

OTIMIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS ESSENCIAIS EM UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE

Kayo Barbosa Costa

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT)

Kayo.costa@ufnt.edu.br

David Gabriel de Barros Franco

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT)

David.franco@ufnt.edu.br

Warton da Silva Souza

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT)

Warton.souza@ufnt.edu.br

Cristina Vieira da Costa

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT)

Cristina.costa@ufnt.edu.br

Resumo: O artigo aborda a importância da logística na administração pública, especialmente no contexto do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil. A pesquisa se concentra na cidade de Araguaína, Tocantins, que se destacou em 2022 por cumprir as metas do Ministério da Saúde, mas enfrenta desafios logísticos na distribuição de medicamentos. O objetivo principal da pesquisa é otimizar as rotas de entrega de medicamentos essenciais utilizando métodos de Pesquisa Operacional (PO), visando melhorar a eficiência do abastecimento nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) do município. A metodologia inclui a análise do processo atual e a identificação de gargalos na distribuição. O estudo utilizou o *OpenSolver* para a modelagem matemática, focando no Problema de Roteamento de Veículos (PRV). A pesquisa também estimou a demanda média de medicamentos em cada UBS e as particularidades logísticas da região atendida. Como resultado, foi obtida uma nova rota que reduz em 31,3% o percurso realizado atualmente, economizando recursos e tempo na distribuição, contribuindo para a eficiência do atendimento aos pacientes. A relevância do estudo se destaca tanto teoricamente, contribuindo para o conhecimento na área, quanto na prática, oferecendo subsídios para gestores públicos aprimorarem as políticas de saúde locais.

Palavras-chave: otimização de rotas; distribuição eficiente; saúde pública; pesquisa operacional.

DISTRIBUTION OPTIMIZATION OF ESSENTIAL MEDICINES IN BASIC HEALTH UNITS

Abstract: The article addresses the importance of logistics in public administration, especially in the context of the Unified Health System (SUS) in Brazil. The research focuses on the city of Araguaína, Tocantins, which stood out in 2022 for meeting the goals of the Ministry of Health, but faces logistical challenges in the distribution of medicines. The main objective of the research is to optimize the delivery routes of essential medicines using Operations Research (OR) methods, aiming to improve the efficiency of supply in the Basic Health Units (UBS) of the municipality. The methodology includes the analysis of the current process and the identification of bottlenecks in the distribution. The study used *OpenSolver* for mathematical modeling, focusing on the Vehicle

Routing Problem (VRP). The research also estimated the average demand for medicines in each UBS and the logistical particularities of the region served. As a result, a new route was obtained that reduces the current route by 31.3%, saving resources and time in distribution, contributing to the efficiency of patient care. The relevance of the study stands out both theoretically, contributing to knowledge in the area, and in practice, offering subsidies for public managers to improve local health policies.

Keywords: route optimization; efficient distribution; public health; operational research.

INTRODUÇÃO

A eficiência é um dos princípios constitucionais fundamentais que orientam a atuação dos órgãos e agentes na administração pública. Nesse contexto, a logística desempenha um papel crucial, assegurando eficácia, efetividade e economicidade nas áreas de transporte, armazenagem, distribuição e controle. A Pesquisa Operacional (PO) se destaca como uma metodologia essencial nesse processo, pois utiliza métodos quantitativos para auxiliar gestores na tomada de decisões (Franco *et al.*, 2022).

Conforme estabelecido pela Constituição Federal de 1988, é dever do Estado garantir a todos o acesso à saúde por meio de políticas sociais e econômicas que visem à redução de doenças e outros agravos. Assim, foi criado o Sistema Único de Saúde (SUS), que proporciona assistência integral e gratuita, tornando-se uma referência mundial. Em 2022, o SUS realizou mais de 4 bilhões de procedimentos ambulatoriais e 12,5 milhões de consultas médicas em todo o país (Ministério da Saúde, 2024).

Neste cenário, o município de Araguaína, Tocantins, destacou-se em 2022 ao cumprir as metas do Ministério da Saúde, posicionando-se entre as nove cidades com melhor desempenho no Brasil. No entanto, a gestão municipal enfrenta desafios logísticos significativos (Prefeitura de Araguaína, 2022). Aguiar (2021) identificou como gargalos na distribuição de insumos medicamentosos os pontos mais distantes do Centro Municipal de Imunização (CMI), ressaltando que a rota que atende esses locais requer um gerenciamento de risco mais rigoroso devido ao seu comprimento total superior ao das demais rotas.

O predomínio de determinados modais de transporte está intimamente relacionado à geografia do país. Países insulares como Japão e Austrália dependem fortemente dos

transportes aéreo e marítimo. Em contrapartida, países continentais têm a possibilidade de utilizar os modais rodoviário, ferroviário e dutoviário. No Brasil, o modal mais utilizado é o rodoviário e, embora não seja o mais econômico, destaca-se como a opção mais prática para curtas distâncias ou trajetos que demandem maior flexibilidade (Ballou, 2006).

Diante desse contexto, as operações logísticas públicas em Araguaína representam uma oportunidade promissora para pesquisa e aprimoramento dos serviços prestados à população. Os métodos da PO podem contribuir substancialmente para esse objetivo. Assim, a questão-problema que emerge desta pesquisa é: do ponto de vista logístico, qual é a melhor rota para atender às Unidades Básicas de Saúde (UBS) do município considerando a localização do centro de distribuição de medicamentos, observando as regulamentações e garantindo que os medicamentos cheguem ao destino final em condições ideais?

O objetivo geral deste trabalho é otimizar a rota de distribuição de medicamentos nas UBS de Araguaína utilizando ferramentas da PO. Os objetivos específicos incluem:

- I. Analisar o processo atual de distribuição de medicamentos nas UBS;
- II. Identificar possíveis gargalos na operação de distribuição;
- III. Aplicar métodos de programação matemática para o roteamento de veículos.

Para atingir os objetivos, o trabalho utilizará as ferramentas da modelagem matemática aplicadas à otimização de rotas, especificamente o modelo do Problema de Roteamento de Veículos (PRV), que garante a construção de uma rota ótima sujeita a restrições de oferta e demanda. Os dados foram coletados a partir de entrevistas com gestores locais e acesso a bases de dados públicos.

