

Análise de Desempenho de um Sistema Multiagente no Combate à Evasão Escolar em um Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA)

Thiago Alves Gomes de Sousa¹, Emanuel Coutinho¹, Marcos Antonio de Oliveira¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Quixadá – CE – Brasil

thiagoalvesqxd@gmail.com, {emanuel.coutinho,marcos.oliveira}@ufc.br

Abstract. *School dropout in Youth and Adult Education (EJA) remains a critical challenge, often exacerbated by manual and reactive monitoring processes. This paper presents the implementation and performance analysis of a multi-agent system (MAS), designed to optimize pedagogical management in a Youth and Adult Education Center (CEJA). The system comprises four autonomous agents that automate active student outreach, data validation, newcomer integration, and relationship-building actions. Performance is evaluated with quantitative metrics of engagement and efficiency. Results indicate a 27.0% return rate in active outreach and a 27.3% engagement rate in new enrollments, supporting the hypothesis of latency reduction. A one-month operational analysis highlights the potential of automation technologies as proactive tools to support efforts against school dropout.*

Resumo. *A evasão escolar na Educação de Jovens e Adultos (EJA) é um desafio crítico, intensificado por processos de acompanhamento manuais e reativos. Este artigo apresenta a implementação e análise de desempenho de um sistema multiagente (SMA), para otimizar a gestão pedagógica de alunos em um Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA). O sistema é composto por quatro agentes autônomos que automatizam a busca ativa, a validação de dados, o acolhimento de novos alunos e ações de relacionamento. O desempenho é avaliado com métricas quantitativas de engajamento e eficiência. Os resultados apontam uma taxa de retorno de 27,0% na busca ativa e 27,3% de engajamento em novas matrículas, validando a hipótese de redução de latência. A análise de um mês de operação demonstra o potencial de tecnologias de automação como ferramenta proativa no apoio ao combate à evasão escolar.*

1. Introdução

A evasão escolar continua sendo um dos principais desafios enfrentados pelo Brasil na garantia do direito à educação plena, conforme previsto na Constituição Federal [Brasil 1988]. Embora dados do Censo Escolar de 2023 indiquem leve melhora na permanência, o problema persiste em diversas modalidades da educação básica [INEP 2023]. Regiões como o Nordeste apresentam taxas preocupantes, onde cerca de 25% dos alunos não concluem o ensino médio [Filho 2024].

Por ser uma rede complexa, a Educação Básica brasileira dividiu-se em modalidades de ensino com públicos-alvo diferentes e, dentre essas modalidades mais afetadas destaca-se a Educação de Jovens e Adultos (EJA), que registra os maiores índices

de evasão. Esses números são influenciados pelas particularidades do público atendido, como a necessidade de trabalhar, fatores financeiros e questões pessoais ou familiares [Vidal 2025]. Fatores institucionais e pedagógicos também contribuem para o abandono [Silva 2023]. Conforme [Santos 2019], a evasão afeta o desenvolvimento social e econômico das comunidades. No estado do Ceará, pesquisas mostram que a evasão liga-se à ausência de suporte educacional e descontinuidade de vínculos [Lima 2020]. Contudo, as abordagens para mitigar esse problema ainda não são estruturadas, permanecendo reativas e manuais, o que evidencia a falta de sistemas computacionais proativos.

Para contextualizar o que é evasão, é necessário primeiramente compreender seus ciclos. O ciclo da evasão define-se por estágios: inicia-se com a infrequência (faltas sem rompimento do vínculo) [Lima 2019], seguida pela busca ativa, processo realizado pela escola com o objetivo de trazer o aluno de volta. A falha dessa intervenção resulta em evasão escolar (abandono definitivo) [Barros 2024]. Na rede estadual do Ceará, o aluno é considerado evadido após 60 dias consecutivos de ausência [Ceará 2024]

Para organizar a EJA, o Ceará institui escolas específicas para esse objetivo que são chamados de Centros de Educação de Jovens e Adultos (CEJA). Segundo a Secretaria da Educação (Seduc-CE), o CEJA tem como finalidade a oferta de escolarização para jovens e adultos que não concluíram a educação básica na idade apropriada [Seduc-CE 2017]. Atualmente, existem 32 unidades no estado, atendendo alunos a partir de 15 anos (fundamental) e 18 anos (médio).

Para diminuir os índices de evasão e aprimorar os processos manuais, propõe-se a adoção de um sistema multiagente integrado ao sistema já existente na escola, denominado Sistema Acadêmico de Busca Ativa (SIBA), que passaria a ser chamado de SIBA-SMA em razão da implantação de Sistemas Multiagentes (SMA). O objetivo é aplicar tecnologias SMA para aprimorar o acompanhamento discente através de monitoramento proativo. Segundo [Wooldridge 2013], sistemas multiagentes são compostos por agentes que colaboram na resolução de tarefas específicas.

Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a implantação de um Sistema Multiagentes (SMA) no CEJA João Ricardo da Silveira, em Quixadá-CE. O foco do estudo é a implantação de quatro agentes específicos para automação. O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta trabalhos relacionados; a Seção 3 detalha a metodologia e arquitetura; a Seção 4 descreve o estudo de caso e resultados; e por fim a Seção 5 apresenta conclusões e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

A literatura sobre combate à evasão escolar com auxílio computacional pode ser analisada sob um eixo que distingue o diagnóstico (predição) da execução (intervenção). A maioria dos trabalhos foca na precisão da identificação do risco, deixando uma lacuna na automação do fluxo de comunicação.

No campo preditivo, [Juliani 2025] utilizam Árvores de Decisão para identificar evasão em graduação EaD. Avançando para o uso de IA, [Magalhães et al. 2023] integram agentes conversacionais ao algoritmo XGBoost, alcançando 97% de acurácia. Embora precisos no diagnóstico, esses modelos limitam-se a gerar alertas em painéis, mantendo a dependência da iniciativa humana para consultar os dados e realizar o contato.

Quanto às arquiteturas de Sistemas Multiagentes (SMA), o foco predominante é o monitoramento em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs). [Gonçalves et al. 2014] desenvolveram agentes para acompanhar interações no Moodle, enquanto [Wilges et al. 2010] propõe um modelo conceitual de notificação de riscos. Uma abordagem híbrida é apresentada por [Lira et al. 2016], que combinam Mineração de Dados com SMA na plataforma JADE, obtendo 92,5% de acerto. Contudo, a ação final dos agentes ficam restritas a notificar tutores dentro do próprio ambiente virtual.

2.1. Lacunas e Contribuição

A literatura educacional recente já documenta o uso de mensagens de texto e WhatsApp para suporte emocional, engajamento e retenção de alunos [Mogashana and Basitere 2021, Campbell and Mogashana 2025], com impacto direto na redução da evasão [Edge and Gladstone 2022, Abdul-Rahaman et al. 2023]. Porém, observa-se que, embora existam soluções para prever a evasão, há falta de pesquisas aplicadas à Educação de Jovens e Adultos (EJA) que automatizem ações capazes de contribuir para a diminuição dos índices de evasão. A principal lacuna identificada não está na detecção, mas na logística da intervenção. Diferentemente das abordagens passivas, este trabalho propõe agentes que atuam proativamente em duas frentes: (1) notificações via WhatsApp a professores sobre alunos em busca ativa imediata e verificação de dados; e (2) diálogo direto com alunos em momentos críticos de acolhimento (matrículas) e relacionamento (aniversários), reduzindo o gargalo da equipe pedagógica. A Tabela 1 compara os trabalhos relacionados com esta proposta.

Tabela 1. Comparativo entre trabalhos relacionados e a proposta atual.

Trabalho	Foco Principal	Técnica	Tipo de Intervenção
[Juliani 2025]	Predição de Evasão	Árvores de Decisão	Alerta em Painel (Passiva)
[Magalhães et al. 2023]	Predição e Chatbot	XGBoost + IA	Reativa (Aluno procura)
[Gonçalves et al. 2014]	Monitoramento AVA	Agentes Pedagógicos	Notificação no Moodle
[Campbell and Mogashana 2025], [Edge and Gladstone 2022]	Retenção via Mensageria	WhatsApp/SMS + Humano	Reativa (equipe aciona)
Este Trabalho	Logística de Ação (EJA)	SMA + Automação	Proativa (Agente Autônomo)

3. Metodologia

Este estudo adota uma abordagem de pesquisa aplicada com método quantitativo, caracterizado como um estudo de caso único de natureza exploratória. A pesquisa torna-se experimental, sem grupo controle, focado na avaliação de viabilidade de funcionamento e eficácia das intervenções automatizadas em ambiente real de produção. A mesma foi conduzida no Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) João Ricardo da Silveira, em Quixadá - CE. O período de análise compreendeu o mês de outubro de 2025, totalizando 19 dias letivos de funcionamento e em ambiente de produção (real).

Hipótese de Pesquisa: A hipótese central deste estudo é que a introdução de agentes autônomos para monitoramento e intervenção reduz o tempo de latência (demora) entre a detecção do problema (ex: infrequência) e a ação corretiva, resultando em taxas de engajamento superiores às obtidas pelos processos manuais.

Coleta de Dados e Instrumentos: A coleta de dados foi estruturada tendo como instrumento principal uma Planilha de Controle e Monitoramento, utilizada para auditar e

consolidar as ações do sistema. O processo seguiu uma triangulação de fontes: (1) **Planilha de Controle (Fonte Principal)**: Registro manual diário de cada intervenção (ex: resposta do aluno, confirmação de retorno, correção realizada). Este instrumento serviu para validar a eficácia real das ações geradas pelo sistema; (2) **Logs do Sistema (n8n)**: Utilizados para verificação técnica dos disparos e confirmação de entrega das mensagens; e (3) **Banco de Dados (SIBA)**: Consultado para validar o impacto acadêmico (ex: Verificação de retorno de alunos).

