



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 06, pp. 48014-48022, June, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.22125.06.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

MODELOS DE LOCALIZAÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICA DE UNIDADE DE SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÉDICO DE URGÊNCIA

Tamires Gabriela Silva Goveia*¹, Beatriz Lorrane Farias Da Silva², Diego Moah¹
and Rafael da Silva Fernandes²

¹Departamento de engenharia da Universidade do Estado do Pará

²Departamento de engenharia de Produção da Universidade Federal Rural da Amazônia

ARTICLE INFO

Article History:

Received 28th March, 2021

Received in revised form

11th April, 2021

Accepted 18th May, 2021

Published online 30th June, 2021

Key Words:

Preparação de Amostras,
Argilas, Técnicas de Caracterização.

*Corresponding author:

Tamires Gabriela Silva Goveia,

ABSTRACT

This study shows how location models such as p-median, p-center, and a proposed variation were employed to improve urgent and emergency care provided through the emergency mobile health units (SAMU). Besides incurring unnecessary additional operational costs, it is important to note that the failure or inefficiency of these mobile units can result in loss of human lives. The SAMU system in question serves a city with a population of approximately 213,576 inhabitants and it handles more than 1,400 calls per year. Operations research techniques like mixed integer linear programming and facility location principles were used to assertively and quantitatively define the best locations for SAMU units. The location problems were solved using the Julia 1.5.0 programming language, and other softwares were also used for organizing the data. The Lagrangian relaxation proved to be an efficient method to solve the problems which are considered NP-hard. Under the different scenarios tested, it was concluded that when compared with the p-median model, the p-center method found the best locations for the emergency mobile health units as it reduced the maximum distance between patient and the mobile units, in addition to other analyses.

Copyright © 2021, Tamires Gabriela Silva Goveia et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Tamires Gabriela Silva Goveia, Beatriz Lorrane Farias Da Silva, Diego Moah and Rafael da Silva Fernandes. "Modelos de localização e análise econômica de unidade de serviço de atendimento médico de urgência", *International Journal of Development Research*, 11, (06), 48014-48022.

INTRODUCTION

A garantia do bem-estar da população está diretamente relacionada ao acesso a saúde, em especial em zonas urbanas, uma vez que é comum haver acidentes dos mais diversos tipos e gravidade, como exemplo, podemos citar acidentes de trânsito, aos quais são registrados aproximadamente 1,35 milhões de óbitos por ano (World Health Organization, 2016). No Brasil, em média, 155 mil pessoas sofrem acidentes de trânsito todo ano, destes cerca de 80% necessitam do serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU), (Malta, et al., 2011; Dantas, 2018). Acidentes de trânsito são configurados como um problema público e de desenvolvimento em nível mundial, pois existem diversos fatores derivados destes, por exemplo, os custos sociais e econômicos que são compostos por danos materiais, custos médico-hospitalares, perda de produção de um indivíduo produtivo, todos esses influenciam diretamente ao Estado, uma vez que a vítima pode ser afetada com lesões físicas permanentes e se impossibilitar de retornar ao trabalho produtivo (Tischer, 2019).

Em alguns países, como Estados Unidos da América e Inglaterra, existem leis que determinam que as unidades móveis de saúde atendam seus chamados em até 8 minutos para a zona urbana e 30 minutos para zona rural (NHS England, 2017). No entanto, no Brasil não há leis específicas que estipulem um tempo máximo para atendimentos e garantam melhores possibilidades de atendimento num tempo adequado. Como forma de diminuir o tempo resposta, foi instaurado a Política de Atenção às Urgências (PNAU), através da portaria GM/MS nº 1.863 em 29 de setembro de 2003, e tinha por objetivo instaurar o sistema PNAU nas regiões, estados e municípios, surgindo então o componente pré-hospitalar móvel, representado pelo serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU). O SAMU está presente nas cidades onde há maior demanda e, por sua vez, agiliza o atendimento antes da chegada em hospital (Brasil, 2003; Ministério da Saúde, 2006). Diante disso, o tempo de resposta é reconhecido como um indicador crucial de saúde, dada a premissa de que tempo impacta diretamente no aumento do risco de óbitos em indivíduos envolvidos em graves de acidentes. Desta forma, o tempo de resposta, que compreende desde o chamado de socorro até a chegada da unidade de SAMU no local, visa fornecer os primeiros socorros e aumentar a garantia de sobrevivência até a chegada do paciente ao hospital (Ciconet, 2015). Sabe-se que esse tempo é resultado de

