

Sistemas de Alocação de Estudantes em Escolas: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Title: Student Allocation Systems in Schools: A Systematic Literature Review

Título: Sistemas de asignación de estudiantes en las escuelas: una revisión sistemática de la literatura

Anderson Pinheiro Cavalcanti
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) /
CESAR School
ORCID: 0000-0002-5228-1583
anderson.pinheiro@ufrpe.br

Samara Monteiro Xavier
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
ORCID: 0009-0006-0818-3034
samara.xavier@ufrpe.br

Juliana Maria da Silva Venâncio
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
ORCID: 0009-0004-2461-8291
julianamaria.sv@gmail.com

Péricles Barbosa Cunha de Miranda
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
ORCID: 0000-0002-5767-7544
pericles.miranda@ufrpe.br

André Câmara Alves do Nascimento
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
ORCID: 0000-0002-9333-3212
andre.camara@ufrpe.br

Rafael Ferreira Leite de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) /
CESAR School
ORCID: 0000-0003-3548-9670
rafael.mello@ufrpe.br

Resumo

Alocar estudantes em escolas públicas é um desafio logístico e social com efeitos diretos sobre equidade, acesso e qualidade educacional, especialmente em contextos de demanda desigual e restrições de capacidade. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre sistemas de alocação de estudantes em escolas, cobrindo o período de 2014 a 2024. A revisão contempla estudos nacionais e internacionais que propõem diferentes abordagens para o problema, incluindo modelos baseados em preferências, distância, capacidade das escolas e composição socioeconômica. Também são analisados os principais algoritmos utilizados, como casamento estável, métodos heurísticos e meta-heurísticos, entre outros. A síntese evidencia objetivos recorrentes, como minimização de distâncias e custos, estabilidade das alocações e ocupação eficiente, e discute barreiras práticas: qualidade e integração de dados, transparência de regras, aceitação social, desigualdades territoriais e custos computacionais em larga escala. Com isso, busca-se oferecer uma visão abrangente sobre as soluções propostas e suas implicações para a formulação de políticas públicas mais justas e eficientes no campo educacional.

Palavras-chave: Sistemas de Alocação; Alocação de Estudantes; Escolas; Revisão Sistemática da Literatura.

Abstract

Allocating students to public schools is a logistical and social challenge with direct effects on equity, access, and educational quality, especially in contexts of uneven demand and capacity constraints. This article presents a literature review of student-school allocation systems covering the period from 2014 to 2024. The review includes national and international studies that propose different approaches to the problem, including models based on preferences,

distance, school capacity, and socioeconomic composition. It also examines the main algorithms employed, such as stable matching, heuristic and metaheuristic methods, among others. The synthesis highlights recurring objectives, including minimizing distances and costs, ensuring stable allocations, and achieving efficient capacity utilization, and discusses practical barriers: data quality and integration, rule transparency, social acceptance, territorial inequalities, and large-scale computational costs. The aim is to provide a comprehensive overview of proposed solutions and their implications for designing fairer and more efficient public policies in education.

Keywords: Allocation Systems; Student Allocation; Schools; Systematic Literature Review.

Resumen

La asignación de estudiantes a escuelas públicas es un desafío logístico y social con impactos directos en la equidad, el acceso y la calidad educativa, especialmente en contextos de demanda desigual y limitaciones de capacidad. Este artículo presenta una revisión bibliográfica sobre los sistemas de asignación de estudiantes a escuelas, que abarca el período 2014-2024. La revisión incluye estudios nacionales e internacionales que proponen diferentes enfoques al problema, incluyendo modelos basados en preferencias, distancia, capacidad escolar y composición socioeconómica. También se analizan los principales algoritmos utilizados, como el emparejamiento estable, métodos heurísticos y metaheurísticos, entre otros. La síntesis destaca objetivos recurrentes, como la minimización de distancias y costos, la estabilidad de la asignación y la ocupación eficiente, y analiza las barreras prácticas: calidad e integración de datos, transparencia de las normas, aceptación social, desigualdades territoriales y costos computacionales a gran escala. El objetivo es brindar una visión integral de las soluciones propuestas y sus implicaciones para la formulación de políticas públicas más justas y eficientes en el ámbito educativo.

Palabras clave: Sistemas de Asignación; Asignación de Estudiantes; Escuelas; Revisión Sistemática de la Literatura.

1 Introdução

A tarefa de alocar estudantes em escolas públicas é um desafio logístico e social significativo enfrentado por sistemas educacionais em todo o mundo (Neto et al., 2022). A forma como essa alocação é realizada tem profundas implicações para a equidade e a qualidade da educação, afetando desde o acesso a oportunidades educacionais até o desempenho acadêmico dos alunos (Bouzarth et al., 2018; Delgado, 2013). Historicamente, os sistemas de matrícula em muitas regiões, como em Belo Horizonte antes de 1993, eram frequentemente descentralizados e careciam de critérios transparentes e unificados para a alocação de vagas. Essa falta de organização centralizada resultava em longas filas nas escolas mais procuradas e permitia a adoção de práticas informais e acordos que podiam levar a clientelismo e seleção discricionária de vagas, onde a concessão de matrículas dependia mais de favores pessoais, relações ou critérios arbitrários do que de regras claras e impessoais (Delgado, 2013). Além disso, a busca por vagas acabava se concentrando nas escolas consideradas “melhores”, mesmo que outras unidades ainda tivessem lugares disponíveis, o que mostra como a percepção da qualidade entre as escolas pode variar bastante (Delgado, 2013).

Em resposta a esses problemas, diversos sistemas de alocação de estudantes têm sido implementados globalmente, visando racionalizar e organizar o processo de matrícula. A informatização e centralização de partes do processo, como observado em Belo Horizonte com a criação do cadastro escolar em 1993 (Delgado, 2013) e no Rio de Janeiro com a matrícula informatizada (Vianna et al., 2023), buscaram eliminar as filas e prover maior segurança e organização. O objetivo primordial desses sistemas é garantir o acesso universal à educação básica, conforme diretrizes constitucionais no Brasil, por exemplo.

A importância desses sistemas reside na sua capacidade de gerenciar a relação entre a demanda por vagas e a oferta escolar, considerando diversos critérios. Inicialmente, muitos sistemas públicos, como o de Belo Horizonte e o de São Paulo, adotaram a proximidade geográfica entre a residência do aluno e a escola como critério principal para a alocação de vagas (Fernandes, 2018). Este critério busca minimizar os custos de transporte e o tempo de deslocamento para os estudantes e suas famílias. Contudo, a alocação baseada puramente na distância, embora eficiente logisticamente, pode não abordar adequadamente outras dimensões cruciais, como a equidade e a satisfação dos alunos/pais.

A percepção de que as escolas possuem qualidades distintas leva as famílias a desenvolverem preferências e estratégias para acessar as unidades de ensino mais desejadas. Estudos indicam que fatores como a reputação da escola, o desempenho em avaliações externas (como a Prova Brasil), o nível socioeconômico da escola e o perfil do alunado influenciam as preferências dos pais (Delgado, 2013). Diante da heterogeneidade das escolas e das preferências das famílias, o problema da alocação se torna mais complexo do que uma simples distribuição espacial ou otimização logística baseada apenas em custos de transporte.

A literatura sobre o tema tem explorado abordagens que buscam conciliar múltiplos objetivos, como minimizar distâncias e, ao mesmo tempo, balancear a composição socioeconômica dos alunos nas escolas (Bouzarth et al., 2018), maximizar a satisfação dos alunos com base em suas listas de preferência (Vianna et al., 2023), ou otimizar a ocupação das vagas (Neto et al., 2022; Rodrigues & Mayerle, 2014).