Fluxo de Coleta de Dados: A coleta seguiu um fluxo diário onde: (1) agentes executavam automaticamente em horários programados; (2) mensagens eram enviadas via Evolution API; (3) sistema gerava logs de execução no n8n; (4) pesquisador registrava manualmente na Planilha de Controle os desfechos das intervenções (ex: aluno retornou, respondeu, correção realizada); (5) ao final do mês os dados foram consolidados para análise.

Desenho do Experimento: O sistema foi implantado em 1º de outubro de 2025 e permaneceu em operação contínua durante todo o mês. Os quatro agentes executaram suas rotinas diariamente de forma automatizada em horários pré-programados (Busca Ativa: 08h00; Avaliações e Orientações: 10h00; Novas Matrículas: 08h15; Aniversário: 08h30), gerando eventos específicos de intervenção quando as condições programadas foram satisfeitas. Essa abordagem combina monitoramento contínuo com ações pontuais, garantindo proatividade sistemática no combate à evasão.

3.1. Cenário Anterior: Processos Manuais e Reativos

O CEJA adota o ensino semipresencial, onde a flexibilidade de horários exige controle rigoroso de frequência. Antes da automação, a instituição utilizava um sistema acadêmico centralizado, mas a identificação de riscos dependia da análise manual de relatórios semanais por coordenadores pedagógicos. Esse fluxo gerava gargalos operacionais específicos:

Busca Ativa Tardia: A identificação de alunos ausentes dependia da análise de relatórios semanais pela coordenação. Esse fluxo gerava atrasos entre a ausência e o contato, muitas vezes acumulando dias críticos de afastamento antes de qualquer intervenção.

Verificação de Dados Esporádica: Não havia fluxo contínuo para validação de registros no sistema, gerando inconsistências identificadas apenas no fechamento mensal por meio do relatório “Síntese de Atendimentos”, elaborado pelos professores.

Lacunas no Acolhimento: O acompanhamento de recém-matriculados (7 dias sem frequência) e ações de relacionamento (aniversários) ocorriam de maneira não sistematizada, dependendo da disponibilidade ocasional da equipe.

3.2. Arquitetura do Sistema Multiagente Proposto

O sistema proposto foi baseado em multiagentes e projetado para ser proativo e automatizado, reaproveitando a estrutura já existente, composta por um banco de dados em MySQL do sistema denominado Sistema Integrado de Busca Ativa (SIBA), utilizado para gerenciar informações dos alunos, como frequência, notas e registros dos contatos realizados pela equipe de professores. Nesse contexto, adotam-se agentes autônomos, que tomam decisões localmente a partir de informações obtidas do ambiente, sem comunicação explícita entre si e sem o uso de modelos de linguagem de grande porte (LLMs), em linha com a definição clássica de agentes autônomos em sistemas multiagentes, conforme

discutido em [Wooldridge 2013]. A arquitetura integra o banco de dados com um orquestrador de fluxos e um *gateway* de comunicação para o envio de notificações. A seguir, detalha-se o funcionamento de cada um dos quatro agentes implementados.

O **Agente de Busca Ativa** consulta o banco diariamente para identificar alunos com exatos 15 dias de ausência. Ao detectar, envia mensagem formatada via WhatsApp ao professor responsável que atendeu o aluno pela ultima vez, contendo dados para contato imediato. O **Agente de Avaliações e Orientações** consulta os registros do dia anterior em dias letivos e envia a cada professor um resumo individualizado com alunos atendidos, tipo de atendimento e notas, para validação, garantindo a integridade dos dados. O **Agente de Novas Matrículas** identifica alunos matriculados há sete dias sem frequência e envia mensagem de acolhimento diretamente ao aluno, incentivando o início das atividades. O **Agente de Aniversário** realiza a busca diária de aniversariantes e envia felicitações personalizadas, visando o fortalecimento do vínculo institucional.

3.3. Ferramentas e Justificativa Tecnológica

Visando a sustentabilidade financeira, a implementação priorizou ferramentas *open source* orquestradas na plataforma **Docker**, cuja tecnologia de containerização garante o isolamento das dependências e a portabilidade do ambiente. Para a orquestração dos fluxos, optou-se pelo framework **n8n** em detrimento de soluções baseadas puramente em IA Generativa (como CrewAI), devido a limitações de *tokens* e custos observados em testes iniciais, permitindo a construção de agentes autônomos robustos e previsíveis, e com possibilidade de expansão em trabalhos futuros com uso de LLMs. A camada de comunicação utiliza a **Evolution API**, que atua como *gateway* para o WhatsApp (via biblioteca Baileys), viabilizando o envio de mensagens sem custos por transação, essencial para o volume de interações escolares. Essa arquitetura é mostrada na Figura 1.