inúmeros fatores que podem colaborar ou não com a agilidade de resposta, tais como horário de pico do trânsito, dificuldades em encontrar a localidade, chamadas coincidentes, quando há uma única unidade de SAMU, entre outros. Outro aspecto importante, que impacta diretamente no tempo de resposta, diz respeito a aleatoriedade das chamadas, isto é, as chamadas ocorrem em datas e horários não previstos. No entanto, diversas pesquisas vêm sendo elaboradas a fim de analisar e compreender o sistema com o intuito de minimizar o tempo de resposta do serviço oferecido pelo SAMU (Andrade, 2012) (Souza, 2010). Diante deste cenário, cada localidade tem suas especificidades e dificuldades, sendo então necessário encontrar e avaliar locais que sejam estratégicos e que minimizem este tempo de resposta. Tipicamente, este tipo de problema é conhecido, na literatura em pesquisa operacional (Camara, Ribeiro, & Quadros, 2015), como Problema de Facilidades, o qual possui um modelo matemático que descreve o problema em questão. No entanto, dado a complexidade do problema, diversas ferramentas foram propostas para melhor se adaptar ao fenômeno, entre elas estão: [1] os modelos de localização p-mediana, que visa minimizar a soma de todos os custos de atendimento, sendo um custo específico entendido, por exemplo, como a distância percorrida ou geográfica entre o ponto de apoio e a localidade a ser entendida e; [2] o p-centro, que busca minimizar a maior distância a ser percorrida para um único ponto (Tsuchida, 2008). Assim, esta pesquisa tem como proposta verificar se a atual estação do SAMU, no município de Parauapebas/PA, está posicionada numa localização que promova uma melhor garantia de tempo resposta, bem como verificar a necessidade de se acrescentar novas estações ou a realocação da existente resulte em melhores condições de atendimento. Assim, através da aplicação dos dois modelos de localização supracitados (p-mediana, p-centro e uma variação proposta), a um conjunto de dados do ano de 2019 referentes aos atendimentos realizados pelo SAMU na cidade de Parauapebas/PA, este trabalho tem como problema de pesquisa o seguinte questionamento: Levando em consideração os atendimentos realizados no ano de 2019 e baseando-se nos três modelos citados, a atual localização do SAMU consegue atender suas demandas no menor tempo resposta? Quando não, qual o melhor ponto de localização do SAMU?

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Problemas de Localização: Os problemas de localização (PL) podem ser classificados como o ato de decidir onde será alocado uma instalação para poder suprir a demanda de facilidades para uma determinada região (Borella & Silva, 2019). O termo facilidade por ser configurado como fábricas, depósitos, escolas, entre outros, ou seja, aquilo que servirá para atender uma determinada demanda, no caso deste estudo a melhor localização para ambulâncias. Segundo (Oliveira, 2012) é possível classificar os problemas de localização em três situações, são elas: localização com espaço ilimitado de soluções, onde pode-se fazer a alocação da facilidade em qualquer local no plano espaço, mesmo que esse seja inviável; localização com espaço limitado de soluções, que mreeende em fazer a locação da facilidade um local que atenda aos requisitos, mas que não seja de difícil acesso e; localização em redes, refere-se àquelas definidas pelos usuários, isto é, ocorre que aqui é possível definir vértices como cidades e arcos como rodovias/hidroviárias/aerovias. Tipicamente, em problemas localização, existem dois modelos clássicos classificados quanto ao seu objetivo: o p-centro e a p-mediana. O primeiro, apresentado na Figura 1, é caracterizado pela busca de um ou mais locais estratégicos e visa minimizar a máxima distância a ser percorrida para o atendimento da demanda. Assim, este modelo também é conhecido como “minimax” e a máxima distância pode ser também entendida como máximo tempo ou máximo custo para um determinado número de instalações a serem localizadas (Correia, 2017; Medrano, 2020). Já o segundo, (Figura 2), visa minimizar a soma de todas as distâncias, tempo ou custos. Assim, o modelo realiza a busca por um ou mais pontos de alocação das facilidades onde, o tempo de resposta para uma determinada demanda, “compense” a distância existente para outra. Além do mais, estes modelos são, geralmente, os mais utilizados para busca por localização ótima, principalmente por seu

objetivo de minimizar a soma das distâncias entre os pontos de demanda, isto é, minimizar esta soma significar minimizar os custos totais de distribuição. (Correia, 2017; Silva & Mestria, 2017).