Diversos modelos e algoritmos têm sido propostos para lidar com essa complexidade em sistemas de alocação. A implementação prática desses sistemas, contudo, revela desafios adicionais. A ação da burocracia educacional e das direções escolares pode influenciar o processo de alocação, especialmente em situações de maior demanda do que oferta, introduzindo critérios informais ou privilegiando determinadas características dos alunos, como desempenho acadêmico, perfil socioeconômico ou vínculos pessoais com a comunidade escolar (Rosistolato et al., 2016). Isso pode levar à segregação escolar, onde escolas com perfis socioeconômicos e de desempenho semelhantes se tornam mais homogêneas, perpetuando ou acentuando desigualdades existentes, mesmo em sistemas formalmente baseados em escolha ou proximidade (Delgado, 2013; Lincolao-Venegas & Rojas-Mora, 2024).

Diante desses desafios, é necessário entender e refletir sobre os algoritmos e sistemas de alocação de estudantes existentes, buscando responder às seguintes perguntas de pesquisas: **PP1**: “Quais são os principais algoritmos utilizados para alocar estudantes em escolas?” e **PP2**: “Quais os principais problemas na alocação de estudantes em escolas?”. Dessa forma, este artigo tem como objetivo principal revisar, analisar e discutir a bibliografia existente sobre a construção de sistemas de alocação de estudantes em escolas, analisando suas implicações, desafios e benefícios, com base em evidências empíricas e modelos teóricos.

Além de sintetizar soluções de otimização e pareamento, este estudo contribui diretamente para a área de Informática na Educação ao organizar evidências sobre como sistemas computacionais de matrícula e alocação podem ser concebidos, avaliados e governados em redes públicas. Em particular, a revisão explicita a relação entre (i) requisitos e restrições típicas de sistemas educacionais (capacidade, transporte, zoneamento, múltiplos critérios), (ii) escolhas algorítmicas (preferências, otimização exata, heurísticas e meta-heurísticas) e (iii) propriedades relevantes para a adoção em contextos educacionais, como transparência, explicabilidade, estabilidade, equidade e aceitabilidade social. Dessa forma, os resultados fornecem subsídios para pesquisadores e gestores que desenvolvem ou avaliam tecnologias educacionais de apoio à decisão em políticas de acesso e permanência.

2 Metodologia

Neste trabalho, optou-se por realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) utilizando o modelo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021) que fornece um modelo estruturado e transparente para a identificação, seleção, avaliação crítica e síntese de estudos relevantes sobre um tema específico. O PRISMA é composto por uma lista de verificação com 27 itens e um diagrama de fluxo com quatro fases, auxiliando os autores a elaborar um relato científico claro, rigoroso e bem fundamentado (Machado & Cardoso, 2025; Page et al., 2021).

Com base nas questões norteadoras do estudo, foram determinados, como descritores, os termos “alocação”, “estudantes”, “otimização” e “escolas” para buscas em português, e os termos “*student*”, “*allocation*”, “*school*”, “*assignment*”, e “*matching*” para buscas em inglês utilizando o operador booleano “*and*” entre os vocábulos e realizando a busca no título e resumo do artigo.

Com o intuito de alcançar os objetivos deste estudo, realizou-se um mapeamento e uma análise da produção científica relacionada a sistemas de alocação de estudantes em escolas, no período de 2014 a 2024. A seleção das bases de dados para esta revisão foi pautada pela sua capacidade de abranger produções relevantes ao escopo da pesquisa, bem como por já terem sido adotadas em estudos metodologicamente semelhantes (Verhalen et al., 2025). A base SciELO (Scientific Electronic Library Online) foi incorporada por sua relevância no cenário da pesquisa científica na América Latina, especialmente por reunir periódicos qualificados em língua portuguesa e espanhola nas áreas de educação, políticas públicas e ciências sociais aplicadas, oferecendo uma importante perspectiva regional sobre o tema. A *ACM Digital Library* foi escolhida por ser um acervo especializado em ciência da computação, destacando-se por reunir trabalhos que exploram algoritmos, heurísticas e métodos computacionais avançados. O Portal de Periódicos da CAPES contribui ao ampliar o acesso a publicações científicas nacionais e internacionais, permitindo contemplar textos em língua portuguesa e fortalecendo a conexão com o contexto educacional brasileiro. Para complementar essas fontes, o Google Scholar foi utilizado devido à sua ampla cobertura de materiais acadêmicos e técnicos, incluindo bases brasileiras importantes na área de educação e computação, como a SOL OpenLib¹ da Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Por fim, a biblioteca digital *IEEE Xplore* foi incluída por sua excelência em publicações de alta qualidade nas áreas de engenharia, sistemas inteligentes e ciência de dados, sendo fonte frequente de estudos aplicados a problemas de otimização e alocação em larga escala.

Adotou-se a metodologia de mapeamento sistemático, voltada à identificação, seleção e síntese de informações relevantes sobre o tema. O processo de revisão seguiu as quatro etapas principais do modelo PRISMA, com o objetivo de selecionar o número final de estudos incluídos na análise. Inicialmente, é feita a busca usando as palavras-chave em cada base selecionada. Na sequência, é realizada a triagem dos títulos e resumos, com base em critérios previamente definidos de inclusão e exclusão. Por fim, os textos selecionados foram lidos por completo para escolha final dos trabalhos que compõem o corpus desta revisão. Todo o processo de coleta e análise foi conduzido no mês de Abril de 2025. De acordo com o modelo PRISMA, foram determinados critérios de inclusão e exclusão de trabalhos, os quais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Critérios de inclusão e exclusão utilizados na revisão sistemática.

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Artigos que apresentem os termos de busca no título ou resumo.	Artigos duplicados.
Artigos publicados em inglês, português ou espanhol entre os anos de 2014 e 2024.	Estudos que tratam de alocação em contextos não educacionais.
Texto completo disponível.	Capítulo de livros, resenhas de livros ou editoriais.
Artigos que propõem, analisam ou revisam algoritmos e modelos de alocação de estudantes.	Artigos cujo foco principal não é o processo de alocação em si.
Revisões bibliográficas sistemáticas ou integrativas sobre o tema.	Artigos que não se enquadram no período de publicação definido.

Para mitigar riscos de viés de seleção e assegurar a confiabilidade da revisão, o processo de triagem e seleção dos estudos foi conduzido seguindo a abordagem de revisão por pares. Dois pesquisadores realizaram a leitura dos títulos e resumos de forma independente. As divergências de inclusão ou exclusão foram discutidas em reuniões de consenso e nos casos de persistência da

¹<https://sol.sbc.org.br/index.php/indice>

dúvida, um terceiro pesquisador sênior atuou como juiz para a decisão final sobre a elegibilidade do artigo. Essa etapa garante que a categorização dos algoritmos e a análise dos problemas não reflitam apenas a perspectiva individual de um único autor, conferindo maior rigor metodológico ao estudo.

3 Resultados

O processo de seleção dos estudos seguiu as etapas definidas previamente na metodologia. A busca inicial, realizada com as *strings* definidas, retornou mais de 1.000 resultados, distribuídos entre as bases de dados utilizadas, sendo 1.200 no Google Scholar, 34 na *ACM Digital Library*, 6 na Scielo, 22 na IEEE e 7 no Portal de Periódicos da CAPES. Devido ao elevado número de artigos encontrados no Google Scholar e por essa ferramenta trazer os artigos mais relevantes nas primeiras páginas com base nas strings de busca, optou-se por analisar apenas as 20 primeiras páginas da busca, totalizando 200 artigos (10 por página).