Do ponto de vista teórico, o trabalho se justifica por contribuir para o avanço do conhecimento em uma área ainda pouco explorada na região Norte do país, da otimização da gestão pública de saúde. Sob o aspecto prático, espera-se fornecer informações valiosas para os gestores públicos da organização estudada, auxiliando na correção de rumos e diretrizes e na melhoria das políticas de gestão já existentes, contribuindo assim para a eficácia do sistema de saúde pública no município estudado.

REFERENCIAL TEÓRICO

EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA

A logística, assim como a administração, não possui uma definição única e consensual, refletindo sua aplicação em diversas áreas. De acordo com o dicionário de logística da Universidade de Campinas, a logística é entendida como um sistema de administração integrada e estratégica que abrange desde a origem até o destino, coordenando e planejando todas as atividades de um negócio. Esse sistema visa otimizar os recursos disponíveis e garantir a distribuição dos produtos no local adequado, nas quantidades necessárias e no tempo certo (Franco e Steiner, 2022).

Novaes (2014) argumenta que a logística moderna emergiu das necessidades militares. Durante os conflitos, era essencial que os exércitos contassem com equipes capacitadas para transportar recursos vitais, como munição, alimentos, equipamentos e pessoal para locais estratégicos, atendendo assim às demandas das forças de combate. Essa evolução histórica da logística destaca sua importância não apenas em contextos militares, mas também em operações comerciais e administrativas contemporâneas.

A logística envolve a utilização de diferentes modais de transporte, incluindo o rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo, para o deslocamento de mercadorias e pessoas de um ponto a outro. Cada modal apresenta suas próprias vantagens e desvantagens, mas todos desempenham um papel fundamental na eficiência do abastecimento e distribuição. A distribuição física abrange uma série de atividades que precisam ser geridas, incluindo transporte, manutenção de estoques, armazenagem, manuseio de materiais, processamento de pedidos, compras, embalagem e produção (Ballou, 2006).

Embora o termo "distribuição física" seja frequentemente associado ao transporte, esse processo logístico é muito mais abrangente. Os custos envolvidos na distribuição são cruciais para o alcance dos objetivos estabelecidos, e o sistema de transporte exige

melhorias contínuas por meio de métodos que otimizem e racionalizem os recursos disponíveis. Para um país com as dimensões do Brasil, é vital contar com uma infraestrutura que permita a integração econômica e social, conectando suas regiões de maneira eficiente (Paura, 2011; Silveira e Julio, 2013; Neto, 2016).

A interrelação dos modais de transporte é crucial para a eficiência logística e o desenvolvimento econômico. Os diferentes modais possuem características específicas que influenciam sua escolha dependendo da natureza da carga, distância e custo. Segundo Haddad (2006), a infraestrutura de transporte não apenas melhora a produtividade, mas também gera economias de escala e acessibilidade, impactando positivamente as vantagens competitivas regionais. Betarelli-Junior (2007) complementa essa visão ao afirmar que a distribuição da riqueza econômica no Brasil está intimamente ligada à organização espacial da infraestrutura de transporte, revelando desigualdades regionais. Além disso, a análise das interações entre os modais e a estrutura produtiva é essencial para entender como as demandas setoriais influenciam as decisões de planejamento e investimento em transporte.

DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS

Atualmente, o Brasil dispõe de uma ampla variedade de regulamentações, incluindo resoluções, decretos, portarias e leis, que estabelecem diretrizes para o armazenamento e transporte adequados de medicamentos em todo o território nacional. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 20, de 5 de maio de 2011, define os critérios para a prescrição, dispensação, controle, embalagem e rotulagem de medicamentos à base de substâncias antimicrobianas de uso prescrito, isoladas ou em associação (Ministério da Saúde, 2011).

A RDC nº 27, de 30 de março de 2007, institui a implementação do módulo para drogarias e farmácias como parte das iniciativas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para assegurar a segurança e qualidade dos medicamentos. Essa resolução visa aprimorar a fiscalização e promover o uso racional dos medicamentos, além de garantir o acesso da população a produtos essenciais (Ministério da Saúde, 2007).

Para assegurar a qualidade e segurança dos medicamentos, é imperativo que a distribuição e armazenagem sigam rigorosamente padrões de qualidade que preservem a integridade dos produtos. A Portaria nº 1.052, de 29 de dezembro de 1998, estabelece normas para a concessão de autorização de funcionamento para empresas envolvidas no transporte de produtos farmacêuticos e farmoquímicos sujeitos à vigilância sanitária (Ministério da Saúde, 1998). Esta portaria determina que as empresas que realizam o transporte de produtos sob controle especial solicitem uma autorização especial de funcionamento. Esses produtos exigem cuidados rigorosos durante o transporte e armazenagem devido a particularidades relacionadas à temperatura, umidade e luminosidade.

ROTEAMENTO DE VEÍCULOS

O transporte é responsável por até dois terços dos custos logísticos, e maximizar a eficiência por meio do uso integral dos recursos é uma das principais preocupações dos gestores. Portanto, é fundamental reduzir os custos de transporte ao identificar os melhores roteiros para os veículos em uma rede de rodovias, minimizando assim o tempo e as distâncias percorridas. A definição de rotas para veículos em uma rede de caminhos tem sido abordada por métodos específicos, sendo o método do caminho mais curto uma das técnicas mais simples. Essa abordagem consiste em conectar o ponto de origem ao vizinho mais próximo até completar a rota, sem considerar os pontos já conectados (Ballou, 2006). Os sistemas de distribuição física incluem o roteamento de veículos como um componente essencial. Esse processo busca encontrar rotas que minimizem os custos de distribuição de uma frota de veículos, levando em consideração restrições operacionais relevantes, como a capacidade do veículo e os prazos de entrega (Galvão *et al.*, 1997).

