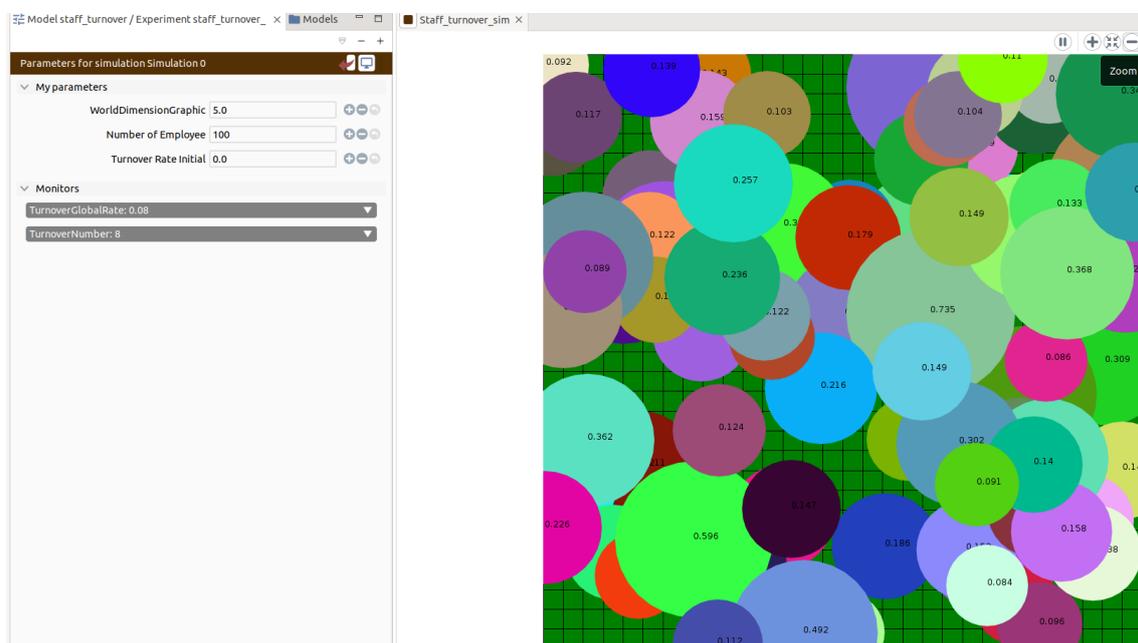


Figura 3. Display da Simulação de Rotatividade de Pessoal na Plataforma GAMA

Este modelo oferece uma plataforma para estudar como diferentes fatores podem influenciar a rotatividade dos funcionários em uma organização, permitindo simular e analisar potenciais estratégias para reduzir a rotatividade e melhorar a retenção de empregado.

A análise dos ciclos de simulação fornece insumos para interpretar o comportamento dos agentes, entender as dinâmicas de rotatividade, e avaliar a eficácia das políticas de RH implementadas.

Os fatores observados na análise possibilitam inferir que há influência na rotatividade e destaca a complexidade das dinâmicas de retenção de funcionários. Podemos considerar que políticas de RH bem fundamentadas e estrategicamente implementadas podem significativamente mitigar a rotatividade. Este estudo não apenas fornece *insights* para gestores de RH sobre como estruturar suas políticas, mas também demonstra o potencial dos MAS como uma ferramenta poderosa para simulação e análise em ambientes organizacionais.

8. Considerações Finais

Este estudo demonstrou como a implementação de um MAS pode ser utilizada para simular e analisar o fenômeno da rotatividade de pessoal em ambientes organizacionais. Através da modelagem detalhada de agentes e do ambiente de trabalho, foi possível explorar as interações complexas que influenciam as decisões de permanência ou saída dos funcionários. A análise dos dados coletados durante as simulações forneceu insights sobre os principais fatores que contribuem para a rotatividade e a relação com políticas de RH do problema de rotação de pessoal.

Com a simulação realizada reforça a importância de abordagens proativas na gestão de RH, especialmente em contextos dinâmicos e competitivos. Políticas que melhoram a satisfação no trabalho, cuidem da relação do colaborador com a equipe e o chefe, e fortalecem o comprometimento organizacional mostraram-se eficazes. Além disso, a capacidade de simular diferentes cenários permite aos gestores testar o impacto de potenciais estratégias organizacionais antes de implementá-las, oferecendo uma base para tomada de decisão.