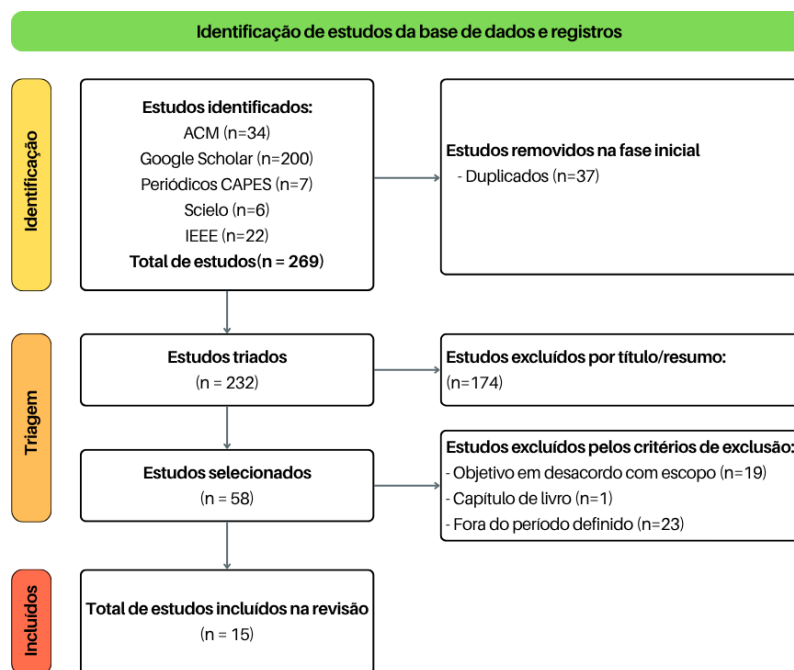


Figura 1: Diagrama de fluxo da seleção dos trabalhos de acordo com o modelo PRISMA 2020..

Inicialmente foram obtidos 269 artigos, onde 37 eram duplicados. Em seguida, foi realizada uma triagem preliminar com base nos títulos e resumos, a fim de verificar a pertinência dos trabalhos em relação ao tema central desta revisão. Após essa etapa, dos 232 estudos triados, 174 foram excluídos. Então, na fase final de triagem, foram identificados 58 estudos potencialmente relevantes, todos com texto completo disponível. Aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão definidos previamente, restaram 15 artigos selecionados para análise final. O processo completo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos está resumido no diagrama conforme o modelo PRISMA 2020 (Figura 1).

Com o intuito de facilitar a visualização e organização dos dados coletados, optou-se por apresentar as informações em formato tabular, conforme ilustrado na Tabela 2. Nessa tabela, são listados os artigos que compõem esta revisão, incluindo o título, autor(es), ano de publicação, categoria metodológica e o algoritmo ou abordagem principal adotada. Para fins de análise comparativa, os trabalhos foram classificados com base nas técnicas utilizadas, distribuindo-se em três categorias principais: (1) *Abordagens Meta-heurísticas e Inteligência Computacional*, (2) *Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos* e (3) *Modelos Matemáticos e de Otimização Exata*.

Tabela 2: Artigos que compõem esta revisão sistemática da literatura.

Título do Artigo	Ano	Autor(es)	Algoritmo / Solução	Categoria
Modification of K-Means Clustering Algorithm for Optimizing School Zoning System Using Big Data	2024	Wahid et al.	<i>K-Means</i> com centróides fixos	Modelos Matemáticos e de Otimização Exata
Application of Bubble Sort Optimization in New Student Admission Selection Using Brute Force Algorithm	2024	Ilham et al.	Força Bruta otimizado	Modelos Matemáticos e de Otimização Exata
Exploration Pitfalls in a CUDA Parallelized Simulated Annealing Algorithm to Solve the Centralized Student-School Assignment Problem	2024	Lincolao- Venegas	Algoritmo reconhecimento simulado	Abordagens Meta-Heurísticas e Inteligência Computacional
Heuristic for the Students Allocation in Brazilian Public Schools: a Case Study	2023	Vianna et al.	Heurística	Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos
A Novel One-to-Many Matching Method for the Assignment Problem: An ENEM Case Study	2022	Neto et al.	Algoritmo Gale-Shapley	Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos
Optimal student/school/ class/teacher/classroom matching to support efficient public school system resource allocation	2022	Mayerle et al.	Programação Linear Inteira Mista	Modelos Matemáticos e de Otimização Exata
Lottery Design for School Choice	2023	Arnosti	Algoritmo Gale-Shapley	Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos
Modeling Assumptions Clash with the Real World	2021	Robertson et al.	Variante do algoritmo <i>Top Trading Cycles</i>	Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos
Greedy Algorithm for Solving Student Allocation Problem in Internship Program	2021	Ali	Algoritmo Greedy	Abordagens Meta-Heurísticas e Inteligência Computacional
Optimization of school location-allocation using Firefly Algorithm	2019	Prima e Arymurthy	Algoritmo de vagalumes	Abordagens Meta-Heurísticas e Inteligência Computacional
An Allocation Scheme of Students Based on IPM	2019	Jiang et al.	Programação Inteira	Modelos Matemáticos e de Otimização Exata

Título do Artigo	Ano	Autor(es)	Algoritmo / Solução	Categoria
Optimization of school location-allocation using genetic algorithm	2018	Prima e Ary-murthy	Algoritmo genético	Abordagens Meta-Heurísticas e Inteligência Computacional
O problema das matrículas escolares	2018	Fernandes	Algoritmo Gale-Shapley	Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos
Optimization of school network using location-allocation analysis	2017	Alifi et al.	P-mediana e Arc-GIS	Abordagens Meta-Heurísticas e Inteligência Computacional
Modelo capacitado para alocação de alunos em redes públicas de ensino	2014	Rodrigues e Mayerle	Programação Linear Inteira Mista	Modelos Matemáticos e de Otimização Exata

3.1 Ano de Publicação

A análise temporal dos artigos selecionados revelou uma distribuição concentrada na última década, com destaque para os anos mais recentes. Conforme ilustrado na Figura 2, observa-se um crescimento gradual no número de publicações a partir de 2014, ano em que foi registrado o primeiro trabalho da amostra. Após um intervalo sem registros nos anos de 2015 e 2016, nota-se um aumento mais consistente na produção científica a partir de 2018. Os anos de 2018, 2019, 2021, 2022 e 2023 apresentaram duas publicações cada, evidenciando um aumento do interesse pelo tema da alocação de estudantes em sistemas escolares. O pico de publicações ocorreu em 2024 com três artigos, refletindo uma intensificação das investigações na área nos anos mais recentes.

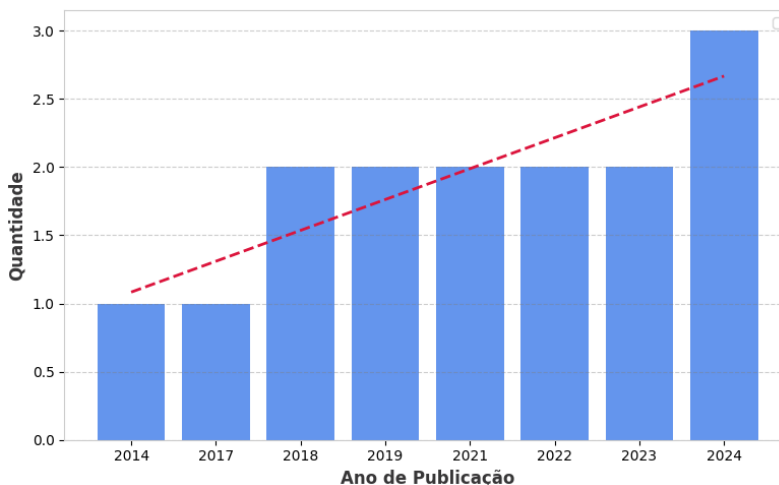


Figura 2: Gráfico distribuição de artigos publicados por ano de publicação..