O Problema do Caixeiro-Viajante (PCV) é um tema amplamente reconhecido nos estudos de otimização combinatória, apresentando uma variedade significativa de aplicações práticas. A origem do PCV está ligada à situação de um vendedor que precisa

visitar diversas cidades, passando por cada uma delas apenas uma vez e retornando ao ponto de partida, com o objetivo de minimizar a distância total percorrida. Embora Karl Menger tenha formulado matematicamente o problema em 1932, foi somente na década de 1950 que ele começou a receber atenção intensiva da comunidade acadêmica (Oliveira, 2015).

O PRV pode ser considerado uma extensão do PCV, uma vez que ambos envolvem a otimização de rotas. Enquanto o PCV se concentra na determinação da rota mais curta para um único veículo, o PRV expande essa abordagem para incluir múltiplos veículos e diversas restrições operacionais. No PRV, o objetivo é não apenas minimizar a distância total percorrida, mas também atender a demandas específicas em diferentes locais, respeitando limitações como capacidade de carga dos veículos e janelas de tempo para entregas. Essa complexidade adicional torna o PRV uma ferramenta essencial para otimizar a distribuição de bens e serviços em contextos em que a eficiência logística é crucial (Santos, 2016).

Assim, o PRV busca definir rotas entre um centro de distribuição e um conjunto de pontos de entrega, minimizando o número de veículos utilizados, a distância percorrida e o tempo gasto no transporte. É importante destacar a diferença entre o PCV e o PRV: enquanto o PCV se concentra na otimização da rota para um único veículo, o PRV lida com a otimização simultânea de várias rotas para atender às demandas de forma eficiente (Assis, 2007).

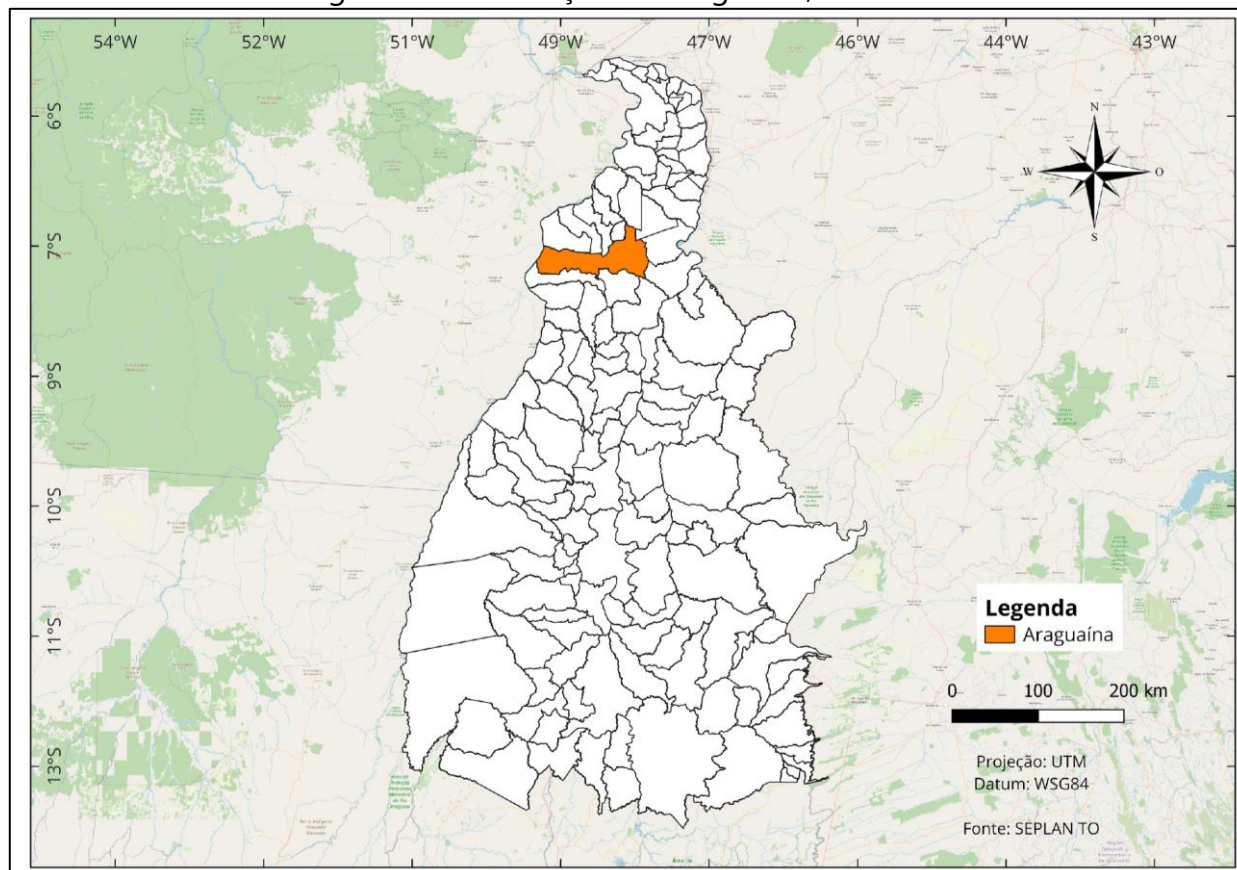
MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada com o objetivo de aplicar a PO para otimizar as rotas e avaliar a eficiência e eficácia na distribuição de medicamentos essenciais à população de Araguaína, Tocantins. Para compreender a realidade do abastecimento farmacêutico, foi conduzida uma pesquisa exploratória que incluiu a coleta de dados quantitativos por meio de entrevistas com a gestora local e ofícios enviados à Secretaria de Saúde.

As informações coletadas abrangeram a quantidade de receitas médicas atendidas por cada Unidade Básica de Saúde (UBS), a demanda e frequência de abastecimento, o número de veículos utilizados e a localização das UBS, obtidas através do *Google Maps*. A Figura 1 apresenta a localização do município de Araguaína no Estado do Tocantins.

Figura 1 - Localização de Araguaína, Tocantins



Fonte: SEPLAN – TO (2024).