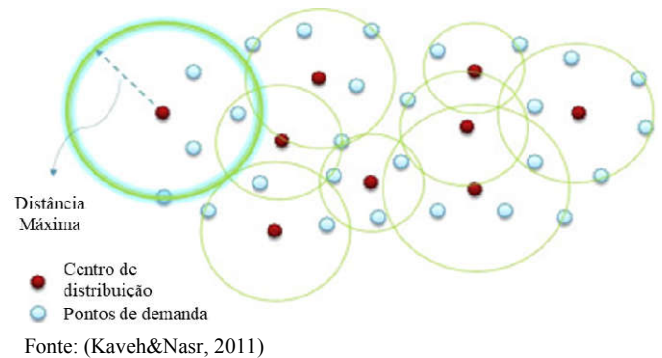
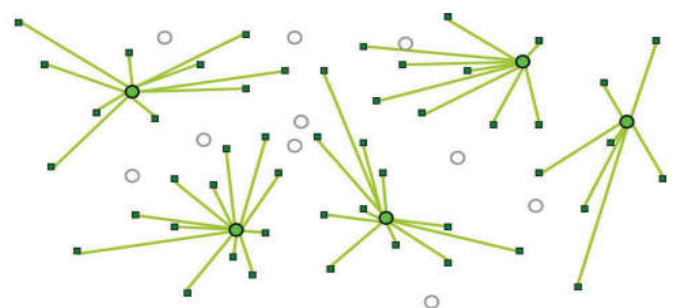


Figura 1. Exemplo de alocação de facilidades sobre a configuração p-centro



Fonte: (Soares, 2009)

Figura 2. Exemplo de alocação de facilidades sobre a configuração p-mediana

Modelos de Localização: Em um cenário de extrema competitividade, no caso da pesquisa de extrema urgência, se faz necessário o estabelecimento de componentes que destaque a organização, como: tempo de resposta, disponibilidade de atendimento, a eficiência e eficácia do serviço. Considerando que essa eficiência está diretamente relacionada com a distância da facilidade até o local de atendimento da demanda, a decisão de estabelecer um local de distribuição adequado é de suma importância. Dessa forma, a pesquisa operacional possui uma ferramenta de modelos de localização que possibilita identificar variáveis relevantes para os problemas, assim como a forma como eles conversam entre si, possibilitando encontrar os resultados mais relevantes de acordo com o problema modelado. Rabello et al. (2016) dizem que o objetivo dos problemas de localização é estabelecer o melhor local para se instalar uma facilidade, compreendendo o objetivo de maximizar cobertura no espaço e minimizar tempo de atendimento. Existem uma grande variedade de modelos de localização, incluindo modelos de setores públicos e privados, dado que cada um contempla de forma específica os seus propósitos, isto é, o modelo do problema de localização faz correlação com o tempo que se considera, seja ele estático ou dinâmico, depende também se há relações hierárquicas entre as instalações, assim como a inclusão de elementos estocásticos na elaboração do modelo, sendo probabilístico ou determinístico (Santo, 2015). Considerando os modelos aplicados aos setores públicos e privados, que é parcialmente a problemática da pesquisa, a função objetivo é comumente usada, uma vez que as maiores recorrências são sobre minimização, soma de distâncias e maximização de abrangência. (Campbell, Vandebussche, & Herman, 2008) falam sobre diversos tipos de função objetivo existentes, entre elas estão: min-sum e min-max.