A linha de tendência adicionada ao gráfico sugere uma trajetória ascendente, indicando que o tema tem ganhado relevância nos últimos anos, possivelmente impulsionado pelo avanço de algoritmos de otimização, o crescimento do uso de técnicas baseadas em preferências e a crescente demanda por políticas públicas mais eficientes no setor educacional.

3.2 PP1: Quais são os principais algoritmos utilizados para alocar estudantes em escolas?

Para responder à PP1, foram gerados gráficos que mostram a divisão dos artigos em algoritmos específicos e, em seguida, para facilitar a discussão e entendimento, os algoritmos utilizados em cada trabalho foram agrupados em três grandes categorias metodológicas: abordagens meta-heurísticas e inteligência computacional (Subseção 3.2.1), modelos baseados em preferências e teoria dos jogos (Subseção 3.2.2), e modelos matemáticos e de otimização exata (Subseção 3.2.3).

Nos artigos selecionados, foram identificados diversos algoritmos e modelos voltados à alocação de estudantes em instituições de ensino. Dentre as abordagens de natureza meta-heurística, destacam-se o algoritmo genético, o algoritmo de vagalumes (*Firefly*) e o recozimento simulado (*Simulated Annealing*), empregados em estudos voltados à resolução do problema de localização-alocação escolar. Além disso, foi identificado o uso de um algoritmo guloso (*Greedy*) aplicado à alocação de alunos em programas de estágio.

Na categoria de métodos baseados em agrupamento, observa-se a aplicação de uma versão modificada do *K-Means* para o zoneamento escolar. Já entre os modelos inspirados na teoria dos jogos, destaca-se a predominância do algoritmo de casamento estável (Gale-Shapley), com variações como o modelo O2MSM e o uso do algoritmo de *Top Trading Cycles (TTC)* em contextos de escolha escolar.

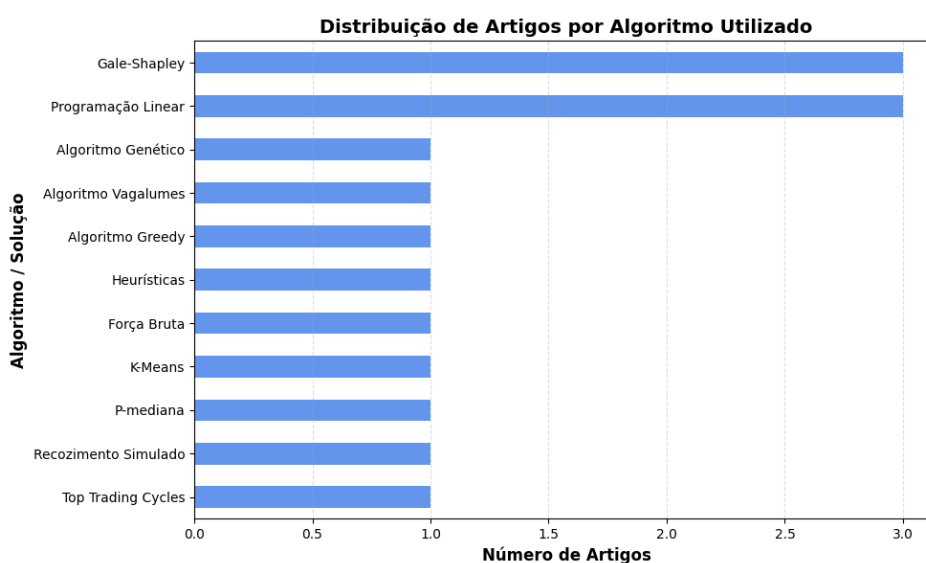


Figura 3: Gráfico de frequência de ocorrência algoritmos/soluções..

Modelos de otimização exata também foram recorrentes, com destaque para a Programação Linear — categoria na qual foram agrupadas as abordagens de Programação Linear Inteira Mista (MILP) e Programação Inteira Pura. Essas técnicas foram empregadas em problemas de alocação capacitada, otimização de recursos e design de redes escolares.

A Figura 3 apresenta a distribuição da frequência dos algoritmos e soluções utilizados nos artigos analisados. Já a Figura 4 agrupa os trabalhos em três grandes categorias metodológicas: abordagens meta-heurísticas e inteligência computacional, modelos baseados em preferências e

teoria dos jogos, e modelos matemáticos e de otimização exata. As subseções 3.2.1, 3.3.3 e 3.2.3 detalham os artigos levando em consideração a abordagem utilizada.

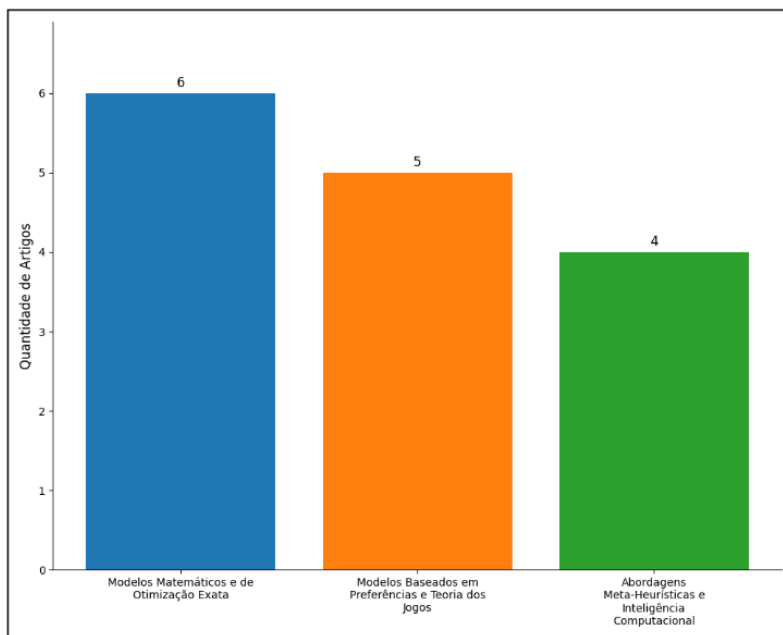


Figura 4: Gráfico de distribuição de artigos por categoria..

3.2.1 Abordagens Meta-heurísticas e Inteligência Computacional

A alocação de estudantes, seja para horários de cursos em instituições de ensino (um problema de *timetabling*) ou para vagas em escolas específicas dentro de uma rede (um problema de *location-allocation*), constitui uma classe de desafios de otimização combinatória de notável complexidade. Estes problemas são frequentemente caracterizados como NP-difíceis, o que implica que encontrar soluções ótimas exatas através de métodos tradicionais pode demandar um tempo computacional que cresce exponencialmente com o aumento da dimensão do problema. A geração manual destas alocações, além de ser um processo demorado, é suscetível a produzir resultados subótimos e ineficientes, com custos elevados em termos de recursos e satisfação dos envolvidos, como observado em (Badoni & Gupta, 2015).

Com isso, as abordagens meta-heurísticas e outras técnicas de inteligência computacional surgem como alternativas robustas e eficazes. Estes métodos não garantem a obtenção da solução ótima global, mas são projetados para encontrar soluções de alta qualidade, muito próximas do ótimo (Prima & Arymurthy, 2019), dentro de um tempo computacional viável para aplicações práticas, como é o caso da alocação escolar. As meta-heurísticas empregam estratégias sofisticadas para explorar de maneira inteligente vastos espaços de solução, com mecanismos para evitar a estagnação em ótimos locais e para diversificar a busca, aumentando a probabilidade de encontrar configurações superiores.