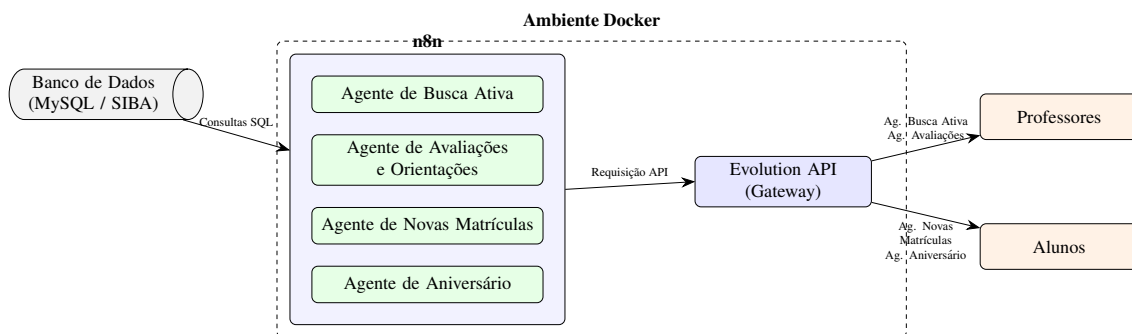


Figura 1. Diagrama da arquitetura do SIBA-SMA, ilustrando o fluxo de dados do banco para os agentes (n8n) e a entrega via Evolution API.

3.4. Métricas e Parâmetros de Avaliação

Para mensurar o impacto da implementação, foram definidas métricas quantitativas focadas na eficácia da intervenção (Tabela 2).

3.4.1. Parâmetros de Referência (Benchmarks)

Para contextualizar e avaliar os resultados obtidos, foram estabelecidos limiares de desempenho baseados na literatura e nos indicadores de fluxo da EJA. Esses valores representam

Tabela 2. Métricas de Análise de Desempenho por Agente.

Agente	Métrica	Descrição
Busca Ativa	Taxa de Retorno	Percentual de alunos infrequentes que retornaram às atividades após a intervenção.
Novas Matrículas	Taxa de Engajamento	Percentual de alunos recém-matriculados (contatados) que iniciaram a frequência.
Avaliações e Orientações	Taxa de Correção	Percentual de resumos diários enviados aos professores que geraram correção de dados.
Aniversário	Taxa de Resposta	Percentual de alunos que responderam à mensagem de felicitação.

o que seria considerado um “resultado bom” ou satisfatório para cada métrica, servindo como parâmetros para a análise comparativa.

- **Busca Ativa:** Intervenções em contextos de EJA enfrentam desafios estruturais, visto que a taxa de conclusão no tempo previsto na Rede Federal é de apenas **19,35%**, enquanto a evasão atinge **65,35%** [Albuquerque et al. 2024]. Diante desse cenário crítico, taxas de retorno superiores a **20%** justificam-se como exitosas, pois, no histórico empírico do CEJA, resgatar um quinto dos alunos já infrequentes (com 15 dias de ausência) já se torna um bom resultado. Além disso, essa taxa supera expressivamente os resultados das abordagens manuais convencionais na literatura [Arêas et al. 2019].
- **Novas Matrículas:** O abandono precoce é crítico, com estimativas históricas de evasão em torno de **50%** [Barros 2024]. Considerando que houve uma queda de aproximadamente **22%** nas matrículas totais da EJA entre 2019 e 2023 [Nascimento and Fernandes 2024], taxas de engajamento acima de **20%** indicam eficácia no contato proativo para frear a perda de alunos.
- **Avaliações e Orientações:** O valor de **3%** foi adotado empiricamente com base nos erros históricos encontrados pela coordenação, alinhando-se à taxa natural em transcrições manuais da literatura (3,7%) [Szymczak et al. 2018]. Anteriormente, as correções ocorriam no fechamento mensal. Taxas acima desse percentual demonstram a eficácia do agente em corrigir inconsistência no banco de dados.
- **Aniversário (Relacionamento):** O fortalecimento das relações sociais e do sentimento de pertencimento são elementos importantes para a permanência na EJA [Albuquerque et al. 2024]. Taxas de resposta acima de **40%** em ações de relacionamento via WhatsApp indicam um engajamento satisfatório, combatendo a desmotivação citada como causa primária para a saída da escola [Silva 2023].