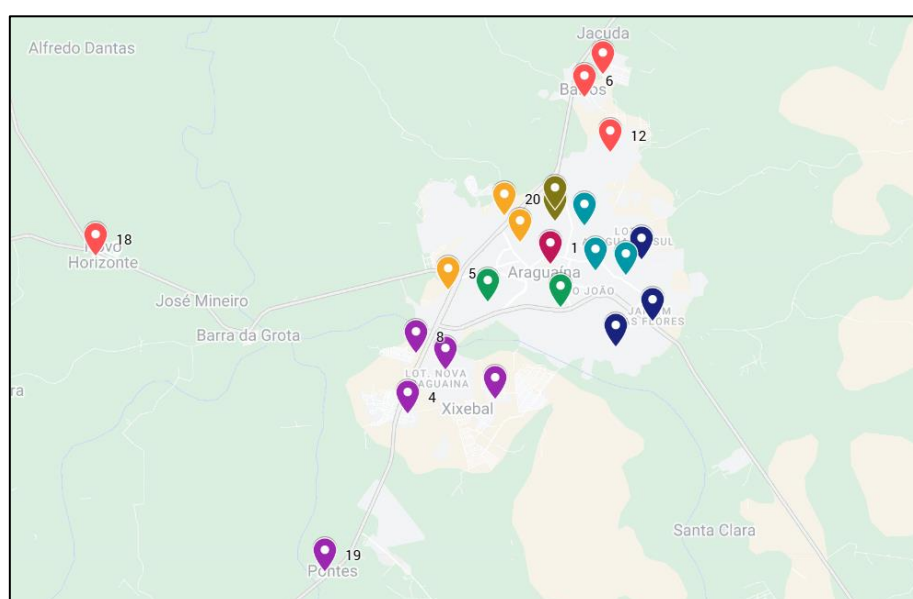
Araguaína está situada na região norte do Estado do Tocantins, o que lhe confere uma posição estratégica entre os rios Araguaia e Tocantins, além de ter acesso à Ferrovia Norte Sul (FNS) e à BR-153, conhecida como Belém-Brasília, uma das rotas mais importantes do país. O município possui uma população de 171.301 habitantes, com uma densidade demográfica de 42,78 habitantes por quilômetro quadrado (km²).

Araguaína é reconhecida por seu papel fundamental no desenvolvimento econômico e social, atuando como um grande polo para atividades comerciais, educacionais e,

especialmente, na área da saúde, atendendo não apenas os cidadãos locais, mas também pessoas de regiões vizinhas. Em 2021, o PIB per capita do município era de R\$ 28.129,89 e, em 2017, sua receita totalizou R\$ 427.808.780 (IBGE, 2023).

O município conta com 22 UBS e um centro de distribuição localizado no centro da cidade, posicionado estrategicamente para facilitar a distribuição de medicamentos. Essa localização permite uma integração eficiente entre armazenamento e dispensação, garantindo que os recursos necessários estejam sempre disponíveis e acessíveis. A Figura 2 apresenta a localização das 22 UBSs e do centro de distribuição (ponto número "1" central). As cores representam as rotas de atendimento de cada UBS a partir do centro de distribuição.

Figura 2 - Localização das UBSs de Araguaína



Fonte: Autores (2024).

MODELAGEM MATEMÁTICA

As ferramentas utilizadas neste estudo foram o Google Planilhas e o *OpenSolver*, que facilitam a otimização e a resolução de problemas de programação linear diretamente na

planilha eletrônica, permitindo uma análise de dados mais eficiente. O *OpenSolver* é um complemento que possibilita a resolução de modelos lineares e mistos dentro do Google Planilhas, sem a necessidade de configurações adicionais. Essa integração torna o processo de otimização acessível e prático, permitindo que os gestores analisem diferentes cenários e tomem decisões informadas com base nos resultados obtidos.

Quanto ao modelo matemático, o PRV pode ser expresso através de um grafo $G(N,A)$, no qual $N = \{1,2,3, \dots, n\}$ é um conjunto de n vértices que serão atendidos e $A(i,j)$ é o conjunto de arcos (trajetos) entre dois vértices. Para cada arco, c_{ij} é o custo do transporte entre os vértices i e j , D_i é a demanda do vértice i e C é a capacidade do veículo que realizará a rota. A variável de decisão binária x_{ij} , assumirá o valor "1" caso o vértice j seja atendido na sequência do vértice i , ou "0" caso contrário. As equações (1) a (7) apresentam o modelo completo, composto pela função objetivo e as restrições.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ji} - \sum_{j=1}^n f_{ij} = D_i \quad \forall i = 2, \dots, n \quad (4)$$

$$f_{ij} \leq Cx_{ij} \quad \forall i, j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$f_{ij} \in Z \quad \forall i, j = 1, \dots, n \quad (7)$$

A Função Objetivo (1) minimiza o custo total de transporte. As restrições (2) e (3) garantem que apenas um veículo saia e chegue nos clientes i e j , respectivamente, exceto

para a origem (ponto 1). A equação (4) mostra que a diferença entre o fluxo de entrada e saída em um cliente é igual à sua demanda, exceto para a origem. A restrição (5) restringe o fluxo em cada cliente, que deverá ser menor ou igual à capacidade do veículo que passa por ele. E as equações (6) e (7) garantem que as variáveis de decisão x_{ij} e f_{ij} devem ser binárias e inteiras, respectivamente.

ESTIMATIVA DE DEMANDA

A estimativa da demanda média de medicamentos para cada UBS é uma tarefa complexa que requer um período significativo para a coleta de dados. Essa complexidade decorre de diversas variáveis, como a sazonalidade das doenças, variações demográficas e mudanças nos padrões de prescrição médica. Assim, um período prolongado de observação é essencial para obter estimativas precisas e confiáveis, garantindo que os estoques de medicamentos atendam adequadamente às necessidades das UBS. Para esta pesquisa, foram utilizados os dados de demanda do ano de 2023 para cada UBS do município.