Os estudos de Alifi et al. (2017), Prima e Arymurthy (2018), Prima e Arymurthy (2019) e Ali (2021) fornecem exemplos concretos da aplicação de técnicas meta-heurísticas a subproblemas específicos da alocação escolar e de estágio, demonstrando o potencial dessas abordagens.

Em particular, Ali (2021) propõe uma heurística construtiva baseada em algoritmo guloso (*random greedy adding heuristic*) para realocar estudantes de engenharia em estágio, minimizando a distância percorrida por professores durante as visitas de supervisão. O algoritmo foi comparado com métodos evolutivos como Algoritmo Genético (GA) e Otimização por Enxame de Partículas (PSO), demonstrando desempenho superior em termos de eficiência computacional e qualidade da solução.

Os problemas de localização-alocação, explorados em alguns trabalhos, focam na atribuição de estudantes, geralmente agrupados por localidades de origem (como vilas urbanas ou subdistritos), a escolas físicas dentro de uma rede geográfica. Aqui, o objetivo predominante é minimizar a distância total de viagem dos estudantes ou o custo de transporte associado, sujeito a restrições como a capacidade máxima de cada escola e as políticas de zoneamento escolar.

Os artigos de Prima e Arymurthy (2018) e Prima e Arymurthy (2019), dos mesmos autores, exploram diferentes meta-heurísticas (Algoritmo *Firefly* e Algoritmo Genético, respectivamente) para resolver o problema p -mediana de localização-alocação escolar em Jacarta do Sul, ambos utilizando uma representação matricial 2D para as alocações. O problema p -mediana é um problema clássico de otimização combinatória em que o objetivo é selecionar p locais (medianas) entre um conjunto de candidatos de forma a minimizar a distância total (ou custo) entre uma população de demanda e os locais selecionados. O trabalho de Alifi et al. (2017) adota uma abordagem mais aplicada, utilizando a análise de localização-alocação do ArcGIS, baseada no problema p -mediana, para o planejamento da rede escolar em Bandung. O trabalho de Ali (2021), por sua vez, introduz um algoritmo guloso aleatório para alocação de estudantes de engenharia em estágios supervisionados, com foco na redução do tempo e custo de deslocamento de docentes. Um ponto significativo entre todos esses estudos é a utilidade prática dos resultados. As propostas estão ligadas diretamente a políticas públicas e operações educacionais reais, buscando soluções aplicáveis aos desafios enfrentados pela administração pública em diferentes contextos geográficos.

3.2.2 Modelos Baseados em Preferências e Teoria dos Jogos

A alocação de estudantes em instituições educacionais representa um desafio multifacetado de grande relevância social e logística (Prima & Arymurthy, 2018), exigindo métodos que sejam ao mesmo tempo sistemáticos, justos e eficientes. Seja na distribuição de milhões de candidatos a locais de prova de exames nacionais, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) no Brasil (Neto et al., 2022), ou na matrícula anual de centenas de milhares de alunos em vastas redes públicas de ensino, como a do Rio de Janeiro (Vianna et al., 2023), a tarefa envolve a consideração de múltiplos critérios, restrições de capacidade e, fundamentalmente, as preferências dos diversos atores envolvidos, sejam eles os próprios estudantes, suas famílias ou as instituições gestoras do sistema (Vianna et al., 2023). A ausência de consideração pelas preferências dos alunos, por exemplo, pode levar a sistemas que não atendem a conceitos desejáveis como estabilidade, não manipulação e eficiência, como argumentado na análise do sistema de matrículas de São Paulo (Fernandes, 2018).

Neste cenário, modelos baseados em preferências e conceitos oriundos da teoria dos jogos emergem como ferramentas analíticas e operacionais poderosas. A modelagem de preferências permite formalizar e incorporar os desejos e prioridades dos envolvidos, enquanto a teoria dos jogos oferece um arcabouço para analisar interações estratégicas e projetar mecanismos que con-

duzam a resultados desejáveis, como estabilidade, eficiência ou equidade. Importante destacar que na análise desses casos, os conceitos de “justiça” e “eficiência” na alocação não são monolíticos; sua interpretação e priorização variam consideravelmente dependendo do problema específico e das partes interessadas prioritárias. Por exemplo, o estudo sobre a alocação para o ENEM (Neto et al., 2022) enfatiza a eficiência logística e a minimização de custos para o sistema, tratando as “preferências” predominantemente sob uma ótica sistêmica (distância, ocupação). Em contraste, o estudo sobre a alocação escolar na rede pública do Rio de Janeiro (Vianna et al., 2023) foca na “satisfação do aluno”, derivada de suas escolhas diretas, relegando critérios como a proximidade geográfica a um papel secundário.

Entre os modelos propostos, a simulação para São Paulo (Fernandes, 2018) indicou que o algoritmo de Gale-Shapley alocaria 40% dos alunos em sua primeira escolha, contra apenas 2% no sistema do Ensino Fundamental existente, e reduziria drasticamente o percentual de alunos alocados fora de suas quatro primeiras opções (de 88% para 27%). Já a heurística da SEEDUC-RJ (Vianna et al., 2023), embora não seja um algoritmo canônico da teoria dos jogos, mostrou-se eficaz em alocar um número maior de alunos em suas primeiras opções em comparação com a solução anterior do governo, além de reduzir o tempo computacional drasticamente (de horas para minutos). O O2MSM, uma adaptação do algoritmo de Gale-Shapley, para o ENEM também demonstrou eficácia, superando abordagens *baseline* na redução do número de locais de prova e na garantia de alocação dos candidatos, mantendo uma boa distribuição de distâncias (Neto et al., 2022).

Outros estudos aprofundam o debate sobre equidade, transparência e estratégias de loteria nos sistemas de alocação. Em Arnosti (2023), o autor analisa criticamente o uso de algoritmos de aceitação diferida (como o Gale-Shapley) combinados com sorteios (lotteries) para lidar com prioridades e desempates. A análise mostra que a forma como as loterias são estruturadas influencia significativamente a percepção de justiça e a aceitação social do sistema, sugerindo que os detalhes do desenho do mecanismo importam tanto quanto o algoritmo em si. Já o trabalho de Robertson et al. (2021) investiga a aplicação prática de variantes do algoritmo de ciclos de troca (*Top Trading Cycles - TTC*) em cenários reais nos Estados Unidos, apontando os desafios enfrentados para alinhar modelos formais com os objetivos da comunidade local. O estudo demonstra que a implementação de algoritmos com boas garantias teóricas pode ser limitada por questões de transparência, compreensão pública e preferências comunitárias, levantando implicações relevantes sobre a adoção de soluções baseadas em teoria dos jogos.

A análise desses cinco estudos revela uma convergência notável: todos reconhecem as preferências dos estudantes como um fator crucial para o desenvolvimento de sistemas de alocação mais justos e/ou eficientes. A negligência dessas preferências, como apontado especificamente para o sistema de São Paulo (Fernandes, 2018), pode ser uma causa direta de ineficiências, instabilidade (manifestada como inveja justificada) e um conseqüente potencial de insatisfação entre os usuários do sistema. Os exemplos e análises em Fernandes (2018) ilustram como a não utilização adequada das preferências no sistema paulista gera precisamente esses resultados indesejáveis. Em contrapartida, a heurística desenvolvida em Vianna et al. (2023) busca mitigar tais problemas, maximizando a satisfação do aluno, mensurada pelas suas opções de preferência declaradas. O O2MSM visa encontrar correspondências estáveis e otimizar critérios como distância e taxa de ocupação dos locais. Os trabalhos de Arnosti (2023) e Robertson et al. (2021) complementam essa perspectiva ao explorarem os limites da aplicação de algoritmos clássicos em contextos re-

ais, onde aspectos sociais e institucionais influenciam diretamente a percepção e a eficácia das soluções técnicas.