Além das métricas por agente, foram definidos parâmetros operacionais para avaliar a **carga de trabalho** gerada pelo sistema:

- **Volume de Mensagens/Dia:** Espera-se uma média de 10-20 mensagens diárias, variando conforme a demanda escolar.
- **Taxa de Entrega:** Meta mínima de 90% para garantir confiabilidade na comunicação.
- **Execuções Bem-Sucedidas:** Meta de 90% de sucesso nas execuções programadas dos agentes.

Dado o caráter inédito da aplicação de SMA em CEJA semipresencial e a ausência de dados históricos sistematizados sobre intervenções manuais anteriores na instituição, estes valores servem como referências para análise qualitativa dos resultados, permitindo avaliar se a automação trouxe ganhos significativos em relação aos processos manuais.

4. Resultados e Discussão

A implantação do sistema multiagente no CEJA João Ricardo da Silveira representa uma transição de modelo reativo e manual para modelo proativo e automatizado na gestão pedagógica de aluno. Esta seção apresenta evidências quantitativas dessa transição através da análise dos dados operacionais coletados durante o primeiro mês completo de operação (outubro/2025, 19 dias letivos). Durante este período, o sistema processou dados de 573 alunos matriculados, identificou 100 casos de infrequência, contactou 11 novas matrículas em risco, validou 165 registros acadêmicos e fortaleceu vínculos com 31 aniversariantes. Os resultados resumidos na Tabela 3 mostram que a automação não apenas é viável operacionalmente, mas também produz resultados observáveis no combate à evasão escolar.

Tabela 3. Resumo dos Resultados e Objetivos dos Agentes (um mês).

Agente	Alvo (Input)	Resultado (Outcome)	Taxa (%)
Busca Ativa	100 Infrequentes	27 Retornaram	27,0%
Novas Matrículas	11 Novas Matrículas	3 Iniciaram	27,3%
Aniversário	31 Aniversariantes	21 Responderam	67,7%
Avaliações	165 Registros	8 Correções	4,8%

4.1. Carga de Trabalho Gerada pelo Sistema

Antes da análise dos agentes, é essencial quantificar a carga de trabalho automatizada. Durante os 19 dias de operação, foram realizadas **76 execuções programadas** (4 agentes × 19 dias), todas bem-sucedidas, totalizando **287 mensagens enviadas**, representando uma média de **15,1 mensagens por dia**, com variação entre 9 e 20 mensagens diárias conforme a demanda escolar. A Figura 2 mostra a variabilidade e a capacidade do sistema de absorver picos de demanda sem intervenção humana.

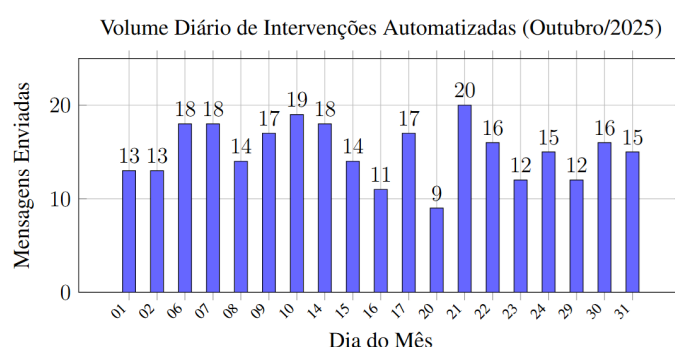


Figura 2. Distribuição diária do volume de mensagens enviadas por todos os agentes, exibindo a constância operacional e variação conforme demanda.

4.2. Análise Individual dos Agentes

4.2.1. Agente de Avaliações e Orientações

Este agente visa garantir a integridade dos dados no sistema acadêmico, enviando resumos diários aos professores sobre as avaliações e orientações do dia anterior. No período de 19 dias, foram enviadas **165 mensagens** aos docentes, com uma média de **8,7 mensagens por dia**. Foram reportadas pelos professores **8 inconsistências**, gerando 8 correções

no sistema acadêmico, resultando em uma **taxa de correção de 4,8%**. **Análise:** A taxa obtida (4,8%) supera o limiar de 3% estabelecido como meta, confirmando a eficácia do agente na detecção precoce de inconsistências. Comparado ao cenário anterior onde as correções ocorriam apenas no fechamento mensal, o sistema agora identifica e corrige erros em tempo real, prevenindo o acúmulo de inconsistências que comprometiam a qualidade dos dados pedagógicos.

4.2.2. Agente de Novas Matrículas

O objetivo desse agente é identificar alunos que se matricularam há exatamente 7 dias sem frequência escolar. Foram enviadas **11 mensagens** diretamente para os alunos, resultando em uma **taxa de resposta de 90,9%** (10 de 11 alunos). Dentre os alunos contatados, **3 iniciaram seus estudos**, gerando uma **taxa de engajamento de 27,3%**. **Análise:** A taxa de engajamento de 27,3% supera significativamente a meta de 20%. Este resultado é relevante considerando que, no cenário manual, não havia uma ação sistemática para contatar novos matriculados. O agente conseguiu resgatar proativamente estudantes que já apresentavam risco de abandono precoce, um problema recorrente na EJA [Santos 2019].