A etapa de previsão de demanda foi dividida em quatro partes. A primeira parte envolveu a determinação da capacidade de carga do veículo utilizado na distribuição. Para isso, foram calculadas as dimensões internas do veículo e as dimensões externas das caixas de transporte dos medicamentos. A equação 8 foi utilizada para calcular o número de caixas de transporte que podem ser acomodadas no veículo, permitindo uma análise precisa da capacidade logística necessária para atender à demanda estimada.

$$CAP_{caixas} = \frac{Ci_V * Li_V * Ai_V}{Ce_{CT} * Le_{CT} * Ae_{CT}} \quad (8)$$

Onde:

Ci_V representa o comprimento interno do compartimento de carga do veículo;

Li_V representa a largura interna do compartimento de carga do veículo;

Ai_V representa a altura interna do compartimento de carga do veículo;

Ce_{CT} representa o comprimento externo da caixa de transporte;

Le_{CT} representa a largura externa da caixa de transporte;

Ae_{CT} representa a altura externa da caixa de transporte.

Foi adotada uma margem de segurança de 50% em relação à variável CAP_{caixas} . Essa decisão levou em consideração diversos fatores, incluindo a necessidade de espaço para a movimentação dos produtos durante o transporte, as restrições de empilhamento máximo para garantir a integridade das mercadorias e a reserva de espaço para uma margem de erro, caso a quantidade de caixas de medicamentos exceda a previsão inicial.

Em seguida, para estimar a média de medicamentos dispensados por UBS, foi calculada a média mensal de receitas emitidas por cada UBS, multiplicada pela estimativa média de medicamentos por receita, conforme descrito na equação 9. Essa abordagem permite uma avaliação mais precisa da demanda real de medicamentos em cada unidade, contribuindo para uma melhor gestão dos estoques e da logística de distribuição.

$$MED_{UBS} = Rec_{mês} * MED_{Rec} \quad (9)$$

Onde:

$Rec_{mês}$ é o número médio mensal de receitas emitidas em cada UBS;

MED_{Rec} é o número médio de medicamentos prescritos em cada receita.

Como não estavam disponíveis dados históricos para o cálculo do número médio de medicamentos prescritos por receita na cidade de Araguaína, foi utilizada uma estimativa da literatura, que indica uma média de 2,2 medicamentos prescritos por receita, conforme estudo realizado nas UBSs de Ribeirão Preto, São Paulo (Santos e Nitrini, 2004).

O terceiro passo consistiu em determinar a quantidade de medicamentos que pode ser alocada em cada caixa. Para isso, foram calculadas as dimensões internas da caixa utilizada no transporte de medicamentos, bem como as dimensões externas das caixas secundárias dos medicamentos, conforme especificado pela RDC 768 (Ministério da Saúde, 2022).

Devido à complexidade e à variedade de tamanhos das caixas secundárias de medicamentos, optou-se por utilizar apenas uma estimativa média. A equação 10 apresenta a fórmula utilizada para calcular o número de medicamentos que podem ser acomodados em cada caixa de transporte. Essa abordagem simplificada visa facilitar a análise logística e garantir a eficiência na distribuição dos medicamentos.

$$MED_{caixa} = \frac{Ci_{CT} * Li_{CT} * Ai_{CT}}{Ce_{CM} * Le_{CM} * Ae_{CM}} \quad (10)$$

Onde:

Ci_{CT} representa o comprimento interno da caixa de transporte;

Li_{CT} representa a largura interna da caixa de transporte;

Ai_{CT} representa a altura interna da caixa de transporte;

Ce_{CM} representa o comprimento externo da caixa de medicamento;

Le_{CM} representa a largura externa da caixa de medicamento;

Ae_{CM} representa a altura externa da caixa de medicamento.

Assim como na estimar da capacidade de carga do veículo, que limitou a utilização a apenas 50% da capacidade total, no cálculo da quantidade de medicamentos alocados em cada caixa também se utilizou o limite de 50% da capacidade máxima.

Por fim, para estimar a quantidade de caixas de transporte de medicamentos necessárias para atender à demanda de cada UBS, foi utilizada a equação (11). Essa abordagem assegura que as estimativas considerem possíveis variações na demanda, contribuindo para uma distribuição mais eficiente e eficaz dos medicamentos.

$$Caixas_{UBS} = MED_{UBS} * MED_{caixa} \quad (11)$$

Onde MED_{UBS} (média de medicamentos dispensados por UBS) e MED_{caixa} (número de medicamentos por caixa de transporte) estão definidas nas equações 9 e 10, respectivamente.