3.2.3 Modelos Matemáticos e de Otimização Exata

Diversos modelos matemáticos e algoritmos de otimização são empregados para encontrar soluções eficientes e equitativas para a alocação de estudantes em instituições de ensino. Estes variam desde abordagens de otimização exata, que buscam a melhor solução possível de forma rigorosa, até métodos heurísticos e algoritmos de aprendizado de máquina, que oferecem aproximações de alta qualidade ou auxiliam em etapas cruciais do processo de alocação, como o zoneamento escolar e a seleção de candidatos. A aplicação desses modelos permite que gestores educacionais e formuladores de políticas públicas fundamentem suas decisões em bases analíticas robustas, visando à otimização do uso de recursos públicos e à satisfação das necessidades da comunidade escolar.

Os trabalhos de Jiang et al. (2019), Rodrigues e Mayerle (2014) e Mayerle et al. (2022) ilustram a aplicabilidade prática e a relevância de modelos de otimização exata no contexto educacional. O estudo de Jiang et al. (2019) desenvolve um modelo de Programação Inteira (IPM) voltado à alocação de estudantes do ensino fundamental, considerando a reconfiguração urbana e uma política de matrícula por proximidade, com o objetivo de minimizar os custos de transporte. Já o estudo de Rodrigues e Mayerle (2014) utiliza Programação Linear Inteira Mista (PLIM) para alocar estudantes em redes públicas considerando escolas com capacidades distintas, buscando minimizar o custo total entre transporte e abertura de turmas. Em Mayerle et al. (2022), os autores propõem um modelo abrangente de PLIM que integra múltiplas camadas de decisão simultaneamente, como escola, sala, professor e turno, em um único sistema de otimização, com o objetivo de apoiar decisões logísticas e administrativas em redes públicas de ensino. O modelo apresentado permite avaliar diferentes cenários e foi aplicado com sucesso a dados reais da Secretaria de Educação do Estado de Santa Catarina, evidenciando sua viabilidade operacional e sua capacidade de informar o planejamento de políticas públicas.

Outras abordagens, como o Recozimento Simulado (Lincolao-Venegas & Rojas-Mora, 2024), algoritmos de Força Bruta otimizados (Ilham et al., 2020) e métodos de agrupamento como o *K-Means* (Wahid et al., 2024), expandem o leque de ferramentas matemáticas disponíveis para enfrentar os desafios da alocação escolar.

A adoção de modelos matemáticos no âmbito da gestão educacional representa uma transição para uma abordagem mais analítica e intensiva em dados. As decisões complexas inerentes à alocação de estudantes passam a ser suportadas por instrumentos quantitativos sofisticados, que complementam ou substituem critérios puramente qualitativos ou processos manuais. A própria natureza dos problemas de alocação, caracterizada pela complexidade das interações entre múltiplos fatores (Ilham et al., 2020), é o que torna a modelagem matemática uma ferramenta particularmente valiosa.

A Programação Inteira (PI), ou *Integer Programming*, constitui uma classe de técnicas de otimização matemática na qual uma parte ou a totalidade das variáveis de decisão é compelida a assumir exclusivamente valores inteiros. Esta característica a torna intrinsecamente adequada para a modelagem de problemas de alocação, nos quais as decisões frequentemente envolvem quantidades discretas. Um exemplo notável da aplicação da PI na alocação escolar é apresentado

por Jiang et al. (2019). Este estudo desenvolve um modelo de PI para a alocação de estudantes, com foco na minimização dos custos de transporte e na incorporação de penalizações pela ausência de transporte escolar, considerando fatores de segurança e gestão.

Por outro lado, a Programação Linear Inteira Mista (PLIM) permite a coexistência de variáveis de decisão contínuas e inteiras. No contexto da alocação escolar, variáveis inteiras podem representar decisões como a abertura de turmas, enquanto variáveis contínuas podem modelar o quantitativo de alunos alocados. O trabalho de Rodrigues e Mayerle (2014) aplica a PLIM para alocar alunos em redes públicas, enquanto Mayerle et al. (2022) estende essa abordagem, incorporando simultaneamente múltiplas decisões (escola, sala, professor, horário) em um único modelo matemático, com o objetivo de otimizar o uso de recursos em larga escala.

Já quando os modelos de otimização exata se tornam computacionalmente intratáveis, as abordagens heurísticas, como o Recozimento Simulado (SA), oferecem alternativas robustas para encontrar soluções de alta qualidade em tempo hábil. Lincolao-Venegas e Rojas-Mora (2024) aplicam um algoritmo de SA paralelizado em CUDA para o problema centralizado de atribuição de estudantes a escolas. A paralelização em CUDA é utilizada para avaliar múltiplas soluções candidatas simultaneamente, acelerando o processo. No entanto, o estudo identifica um desafio: estratégias de exploração ambiciosas (aumentando o número de blocos e *threads* na GPU, que correspondem a explorar mais escolas ou mais estudantes por escola simultaneamente) podem levar a um resfriamento mais rápido do algoritmo. Isso, paradoxalmente, pode degradar a qualidade da solução, fazendo com que o algoritmo convirja para mínimos locais. Os autores investigam diferentes métodos de seleção de vizinhos (*M2M - Many-to-Many* vs. *O2M - One-to-Many*) para gerenciar essa dinâmica, descobrindo que o método O2M (uma escola, múltiplos estudantes por iteração) oferece uma convergência mais robusta.

Em certos contextos de alocação ou seleção, especialmente com um número menor de variáveis ou para subproblemas específicos, algoritmos de busca exaustiva como o de Força Bruta (*Brute Force*) podem ser considerados para garantir a otimalidade. Contudo, sua aplicabilidade é limitada pela complexidade computacional. Ilham et al. (2020) investigam a aplicação de um algoritmo de Força Bruta para a seleção de novos alunos. A Força Bruta, por natureza, avalia todas as combinações possíveis para encontrar a solução ótima. Para mitigar essa complexidade, o estudo integra o algoritmo *Bubble Sort*, usado para pré-processar os dados dos candidatos e reduzir o tempo de execução.

Finalmente, algoritmos de agrupamento como o *K-Means* modificado desempenham um papel crucial na fase de pré-alocação, especificamente no desenho de zonas escolares. Wahid et al. (2024) propõem uma modificação do *K-Means* para otimizar o sistema de zoneamento escolar, fixando os centróides nas localizações geográficas das escolas e utilizando coordenadas reais de latitude e longitude dos estudantes com a fórmula de Haversine para o cálculo das distâncias. O objetivo é balancear a distribuição de estudantes por zona e minimizar as distâncias de deslocamento.

Observa-se que os artigos que empregam métodos de otimização exata, como Jiang et al. (2019), Rodrigues e Mayerle (2014) e Mayerle et al. (2022), tendem a concentrar-se em aspectos mais operacionais e logísticos do problema de alocação, como a minimização de custos de transporte, a otimização da abertura de turmas, e a alocação integrada de múltiplos recursos escolares. Suas funções objetivo são claras e alinhadas a metas de eficiência sistêmica. Por outro lado,

os estudos que utilizam heurísticas, como Lincolao-Venegas e Rojas-Mora (2024), parecem mais inclinados a incorporar objetivos sociais mais amplos e, por vezes, mais difíceis de quantificar diretamente, como a redução da segregação escolar ou o balanceamento de zonas em larga escala utilizando grandes volumes de dados. Isso sugere que a escolha do método de otimização (exato versus heurístico) pode estar correlacionada não apenas com a escala do problema, mas também com o tipo e a complexidade dos objetivos perseguidos.