Para avançar nas contribuições deste estudo, há alguns trabalhos futuros sugeridos a serem explorados: Integração de Variáveis Externas Complexas: Além das condições do mercado externo, futuras pesquisas podem incorporar variáveis econômicas e geopolíticas adicionais que influenciam a rotatividade, como mudanças legislativas e crises econômicas; Comparação de diferentes cenários de estratégias de RH; Exploração de Estratégias de RH Inovadoras: Estratégias emergentes, como trabalho remoto e programas de saúde mental, podem ser analisadas para entender seu impacto no comprometimento dos funcionários; Modelagem de Interdependências Mais Complexas: Aprofundar a modelagem das redes de relacionamento na organização, considerando alianças estratégicas e dinâmicas interpessoais; Uso de Dados Reais na Calibração de Modelos: Integrar conjuntos de dados reais na calibração dos modelos de simulação aumentaria a precisão das análises; e Interfaces Avançadas: Interfaces interativas permitiriam aos gestores de RH compreender melhor o impacto de mudanças nas políticas.

Essas sugestões de trabalhos futuros de pesquisa têm o potencial de enriquecer a simulação de sistemas multiagentes na gestão de RH, contribuindo para avanços teóricos e práticos na compreensão da rotatividade de pessoal e no aprimoramento das estratégias organizacionais.

Referências

- Albrieu, R., Basco, A., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, F., and Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial Argentina*. CIPPEC.
- Aranibar Gutiérrez, M. F., Melendres Carlos, V. D., Ramírez Barón, M. C., and García Rivera, B. R. (2017). Los factores de la rotación de personal en las maquiladoras de exportación de ensenada, bc (factors of staff turnover in textile factories of ensenada city, bc). *Revista Global de Negocios*, 6(2):25–40.
- Arshad, M. and Yao, W. (2024). Human resource management decision support system based on multi agent. pages 1–5.
- Beccaria, L. A. and Maurizio, R. D. L. (2018). Un análisis dinámico de los flujos de entrada a la formalidad en américa latina.

- BRASSCOM (2023). Relatório setorial 2022 macrossetor de tic. Acessado em: 20 de março de 2024.
- Cardoso, R. C. and Ferrando, A. (2021). A review of agent-based programming for multi-agent systems. In *Computers*, volume 10,4, page 16.
- Chiavenato, I. (2020). *Gestão de Pessoas - O Novo Papel da Gestão do Talento Humano*. Grupo GEN, 5 edition.
- Dornbusch, R., Fischer, S., and Startz, R. (2013). *Macroeconomia*, volume 1. AMGH, 13 edition.
- Drogoul, A., Amouroux, E., Bommel, P., Gaudou, B., Grignard, A., Marilleau, N., Tailandier, P., Vavasseur, M., Vo, D. A., and Zucker, J.-D. (2013). Gama: A simulation platform that integrates geographical information data, agent-based modeling and multi-scale control. In *Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, pages 242–258. Springer.
- ECLAC (2021). Policies to protect labour relations and hiring subsidies amid the covid-19 pandemic. Employment Situation in Latin America and the Caribbean. LC/TS.2021/163.
- Frufrek, G. L. and Pansanato, L. (2017). Rotatividade de pessoal: Pesquisa com profissionais de empresas brasileiras de desenvolvimento de software. *iSys - Brazilian Journal of Information Systems*, 13:05–29.
- Llamas, S., Lopez Torres, V., and Moreno Moreno, L. (2017). Impacto del clima organizacional en la rotación del personal: Evidencia en sector desarrollo de software. *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 10:49–61.
- Naciri, N. and Tkiouat, M. (2015). Multi-agent systems: theory and applications survey. *Int. J. Intelligent Systems Technologies and Applications*, 14(2):145–167.
- Neto, A. C., de Amorim, W. A. C., and Fischer, A. L. (2016). Top human resources managers' views on trade union action in brazilian corporations. *BAR - Brazilian Administration Review*, 13(4):e160066.
- Orozco, D. G. A., Fernández, M. D., Arredondo, M., Manjarrez, N. I. R., and Ruiz, V. (2020). *ROTACIÓN DE PERSONAL ¿Qué es y cómo combatirla?*
- Porter, L. W., Steers, R. M., Mowday, R. T., and Boulian, P. V. (1974). Organizational commitment, job satisfaction, and turnover among psychiatric technicians. *Journal of Applied Psychology*, 59(5):603.
- Soares, M. L., Capistrano, A. G. A., and Barbosa, M. B. A. (2015). A rotatividade de servidores públicos na Área de ti: Um estudo de caso sobre a Ótica da gestão de pessoas. V COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA –CIGU.
- Wooldridge, M. J. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems*. Wiley, 2 edition.