RESULTADOS

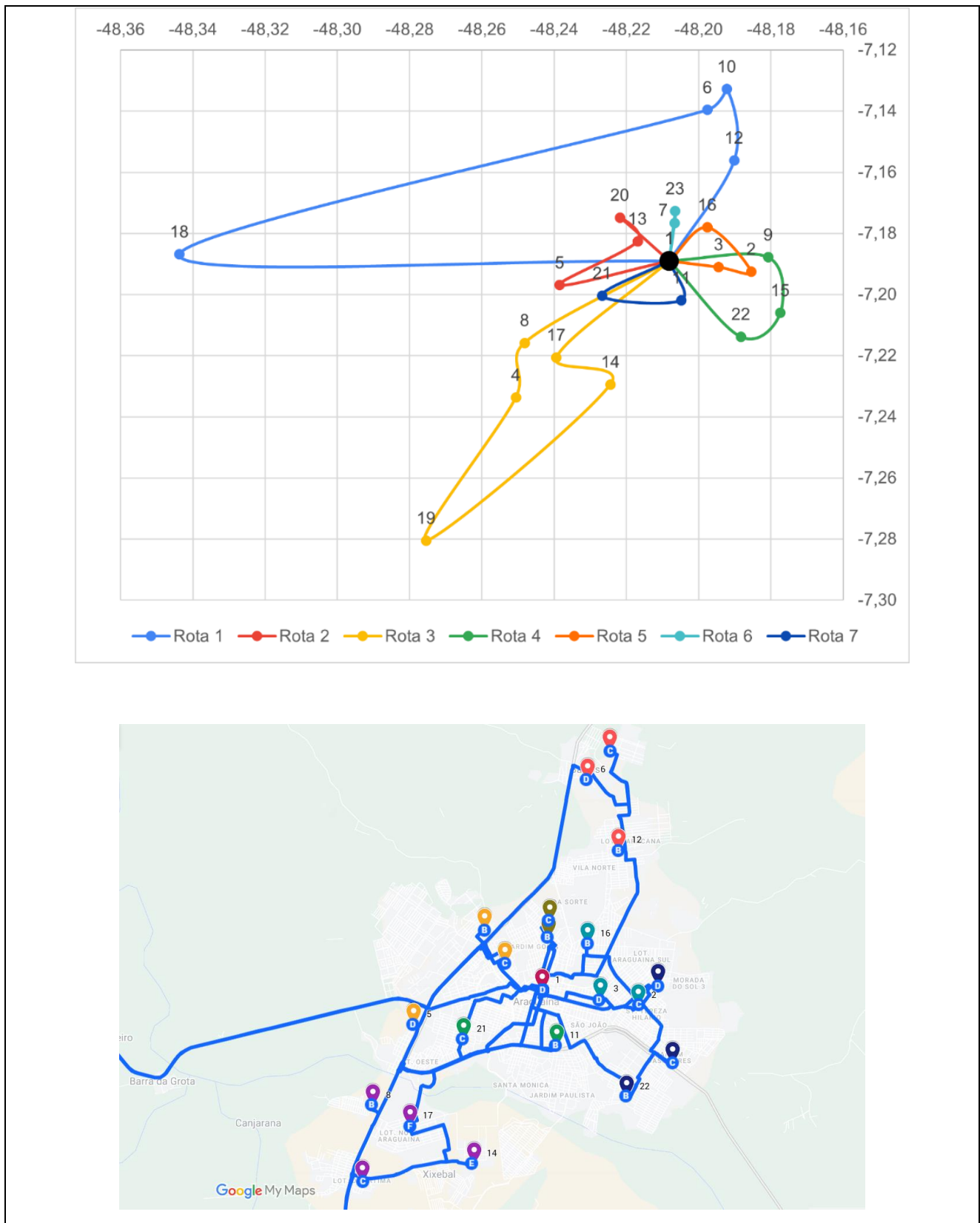
Cada município tem a prerrogativa de definir os medicamentos que compõem a Relação Municipal de Medicamentos Essenciais (REMUME), levando em consideração a epidemiologia local e as prioridades estabelecidas pela gestão. A REMUME de Araguaína inclui 340 medicamentos, dos quais 136 estão disponíveis nas UBSs. Os demais medicamentos são divididos em grupos exclusivos para o Serviço Móvel de Urgência (SAMU), Escola Autista, Farmácia Municipal e Serviço de Atenção Domiciliar (SAD).

As demandas entre as UBS são relativas e o ressuprimento ocorre até o quinto dia útil de cada mês. Caso o farmacêutico responsável identifique a necessidade de um abastecimento adicional, este é realizado na segunda quinzena do mês, conforme estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 1, de 22 de fevereiro de 2022, que reúne as normas de atenção especializada à saúde (Ministério da Saúde, 2022).

Para o transporte dos medicamentos, o município utiliza um veículo Fiat Ducato, cujo compartimento de carga possui dimensões internas de 3.120 x 1.870 x 1.932 mm. A farmácia central que distribui para as UBS utiliza caixas de transporte com dimensões externas de 292 x 400 x 600 mm e internas de 245 x 310 x 510 mm. A quantidade máxima estimada de caixas que podem ser acomodadas no veículo é de aproximadamente 161, conforme calculado na equação 8. No entanto, para garantir eficiência na distribuição, optou-se por utilizar apenas 50% da capacidade total do veículo, o que corresponde a 80 caixas. Considerando os tamanhos médios das caixas de medicamentos, cada caixa pode comportar aproximadamente 175 unidades, conforme indicado na equação 10.

A Figura 3 ilustra o roteamento atualmente empregado para a distribuição dos medicamentos às UBSs (na parte inferior da imagem os pontos 18 e 19 foram omitidos para melhor visualização dos detalhes da rota).

Figura 3 - Rota atual (representação cartesiana e rodoviária)



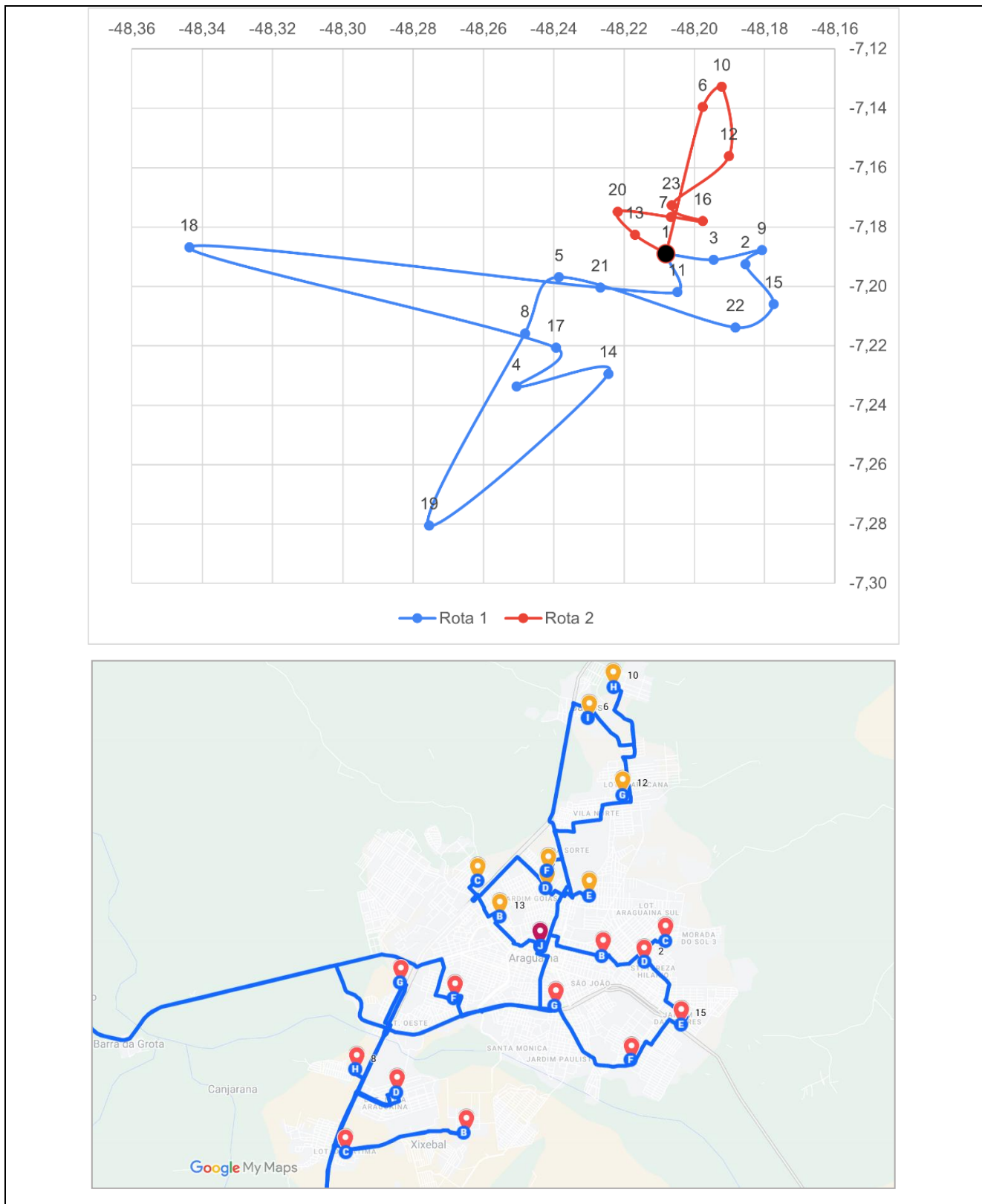
Fonte: Autores (2024).