4.2.3. Agente de Aniversário

Este agente tem como objetivo fortalecer o vínculo entre alunos e instituição. Foram enviadas **38 mensagens** de felicitação, com **31 entregues com sucesso** (taxa de entrega de 81,6%). Dentre as entregues, **21 alunos responderam** agradecendo, resultando em uma **taxa de resposta de 67,7%**. **Análise:** A taxa de resposta de 67,7% supera amplamente o limiar de 40% considerado satisfatório. Este resultado demonstra alto engajamento dos alunos com ações de relacionamento personalizadas, transformando uma ação pontual em uma ferramenta sistemática de prevenção à evasão através do fortalecimento de vínculos.

4.2.4. Agente de Busca Ativa

Este é o agente mais crítico no combate à evasão. Em um universo de 573 matrículas, o agente identificou **100 alunos** com exatamente 15 dias de infrequência (17,5% do total). Foram enviadas **73 mensagens** para professores (múltiplos alunos por professor) e **27 alunos retornaram** às atividades, resultando em uma **taxa de retorno de 27,0%**. **Análise:** A taxa de retorno de 27,0% supera o limiar de 20% considerado positivo para contextos de EJA. Este resultado é significativo pois indica que o sistema atuou sobre uma parcela relevante de estudantes (17,5% do total) que já estavam em rota de abandono. Comparado ao cenário manual com intervenções semanais (e muitas vezes tardias), o agente proporciona uma resposta imediata no 15º dia de ausência, evitando o acúmulo de dias sem contato.

4.3. Análise Estatística e Comparativa

A Tabela 4 apresenta estatísticas descritivas consolidadas do desempenho operacional do sistema. Para complementar a análise, a Figura 3 compara visualmente o volume de ações (*Input*) com os resultados obtidos (*Outcome*) por cada agente.

Tabela 4. Estatísticas descritivas do desempenho operacional do SMA (outubro/2025).

Métrica Operacional	Média/Total	Min	Max	Observação
Mensagens enviadas (total)	287	-	-	Total (19 dias)
Mensagens/dia (média)	15,1	9	20	Alta variabilidade
Alunos únicos contatados	142	-	-	Período total
Taxa de entrega	92,3%	89%	96%	Média diária
Execuções programadas	76	-	-	94,7% sucesso

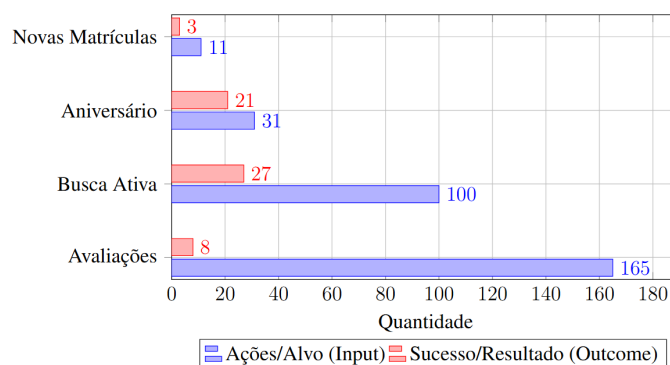


Figura 3. Volume de ações e o resultado efetivo obtido por agente, evidenciando a proporção de sucesso em relação ao total de intervenções.

Estabilidade Operacional: O sistema demonstrou boa confiabilidade, com 94,7% de execuções bem-sucedidas. A taxa de entrega de mensagens manteve-se consistentemente alta (92,3%), indicando confiabilidade do gateway Evolution API. A variabilidade no número de mensagens enviadas por dia reflete a natureza dinâmica do contexto escolar, onde diferentes quantidades de alunos atendem aos critérios de intervenção a cada dia.

Ganho de Proatividade: Conforme Seção 3.1, o cenário anterior caracterizava-se por processos manuais e reativos. O SMA automatizou completamente esse processo, realizando identificações diárias com notificação imediata, eliminando o gargalo humano. Embora não seja possível quantificar precisamente a melhoria temporal devido à ausência de dados históricos, a transição de verificações semanais para monitoramento diário representa uma mudança qualitativa significativa na capacidade de resposta da instituição.

4.4. Discussão Comparativa com as Metas Estabelecidas

Todos os agentes superaram os limiares estabelecidos na Seção 3.4.1:

- **Busca Ativa:** 27,0% vs. meta de 20% - Superação de 35% em relação à meta.
- **Novas Matrículas:** 27,3% vs. meta de 20% - Superação de 36,5%.
- **Avaliações/Orientações:** 4,8% vs. meta de 3% - Superação de 60%.
- **Aniversário:** 67,7% vs. meta de 40% - Superação de 69,3%.