3.3 PP2: Quais os principais problemas na alocação de estudantes em escolas?

Para responder à segunda pergunta de pesquisa, os artigos selecionados foram analisados com foco nas dificuldades, limitações e desafios práticos identificados nos estudos sobre alocação de estudantes. A síntese dos resultados está organizada em quatro grandes grupos: (i) desafios gerais na alocação (Subseção 3.3.1); (ii) problemas relacionados aos critérios de alocação (Subseção 3.3.2); (iii) problemas relativos às preferências e à estabilidade (Subseção 3.3.3); e (iv) questões ligadas ao contexto socioeducacional (Subseção 3.3.4). Essa organização permite compreender como as limitações observadas nos estudos se manifestam tanto em nível técnico-operacional quanto social e político.

3.3.1 *Desafios gerais na alocação*

A alocação de estudantes em escolas é frequentemente marcada pela tensão entre a oferta limitada de vagas e a elevada demanda em determinadas instituições. Estudos como Rodrigues e Mayerle (2014) e Mayerle et al. (2022) destacam que, mesmo em redes com cobertura total da demanda, a distribuição desigual da capacidade entre escolas cria gargalos que obrigam redistribuições frequentes, nem sempre alinhadas às preferências ou necessidades logísticas dos alunos. A complexidade computacional é outro desafio recorrente. Problemas como o *location-allocation* ou a alocação combinada de alunos, turmas, professores e salas são, em muitos casos, NP-difíceis, como apontam Lincolao-Venegas e Rojas-Mora (2024) e Wahid et al. (2024). Nessas situações, a busca por soluções exatas é inviável em larga escala, exigindo o uso de heurísticas ou algoritmos aproximativos, que podem gerar soluções subótimas. Além disso, Neto et al. (2022) e Vianna et al. (2023) observam que, em redes extensas como a do ENEM e do Rio de Janeiro, restrições logísticas, como prazos curtos para execução, limitação de dados atualizados e falhas na integração com sistemas existentes, podem comprometer a qualidade da solução final. Essa dificuldade é reforçada por Robertson et al. (2021), que mostra que a implementação de modelos sofisticados nem sempre é compatível com os sistemas administrativos das secretarias de educação, resultando em simplificações que afetam diretamente a equidade e a eficiência.

3.3.2 *Problemas relacionados aos critérios de alocação*

Os critérios adotados para a alocação podem gerar efeitos colaterais indesejados. A proximidade geográfica, frequentemente utilizada como critério principal em sistemas centralizados, pode reforçar desigualdades já existentes. Prima e Arymurthy (2018) e Prima e Arymurthy (2019) mostram que, ao priorizar estritamente a distância, há risco de concentrar alunos de perfis socioeconômicos semelhantes em determinadas escolas, dificultando a promoção de diversidade. Outro desafio é o conflito entre múltiplos critérios. Bouzarth et al. (2018) e Rodrigues e Mayerle (2014)

evidenciam que buscar simultaneamente minimizar custos de transporte e equilibrar composição socioeconômica leva a soluções de compromisso que, embora otimizem parcialmente cada objetivo, não atingem o ótimo global em nenhum deles. A falta de clareza e transparência nos critérios também é um problema relevante. Robertson et al. (2021) relatam casos em que a ausência de comunicação clara sobre regras de desempate ou priorização gerou percepções de injustiça entre famílias. Vianna et al. (2023) complementam apontando que a escolha de pesos e prioridades sem consulta ampla à comunidade escolar pode reduzir a aceitação social do sistema.

3.3.3 Problemas relacionados às preferências e estabilidade

A coleta e o uso das preferências dos alunos e famílias é outro ponto crítico. Fernandes (2018) demonstram que, no sistema de São Paulo, a ausência de um mecanismo robusto para considerar as preferências individuais levou a baixa satisfação e alto percentual de alunos alocados em opções indesejadas. Vianna et al. (2023) também observam que preferências incompletas ou mal registradas podem distorcer resultados e aumentar o número de alunos realocados manualmente. A estabilidade do pareamento, embora desejável, entra em conflito com outros objetivos, como proximidade ou diversidade. Arnosti (2023) e Neto et al. (2022) mostram que, em certos cenários, alcançar estabilidade plena exige abrir mão de ganhos logísticos significativos. Outro problema é a manipulação estratégica, por exemplo, Robertson et al. (2021) documentam casos em que famílias, conhecendo as regras de alocação, ajustam intencionalmente suas listas para aumentar as chances em escolas específicas e assim acabam alterando a equidade do sistema.

3.3.4 Problemas de contexto socioeducacional

Os desafios técnicos da alocação não podem ser dissociados das condições socioeducacionais. A segregação escolar é um dos problemas mais recorrentes, sendo evidenciada em Lincolao-Venegas e Rojas-Mora (2024) e Bouzarth et al. (2018), que mostram como a alocação baseada em critérios restritos pode levar à concentração de alunos com perfis semelhantes, reforçando desigualdades de desempenho. A desigualdade na distribuição de infraestrutura e recursos é outro fator crítico. Mayerle et al. (2022) e Rodrigues e Mayerle (2014) indicam que a falta de alinhamento entre a capacidade física das escolas e a demanda local gera sobrecarga em algumas unidades e subutilização em outras, prejudicando a eficiência global do sistema. Por fim, barreiras geográficas e limitações de transporte, destacadas por Alifi et al. (2017), Jiang et al. (2019) e Prima e Arymurthy (2018, 2019), impactam diretamente o acesso dos estudantes, especialmente em regiões onde a rede escolar não é homogênea. Essas barreiras não apenas aumentam os custos logísticos, mas também afetam a assiduidade e o desempenho dos alunos.

3.4 Lacunas e oportunidades de pesquisa em Informática na Educação

Apesar do avanço das abordagens identificadas, a literatura ainda apresenta lacunas relevantes para a Informática na Educação. Primeiro, poucos estudos reportam avaliações de impacto em contexto real com métricas educacionais e socioespaciais (por exemplo, efeitos na segregação, permanência, assiduidade ou desempenho), indo além de métricas operacionais como distância e custo. Segundo, observa-se espaço para pesquisas sobre transparência e explicabilidade: muitas propostas descrevem o algoritmo, mas não detalham como as regras e critérios são comunicados

às famílias e como o sistema lida com contestação, auditoria e governança pública. Terceiro, faltam protocolos reproduzíveis com dados e código (ou versões anonimadas/sintéticas) que permitam comparação robusta entre métodos em cenários padronizados. Por fim, há oportunidade de integrar de forma mais explícita objetivos de equidade (territorial e socioeconômica) no desenho algorítmico, incluindo análises de trade-offs entre satisfação de preferências, eficiência logística e justiça distributiva. Essas direções aproximam a pesquisa de necessidades práticas de redes públicas e reforçam o papel da Informática na Educação no desenvolvimento de tecnologias de apoio à decisão com responsabilidade social.