Assistência Médica: Estudos relacionados à aplicação de modelagem matemática, no contexto de assistência médica, cresceram nos últimos anos advinda das importantes contribuições geradas a partir da aplicação desses estudos e pelo impacto na resposta aos casos de

emergência e uso ótimo de facilidades. Sob o entendimento de que facilidade é um meio pelo qual ocorre uma assistência médica, e especificamente no contexto em questão tratado como uma unidade de atendimento SAMU, tem-se que o sistema de saúde é o responsável por atender prontamente casos de urgência e emergência, é de se esperar que os responsáveis busquem minimizar falhas no processo de prestação deste serviço, garantindo maiores chances de sobrevivência das pessoas que são postas em perigo. A constituição de 1988 garante que o acesso a saúde é direito de todo e qualquer cidadão, sendo dever do Estado fornecer esse serviço, logo, decorrente desta garantia, foi criado o Sistema Único de Saúde (SUS) que se trata de um programa idealizado para, teoricamente, garantir acesso a saúde para todos os cidadãos. (Paim, Travassos, Almeida, Bahia, & Macinko, 2011). Diante do contexto de atendimento à saúde, cresceram os números de pesquisas no que tange a produção enxuta dentro das mais diversas áreas de atendimento, em especial com relação a alocação de ambulâncias. Segundo (Silva L. P., 2017) quando o conceito de produção enxuta é aplicado à saúde, torna-se então Lean Healthcare, assim sendo possui o objetivo de gerar um sistema que elimine gargalos e, conseqüentemente diminua tempo de espera para o atendimento.

Situação Prática Motivadora

O Sistema de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU): O Sistema de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), foi desenvolvido por entidades governamentais no ano de 2004 para funcionar como um atendimento pré-hospitalar para ocorrências caracterizadas como urgência ou emergência, ofertando cerca de 114 seguimentos de serviços pré-hospitalares conseguindo atingir aproximadamente 92,7 milhões de pessoas no Brasil, uma vez que está presente em mais de 926 municípios brasileiros (Teles, Coelho, Ferreira, & Scatena, 2017). Na cidade de Parauapebas-PA, por exemplo, o SAMU está localizado no centro comercial da cidade, localizada na Avenida A, esquina com a Rua 70, Lote 3 ao 7, bairro Jardim Canadá. Esta unidade está em funcionamento desde o ano de 2014 (dois mil e quatro), sendo composta por apenas 2 (dois) ambulâncias, cada uma com uma especificidade, isto é, uma do modelo de Unidade Básica de Saúde (UBS) e a outra Unidade de Saúde Avançada (USA). A unidade conta com uma área de 476m² construídos, possuindo recepção, sala de equipamentos, sala de regulação, coordenação médica e de enfermagem, pátio para ambulâncias, sala de reuniões etc. Além disso, possui cerca de 15 profissionais de saúde alocados, destes 7 (sete) são técnicos de enfermagem, 6 (seis) condutores de veículos de emergência e 2 (dois) médicos reguladores. Ademais, o município conta com a Central Regional de Regulação de Urgência de Carajás (CRRU), responsável por regular o serviço de atendimento de urgência e emergência, fazendo o direcionamento dos atendimentos para o Hospital Regional ou para a Unidade de Pronto Atendimento (UPA). Da mesma forma, a CRRU abrange outras 16 cidades do sudeste do Estado do Pará: Abel Figueiredo, Bom Jesus do Tocantins, Brejo Grande do Araguaia, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Dom Eliseu, Eldorado dos Carajás, Itupiranga, Marabá, Nova Ipixuna, Palestina do Pará, Piçarra, Rondon do Pará, São Domingos do Araguaia, São Geraldo do Araguaia, São João do Araguaia. Com isso, este estudo possui o objetivo de verificar se esta única unidade do SAMU é localmente um ponto ótimo de atendimento, do ponto de vista da distância entre a unidade e os diversos pontos de ocorrências, sendo então capaz de atender as ocorrências de maneira eficiente e ágil, e garantir um menor tempo-resposta. Nesse sentido, entende-se como menor tempo de resposta, o conjunto de tempos de demanda de atendimentos de forma a aumentar as chances de sobrevivência do paciente.

Município de Parauapebas/PA: O município de Parauapebas está localizado no sudeste do estado do Pará, distante 719 km da capital Belém. O nome da cidade é derivado de origem tupi e significa “afluente raso do rio grande”, uma vez que é cortado pelo rio que dá o nome do município. Sua área urbana é ocupada por construções, bairros e algumas áreas verdes que a rodeia, ficando ao lado da Floresta Nacional de Carajás conforme mostrado na Figura 3.