A divisão em sete rotas distintas resulta em custos consideráveis, principalmente devido à subutilização da capacidade do veículo e ao aumento dos gastos operacionais. Por exemplo, as rotas 6 e 7 atendem apenas duas UBSs cada, o que representa uma demanda de atendimentos inferior em comparação às demais unidades. Essa distribuição ineficiente leva a uma menor quantidade de medicamentos transportados, o que provoca um aumento nos custos de combustível e manutenção do veículo. Essa situação se torna um ponto crítico a ser abordado para otimizar a eficiência e reduzir os gastos logísticos da Secretaria de Saúde.

Além disso, o tempo de atendimento às UBSs acaba se estendendo devido ao maior número de retornos ao depósito central e paradas para carregamento dos veículos, ocupando por mais tempo a mão de obra disponível. Isso impacta diretamente a qualidade do atendimento ao cidadão, que muitas vezes pode não ter o medicamento disponível no momento do atendimento, sendo necessárias novas idas aos postos de atendimento.

Ao aplicar o modelo matemático foi possível desenvolver um novo roteamento para a distribuição de medicamentos em Araguaína, que consiste em apenas duas subdivisões. Essa nova rota apresenta um comprimento menor do que o atualmente utilizado pelo município. A Figura 4 ilustra a solução ótima para o problema em questão, evidenciando a potencial melhoria na eficiência logística (na parte inferior da imagem os pontos 18 e 19 foram omitidos para melhor visualização dos detalhes da rota).

Figura 4 - Rota otimizada (representação cartesiana e rodoviária)



Fonte: Autores (2024).

A nova roteirização proposta dividiu o território do município em duas regiões, ao norte e ao sul do centro de distribuição. A região sul do município possui maior espalhamento geográfico, o que acarretou uma rota mais longa e, conseqüentemente, mais demorada. Com a solução proposta, fica evidente a eficácia das estratégias utilizadas para enfrentar os desafios logísticos e promover melhor atendimento à população.

O veículo utilizado pela gestão municipal para a distribuição possui uma autonomia de 8,7 km/l (COBLI, 2021), e o preço médio do diesel em Araguaína é de R\$ 5,80, conforme uma pesquisa realizada em abril de 2024 (PROCON, 2024). A Tabela 1 destaca a diferença de comprimento e custo entre a rota atualmente praticada e o modelo analisado neste estudo.

Tabela 1 - Comparação dos resultados

	Distância (km)	Custo (R\$)	Tempo (h)
Rota atual	143,4	95,6	4,0
Rota otimizada	98,5	65,7	1,8
Diferença	-31,3%	-31,3%	-55,0%

Fonte: Autores (2024).

A nova rota apresenta um comprimento 31,3% menor do que o utilizado atualmente pelo município, indicando uma significativa oportunidade de redução de custos operacionais. Além disso, o tempo empregado na rota proposta é 55% inferior ao da rota em uso, o que impacta nos tempos de reabastecimento das UBSs e de ocupação da mão de obra.

A melhoria nas rotas permite que os veículos percorram distâncias menores, resultando em economia de combustível e redução das despesas com manutenção e pessoal. Essa otimização é especialmente relevante em pequenos municípios, onde as receitas geradas pelo recolhimento de tributos são limitadas e a disponibilidade de recursos é escassa.

Os ganhos econômicos resultantes da otimização das rotas poderiam ser investidos na melhoria do nível geral do serviço. Rotas bem planejadas permitiriam que as equipes de distribuição atendessem a um maior número de usuários do sistema público de saúde dentro do mesmo período de tempo. Essa eficiência não apenas aumentaria a produtividade da equipe, mas também elevaria a qualidade do serviço prestado aos clientes, beneficiando assim toda a comunidade atendida.

CONCLUSÕES

O objetivo proposto neste trabalho foi alcançado com sucesso. Através de uma análise minuciosa do processo atual de distribuição de medicamentos nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) de Araguaína e da identificação dos gargalos existentes na operação, foi possível chegar a um resultado ótimo utilizando técnicas e modelos matemáticos oriundos da PO. Esses resultados reforçam a eficácia e a relevância do estudo realizado, contribuindo significativamente para a melhoria do processo de distribuição de medicamentos no município. O roteamento proposto não apenas reduz a distância percorrida e os custos com combustível e manutenção, mas também otimiza o tempo de serviço e operação.