Além do desempenho individual, o sistema como um todo demonstrou eficácia operacional: **Carga de trabalho:** Média de 15,1 mensagens/dia dentro da faixa esperada (10-20); **Confiabilidade:** 94,7% de execuções bem-sucedidas e 92,3% de taxa de entrega; e **Escalabilidade:** Capacidade de processar 573 alunos e gerar intervenções personalizadas. Os resultados indicam que o SIBA-SMA não apenas atingiu mas superou significativamente as expectativas de desempenho estabelecidas com base na literatura.

A taxa de retorno de 27% na busca ativa é particularmente significativa, representando 27 alunos que retornaram dentre os 100 identificados como infrequentes. Considerando que cada aluno evitado de evadir representa um ganho social e educacional importante, o sistema demonstra impacto concreto no combate à evasão escolar, conforme Figura 3.

4.5. Limitações e Ameaças à Validade

Este estudo caracteriza-se como análise de viabilidade com duração de um mês. Os resultados representam indicadores preliminares de desempenho operacional, sendo recomendado acompanhamento em períodos mais longos para avaliar impactos sustentáveis, por não abranger todos os períodos sazonais da escola onde o sistema foi implantado. Além disso, não houve grupo de controle para os cenários testados, o que dificulta a comparação com outras abordagens. Os resultados obtidos são específicos de uma única instituição e podem não se repetir em outros contextos, limitando sua generalização.

5. Considerações Finais

Este artigo apresentou a implementação e a análise de desempenho de um Sistema Multiagente (SMA) para otimizar a gestão pedagógica e combater a evasão escolar em um CEJA com 573 alunos matriculados, através de 4 agentes. O estudo demonstrou a viabilidade de implementação desses agentes, através de ganhos de eficiência, proatividade, e taxas de retorno e engajamento. O primeiro mês de operação mostrou resultados satisfatórios, demonstrando a viabilidade da automação nos processos pedagógicos.

Na Busca Ativa, o resultado da taxa de retorno de 27% (de um universo de 100 alunos infrequentes) demonstrou a viabilidade da ação, mesmo diante do curto período do experimento. Isso demonstra a capacidade do agente em aplicar uma 'Busca Ativa' imediata e sistemática. No Acolhimento a novos matriculados, obteve-se 90,9% de resposta nos contatos realizados, contribuindo para o engajamento de 3 desses alunos (27,3%), estabelecendo uma ação de resgate proativa. Na Integridade dos Dados, através do Agente de Orientação e Avaliação, o sistema validou 165 registros e gerou 8 correções, garantindo um processo de validação contínuo. No Relacionamento, através do Agente de Aniversário, a taxa de resposta de 67,7% demonstrou a eficiência deste agente na criação de vínculos e na automação desta ação de relacionamento.

Conclui-se que a implantação no primeiro mês foi operacionalmente bem-sucedida, com resultados que justificam a continuidade do projeto. Mostrou-se como uma ferramenta de combate à evasão escolar que pode ser expandida para outras áreas da escola, na forma de outros agentes. O estudo de um mês comprova a viabilidade da implantação multiagente com ferramentas *open source* (Evolution API, n8n e Docker), que não geraram custos, permitindo o reaproveitamento de máquinas da instituição.

Para trabalhos futuros, recomenda-se que a coleta de dados tenha duração mínima de 6 meses, podendo se estender até 12 meses, a fim de abranger um ano letivo completo. Esse intervalo permite analisar sazonalidades e verificar se os resultados se mantêm ao longo do tempo. Além disso, integrar envios multicanais (SMS/voz) como estratégia para enfrentar a exclusão digital. Recomenda-se também replicar a metodologia em outras unidades do CEJA, aplicando análise qualitativa da interação com os alunos em diferentes contextos educacionais. No aspecto técnico, propõe-se desenvolver novos agentes voltados a outras demandas pedagógicas e explorar agentes cognitivos baseados em LLMs,

conforme discutido na metodologia. Esses agentes podem atuar em tarefas mais complexas, como tutoria inteligente, sugestão de materiais didáticos e análise preditiva de risco de evasão.

Declaração sobre Uso de Inteligência Artificial

Este artigo utilizou recursos de IA para apoiar a geração dos gráficos e correções gramaticais. Todo o conteúdo foi obtido e analisado baseado nas experiências dos autores.