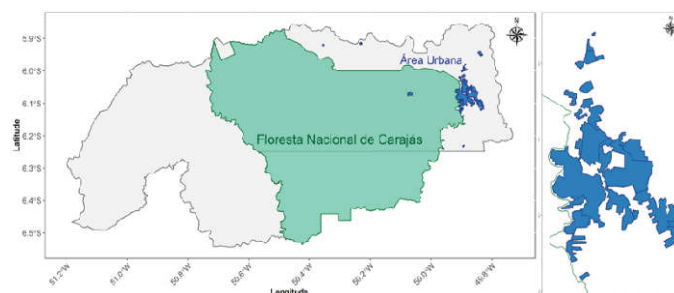


Figura 1. Mapa do município e área urbana de parauapebas

Importante ressaltar, que o desenvolvimento da cidade, possuindo apenas 30 anos de desenvolvimento urbano, tem como característica um crescimento que acompanhou, inicialmente, a rodovia PA 160 e, posteriormente, a rodovia PA 275 que, por sua vez, possui atualmente um centro comercial distante do seu centro geográfico, porém, com uma densidade populacional superior nesta região. Esta configuração nos fornece insights acerca da modelagem realizada neste estudo, pois requer o entendimento dos fatores específicos, tais como distribuição geográfica, densidade populacional, regiões de estrutura urbana completas entre outros. Além do mais, como um aspecto originário de sua criação e impulsionador do seu rápido desenvolvimento, a cidade possui uma das maiores minas de minérios a céu aberto do mundo, localizada na Serra dos Carajás e destacando-se dentro do cenário nacional por estas riquezas minerais, chamando a atenção de diversas pessoas, o que resulta num aumento acelerado da sua população nos últimos anos. Tais aspectos e características demandam, cada vez mais, uma estrutura de saúde que seja capaz de atender todo esse crescimento populacional e, com isso garantir o acesso aos serviços básicos de saúde. Para entender e propor possíveis melhorias ao processo de atendimento de urgência e emergência prestado pelo SAMU, foram solicitados os dados de atendimentos, do ano de 2019, realizados pelo SAMU no município de Parauapebas/PA, através de um ofício emitido pela Universidade Federal Rural da Amazônia, na qual os autores desenvolvem esta pesquisa.

Processo de Atendimento: Tendo em vista a implementação futura de novas unidades do SAMU, se faz necessário um estudo aprofundado sobre possíveis localidades, levando em consideração diversos fatores quantitativos e qualitativos, além de levar em consideração o critério de distância percorrida.

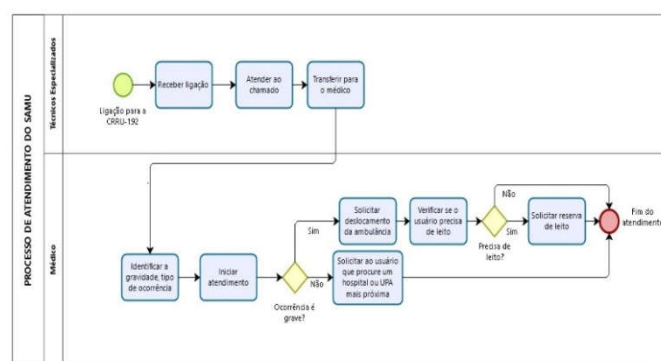


Figura 4. Fluxograma do processo de atendimento em Parauapebas

O processo de atendimento do SAMU de Parauapebas/PA, descrito na Figura 4, inicia-se pela ligação recebida pelo CRRU, onde técnicos especializados no atendimento realizam o primeiro contato, transferem a ocorrência para o médico regulador, dado sua responsabilidade em identificar a gravidade do caso, que realiza a liberação da ambulância e a equipe médica que corresponde a ocorrência (USB ou USA), para o caso em que há a necessidade de atendimento, e destacando que ainda pode haver a necessidade de solicitação da reserva por leito hospitalar, ou o encerramento do

atendimento, quando não há necessidade, e instruindo o solicitante que procure um hospital ou UPA mais próximo. Durante esse processo, desde a transferência da ligação da CRRU para a base do SAMU local até a volta da ambulância para a base, há intervalos de tempo que podem causar demora no atendimento ou deslocamento até o local do evento. A Figura 5 sinaliza, com base no fluxograma anterior, os intervalos de tempo entre cada etapa do processo na qual impactam diretamente no tempo de resposta.