A pesquisa revelou uma importante intersecção crítica entre a geografia e a problemática social do município, destacando como as condições das ruas e estradas impactam diretamente a eficiência do sistema de saúde público, sendo um fator determinante na agilidade da entrega de insumos essenciais, especialmente no município alvo da pesquisa, que serve como polo regional comercial e de saúde. As peculiaridades geográficas de Araguaína, como sua localização estratégica entre importantes rotas de transporte e a presença de diversos postos de atendimento ao cidadão, exigem um planejamento logístico que considere não apenas a otimização das rotas, mas também a infraestrutura existente.

Assim, a pesquisa não só aborda a necessidade de melhorias na logística pública, mas também enfatiza a importância de políticas que integrem o desenvolvimento urbano à

saúde pública, garantindo que todos os cidadãos tenham acesso adequado aos serviços essenciais, independentemente das condições geográficas e econômicas que enfrentem. A obtenção de dados precisos sobre a demanda representa um desafio significativo em muitos estudos, incluindo neste. No entanto, mesmo diante dessas dificuldades, foi possível estimar a demanda com base em referências da literatura e dados coletados diretamente na Secretaria de Saúde do município. Essa abordagem viabilizou a definição da demanda média necessária para o desenvolvimento da pesquisa.

Em futuras investigações, recomenda-se realizar um estudo mais detalhado sobre as demandas individuais nas UBS municipais, mensurando o número de medicamentos dispensados por receita. Isso permitirá um controle mais eficaz das entradas e saídas do modelo, além de possibilitar a análise do impacto das melhorias propostas na distribuição de medicamentos, caso sejam implementadas. Essa abordagem contribuirá para a construção de modelos mais precisos e adequados à realidade local.

MATERIAL SUPLEMENTAR

As rotas identificadas na pesquisa podem ser visualizadas nos seguintes endereços:

Rota atual – <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1JQmzWwUsZLzkUFSNi2i67F5fM3tEYc>

Rota proposta – <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1CYKWixFLue5hNojmZS3M8tLFikiUTAY>

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Milas E. B. *Problema do Caixeiro-Viajante aplicado à distribuição de vacinas contra a COVID-19 na cidade de Araguaína, Tocantins*. Trabalho de Conclusão de Curso: Universidade Federal do Tocantins, 2021.

ASSIS, Luciana P. *Algoritmos para o problema de roteamento de veículos com coleta e entrega simultâneas*. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência da computação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. Bookman. Porto Alegre, 2006.

BETARELLI-JUNIOR, A. A. *Análise dos modais de transporte pela ótica dos blocos comerciais: uma abordagem inter-setorial de insumo-produto*. Dissertação mestrado, Programa de Mestrado em Economia Aplicada, Faculdade de Economia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2007.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal. 2024. Disponível em <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 22 março. 2024.

COBLI BLOG. *Ducato Cargo: consumo de combustível e capacidade de carga*. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/fiat-ducato-cargo/>. Acesso em 25 maio. 2024.

FRANCO, David G. B.; STEINER, Maria T. A. Otimização do transporte de resíduos sólidos urbanos no Estado do Paraná: repensando a localização de aterros sanitários com base em modelagem matemática. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 5, pp. 987-993, 2022.

FRANCO, David G. B.; STEINER, Maria T. A.; FERNANDES, Rafaela P.; NASCIMENTO, Victor F. *Modeling municipal solid waste disposal consortia on a regional scale for presente and future scenarios*. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 82, Parte B, 101333, 2022.

GALVÃO, R. D. *et al.* Roteamento de veículo com base em sistemas de informação geográfica. *Gestão & Produção*, v. 4, n. 2, pp. 159-174, 1997.

HADDAD, E. A. Transporte, eficiência e desigualdade regional: avaliação com um modelo CGE para o Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 36, n. 3, pp. 413-448, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades e estados*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/araguaina.html>>. Acesso em: 20 abril. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *DATASUS*. Brasília, 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria de Consolidação Nº 1, de 22 de fevereiro de 2022*. Brasília, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria de Consolidação Nº 354, de 11 de agosto de 2006*. Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Resolução RDC Nº 20, de 5 de maio de 2011*. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Resolução RDC Nº 27, de 30 de março de 2007*. Brasília, 2007.

NETO, Armenio Fritsch. *Logística de distribuição: estudo do sistema de entregas de hortifrutis da empresa Cantus Alimentos*. Universidade Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

NOVAES, Antônio G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014

OLIVEIRA, André Felipe Mauricio de Araújo. *Extensões do Problema do caixeiro Viajante*. 2015. Dissertação (Mestrado em Estatística e Matemática Financeira). Universidade de Coimbra.

PAURA, Glávio Leal. *Fundamentos da Logística*. Instituto Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

PREFEITURA DE ARAGUAÍNA. *Araguaína é destaque nacional no cumprimento de metas do ministério da Saúde*. Disponível em:

<<https://www.araguaina.to.gov.br/noticias/2022/aragua-ina-e-destaque-nacional-no-cumprimento-de-metas-do-minist-erio-da-sa-ude>>. Acesso em: 22 março. 2024.

PROCON. Proteção ao Consumidor. *Pesquisa de preço Combustível Araguaína*. Disponível em: <https://www.to.gov.br/procon/araguaina/5wdrcaedatiu>. Acesso em 25 de maio. 2024.

SANTOS. V.; NITRINI. S. M. O. O. Indicadores do uso de medicamentos prescritos e de assistência ao paciente de serviço de saúde. *Revista Saúde Pública*. São Paulo, 2004.

SEPLAN – TO. Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins.

GEOPORTAL SEPLAN. Palmas, 2024. Disponível em:

<https://geoportal.to.gov.br/gvsigonline/>. Acesso em: 28 out. 2024.

SILVEIRA. M. R.; JULIO. A. S. Os investimentos em transporte do Programa de aceleração do crescimento (PAC) e o efeito multiplicador brasileiro a partir do governo Lula da Silva. *Journal of transport literature*, v. 7, n. 4, pp. 199-224, 2013.

SOUZA, Isabela Christina Queiroz. *O problema das pontes de Königsberg*. Universidade Federal do Pará, 2013.