Referências

- Abdul-Rahaman, N. et al. (2023). The tertiary experience: Of social integration, retention and persistence – a review. *Public Organization Review*, 23(1):133–147.
- Albuquerque, A., Moraes, G. H., dos Santos, R., and de Santana Moreira Oliveira da Silva, S. (2024). As taxas de conclusão da educação de jovens e adultos na forma integrada à educação profissional, uma face a mais da exclusão. *Cadernos de Estudos e Pesquisas em Políticas Educacionais*, 10:105–132.
- Arêas, H. C. A. et al. (2019). A estratégia de busca ativa na articulação da educação profissional com a educação de jovens e adultos. In Carmo, G. T., editor, *O enigma da permanência na educação: incursões técnicas e metodológicas para investigação*, pages 125–131. Brasil Multicultural, Campos dos Goytacazes.
- Barros, E. B. (2024). Evasão escolar na modalidade EJA. *Entre os Avanços e as Vivências Científicas: Estudos Multitemáticos*, 3(22):1–15.
- Brasil (1988). Constituição da república federativa do brasil de 1988. Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 26 set. 2025.
- Campbell, A. L. and Mogashana, D. (2025). Assessing the effectiveness of academic coaching interventions for student success in higher education: A systematic review. *Innovations in Education and Teaching International*, 62(4):1325–1347.
- Ceará (2024). Diário oficial do estado. Publicado em 13 de novembro de 2024, página 51. Disponível em: <https://pesquisa.doe.seplag.ce.gov.br/>. Acesso em: 12 maio 2026.
- Edge, D. and Gladstone, N. (2022). Exploring support strategies for improving nursing student retention. *Nursing Standard*, 37(9):e11914.
- Filho, A. C. d. L. (2024). Um estudo sobre a evasão escolar no ensino médio da região nordeste. *Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica*, 3(18).
- Gonçalves, E. J. T. et al. (2014). Uma abordagem baseada em agentes de apoio ao ensino a distância utilizando técnicas de engenharia de software. In *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 219–230. SBC.
- INEP (2023). Censo escolar 2023: Mec e inep divulgam resultados da educação básica. INEP. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/mec-e-inep-divulgam-resultados-do-censo-escolar-2023>. Acesso em: 26 set. 2025.
- Juliani, J. P. (2025). Predição de evasão em cursos ead: um modelo baseado em Árvore de decisão que integra causas exógenas e endógenas. *EaD em Foco*, 15(1):e2504–e2504.

- Lima, A. d. O. (2019). As origens emocionais da evasão: apontamentos etnográficos a partir da educação de jovens e adultos. *Horizontes Antropológicos*, 25:253–272.
- Lima, C. P. L. d. (2020). Baixos índices de conclusão dos alunos que ingressam na EJA semipresencial em um centro de educação no Ceará: desafios e possibilidades. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- Lira, K. C. et al. (2016). Utilizando mineração de dados e sistemas multiagentes na análise da evasão em educação a distância por meio do perfil dos alunos. In *BRAZILIAN CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEM (BRACIS)*, volume 5, pages 1–12.
- Magalhães, R. et al. (2023). A conversational agent for smart schooling a case study on k-12 dropout risk assessment. In *Sustainable Smart Cities and Territories International Conference*, pages 124–134. Springer.
- Mogashana, D. and Basitere, M. (2021). Proactive student psychosocial support intervention through life coaching: A case study of a first-year chemical engineering extended curriculum programme. *Journal of Student Affairs in Africa*, 9(2):217–231.
- Nascimento, J. and Fernandes, A. C. (2024). Desafios e perspectivas da educação de jovens e adultos no Brasil: Uma análise dos dados do Censo Escolar (2019-2023). *Revista Internacional de Educação de Jovens e Adultos*, 7(13):280–294.
- Santos, D. M. (2019). Evasão escolar na EJA: estudo comparativo em uma escola da rede pública estadual de Pacatuba–CE. *Brazilian Journal of Development*, 5(10):7.
- Seduc-CE (2017). Centro de educação de jovens e adultos (ceja). Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br/2017/08/16/centro-de-educacao-de-jovens-e-adultos-ceja/>. Acesso em: 26 set. 2025.
- Silva, F. (2023). *A evasão escolar na educação de jovens e adultos em uma escola de Grajaú - MA*. Monografia, Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, MA.
- Silva, R. R. d. (2023). Evasão na educação de jovens e adultos: causas, impactos e estratégias de prevenção. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia)*.
- Szymczak, J. E. et al. (2018). Measuring the rate of manual transcription error in outpatient point-of-care testing. *JAMIA Open*, 1(2):274–282. PMID: PMC6351970. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6351970/>.
- Vidal, F. L. F. (2025). As causas da evasão escolar na educação de jovens e adultos (EJA): um estudo sobre desafios e perspectivas. Disponível em: https://www.duxeducare.com.br/wp-content/uploads/2025/06/as_causas_da_evasao_escolar_na_educacao_de_jovens_e_adultos.pdf. Acesso em: 12 maio 2026.
- Wilges, B. et al. (2010). Sistemas multiagentes: mapeando a evasão na educação a distância. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 8(1):1–10.
- Wooldridge, M. (2013). *An Introduction to MultiAgent Systems*. John Wiley & Sons, Chichester, 2 edition.