4 Conclusões

Este artigo apresentou uma revisão sistemática da literatura sobre os principais modelos, algoritmos e abordagens utilizados na alocação de estudantes em escolas públicas. A partir da análise de estudos nacionais e internacionais publicados na última década, foi possível mapear a diversidade de métodos empregados, bem como os distintos objetivos, contextos e restrições que orientam cada proposta. A investigação buscou responder às seguintes perguntas de pesquisa: 1) *Quais são os principais algoritmos utilizados para alocar estudantes em escolas?* e 2) *Quais os principais problemas enfrentados na alocação de estudantes em escolas?*

Em relação à primeira pergunta, a literatura analisada revela um amplo espectro de abordagens, que inclui desde algoritmos clássicos oriundos da teoria dos jogos, como o *Deferred Acceptance* (DA) e o *Top Trading Cycles* (TTC), até métodos meta-heurísticos mais recentes, como Algoritmos Genéticos (GA), Algoritmo de Vagalumes (FA), Recozimento Simulado (SA) e heurísticas gulosas. Além disso, foram identificados modelos de otimização exata, com uso extensivo de Programação Linear Inteira (PLI) e Programação Linear Inteira Mista (PLIM), bem como soluções aplicadas baseadas em sistemas de informação geográfica, como o ArcGIS. A escolha dessas abordagens está fortemente condicionada aos objetivos da política pública em questão, sejam eles eficiência logística, satisfação das preferências, equidade territorial ou justiça distributiva, e à escala e complexidade do problema enfrentado.

Quanto à segunda pergunta, os estudos apontam desafios recorrentes, como a incorporação efetiva das preferências dos estudantes e famílias; o respeito às capacidades físicas e organizacionais das escolas; a garantia de transparência e justiça nos critérios de priorização; e a necessidade de viabilidade computacional para problemas de grande escala. Também emergem como barreiras importantes os fatores territoriais, como segregação urbana e limitações na infraestrutura de transporte, além de entraves institucionais relacionados à governança e à aceitação social dos algoritmos adotados.

A relevância desta revisão reside em sua capacidade de fornecer um panorama abrangente e sistematizado sobre o estado da arte em alocação escolar, subsidiando gestores educacionais e formuladores de políticas públicas com insumos teóricos e práticos para o aprimoramento dos mecanismos existentes. Ao consolidar as contribuições da literatura e evidenciar suas aplicações em diferentes realidades, este trabalho contribui para o fortalecimento de políticas educacionais mais justas, eficientes e baseadas em evidências. Em contextos marcados por desigualdades históricas, como o brasileiro, a escolha e implementação criteriosa de modelos de alocação pode representar

um passo decisivo na promoção da justiça social e na melhoria da equidade no acesso à educação pública.

A contribuição desta revisão para a área de Informática na Educação reside em evidenciar que a escolha de uma técnica algorítmica não é neutra e carrega implicações pedagógicas e sociais profundas. Portanto, o design de tais sistemas deve ser multidisciplinar, aliando a eficiência computacional à sensibilidade social necessária para garantir uma educação pública mais equitativa e transparente.

Referências

- Ali, A. Y. (2021). Greedy algorithm for solving student allocation problem in internship program: a case study. *International journal of research in industrial engineering*, 10(2), 155–164. <https://doi.org/10.22105/riej.2021.266125.1179> [GS Search].
- Alifi, M. R., Hayati, H., & Supangkat, S. H. (2017). Optimization of school network using location-allocation analysis: Case study: Bandung, Indonesia. *2017 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2017.8070099> [GS Search].
- Arnosti, N. (2023). Lottery design for school choice. *Management Science*, 69(1), 244–259. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2022.4338> [GS Search].
- Badoni, R. P., & Gupta, D. (2015). A new algorithm based on students groupings for university course timetabling problem. *2015 2nd international conference on recent advances in engineering & computational sciences (RAECS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/RAECS.2015.7453340> [GS Search].
- Bouzarth, E. L., Forrester, R., Hutson, K. R., & Reddoch, L. (2018). Assigning students to schools to minimize both transportation costs and socioeconomic variation between schools. *Socio-Economic Planning Sciences*, 64, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.09.001> [GS Search].
- Delgado, V. M. S. (2013). Alocação dos alunos nas escolas: uma abordagem de algoritmos de pareamento para análise do efeito do cadastro escolar de Belo Horizonte na proficiência dos estudantes. [GS Search] [Link].
- Fernandes, G. A. A. L. (2018). O problema das matrículas escolares: uma discussão sobre a melhoria das regras utilizadas em São Paulo. *Revista de Administração Pública*, 52(4), 740–752. <https://doi.org/10.1590/0034-7612163466> [GS Search].
- Ilham, M. N., Arbansyah, A., Suryawan, S. H., & Wirayuda, P. (2020). Application of Bubble Sort Optimization in New Student Admission Selection Using Brute Force Algorithm. *Tepian*, 5(2), 568771. <https://doi.org/10.51967/tepiian.v5i2.3055> [GS Search].
- Jiang, Y., Li, B., & Zhao, R. (2019). An allocation scheme of students based on IPM under the nearby enrollment policy. *2019 10th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 260–264. <https://doi.org/10.1109/ITME.2019.00066> [GS Search].
- Lincolao-Venegas, I., & Rojas-Mora, J. (2024). Exploration Pitfalls in a CUDA Parallelized Simulated Annealing Algorithm to Solve the Centralized Student-School Assignment Problem. *2024 43rd International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SCCC63879.2024.10767637> [GS Search].

- Machado, M. M. M., & Cardoso, S. L. (2025). O uso da Tecnologia em Sala de Aula com Alunos com TEA: uma Revisão Sistemática da Literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 33, 583–604. <https://doi.org/10.5753/rbie.2025.5356> [GS Search].
- Mayerle, S. F., Rodrigues, H. F., Figueiredo, J. N., & Chiroli, D. M. D. G. (2022). Optimal student/school/class/teacher/classroom matching to support efficient public school system resource allocation. *Socio-Economic Planning Sciences*, 83, 101341. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101341> [GS Search].
- Neto, G. F., Miranda, P. B., Mello, R. F., & Nascimento, A. C. (2022). A Novel One-to-Many Matching Method for the Assignment Problem: An ENEM Case Study. *Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional (ENIAC)*, 164–173. <https://doi.org/10.5753/eniac.2022.227548> [GS Search].
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, 372. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4> [GS Search].
- Prima, P., & Arymurthy, A. M. (2018). Optimization of school location-allocation using genetic algorithm. *2018 8th International Workshop on Computer Science and Engineering, WCSE 2018*, 750–755. [GS Search] [Link].
- Prima, P., & Arymurthy, A. M. (2019). Optimization of school location-allocation using Firefly Algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 1235(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1235/1/012002> [GS Search].
- Robertson, S., Nguyen, T., & Salehi, N. (2021). Modeling assumptions clash with the real world: Transparency, equity, and community challenges for student assignment algorithms. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445748> [GS Search].
- Rodrigues, H. F., & Mayerle, S. F. (2014). Modelo capacitado para alocação de alunos em redes públicas de ensino. *XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. [GS Search] [Link].
- Rosistolato, R., Prado, A. P., Koslinski, M. C., Carvalho, J. T., & Moreira, A. M. (2016). Dinâmicas de matrícula em escolas públicas na cidade do Rio de Janeiro. *Pro-Posições*, 27, 237–262. <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0108> [GS Search].
- Verhalen, L. E. C., Castro, M. M. M., & Maciel, C. (2025). Percepções e Ferramentas sobre Recriação Digital de Educadores por meio de Inteligência Artificial: Uma Revisão Sistemática de Literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 33, 565–582. <https://doi.org/10.5753/rbie.2025.5279> [GS Search].
- Vianna, C. R., Teles, C. A. M. S., Pontes, R. S. G., Belloze, K. T., Cirto, F. E., Brandão, D., Assis, L. S., & Carvalho, F. F. (2023). Heuristic for the Students Allocation in Brazilian Public Schools: a Case Study. *2023 18th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/CISTI58278.2023.10211339> [GS Search].
- Wahid, E. A. L., Zainuddin, Z., & Ilham, A. A. (2024). Modification of K-Means Clustering Algorithm for Optimizing School Zoning System Using Big Data. *2024 7th International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 148–153. <https://doi.org/10.1109/ICOIACT64819.2024.10913295> [GS Search].