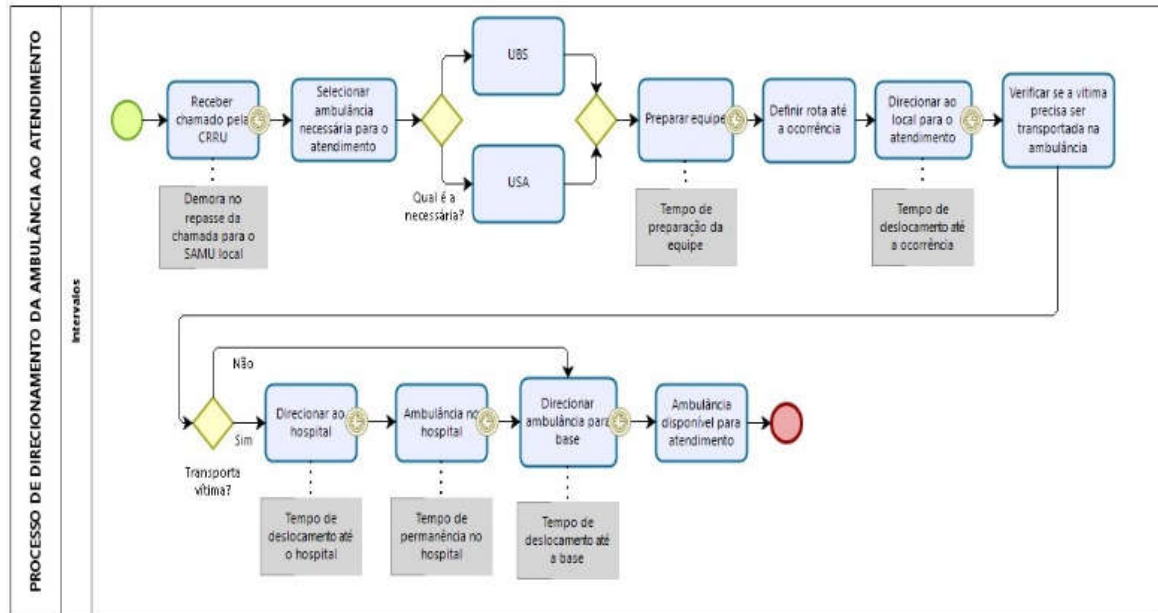


Figura 5. Intervalos de tempo entre cada processo de atendimento do SAMU local

Tabela 1. Número de ocorrências por bairros

Bairro	Ocorrências	Bairro	Ocorrências	Bairro	Ocorrências
Da Paz	160	Cidade Nova	82	Palmares 1	17
Altamira	27	Dos Minérios	55	Parque Das Nações	12
Alto Bonito	38	Esplanada	3	Parque Dos Carajás	18
Amazonas	11	Guanabara	61	Parque Dos Carajás 2	6
Beira Rio 1	27	Ipiranga	8	Primavera	32
Beira Rio 2	12	Jardim Alvorada	1	Rio Verde	177
Bela Vista	42	Jardim América 1	10	São Lucas 1	2
Bela Vista 2	2	Jardim Canada	45	São Lucas 2	3
Betânia	54	Liberdade 1	54	Tropical	17
Bom Jesus	11	Liberdade 2	24	Tropical 2	7
Brasília	4	Maranhão	15	União	77
Caetanópolis	16	Nova Carajás	31	Vale Do Sol	19
Casas Populares 1	16	Nova Vida	13	Vale Dos Carajás	8
Casas Populares 2	17	Nova Vida 2	6	Vila Rica	26
Chácara Da Lua	1	Novo Brasil	22	Apoema	0
Cidade Jardim	142	Novo Horizonte	47		

Fonte: adaptado de SEMSA Parauapebas (2019)

Dados de Demanda: Diante do entendimento do funcionamento do SAMU, o município em questão, o processo de atendimento e as variáveis de interesse, tendo ainda, como intuito, melhorar o atendimento aos usuários, foi inicialmente indicados duas outras localidades, com a característica de já prestam atendimento médico, para serem usadas como possíveis bases de auxílio para o SAMU, sendo o Hospital Regional de Parauapebas (HGP) e a Unidade de Pronto Atendimento (UPA). Além disso, para agregar mais valor à pesquisa, foram propostos outros pontos de localização da base, ou seja, locais que poderiam ser instalados as facilidades tendo como base as demandas de atendimento por bairro, conforme Tabela 1. A Figura 6 é uma representação da região urbana cidade de atendimento de Parauapebas/PA, considerando a localização atual do SAMU (ponto vermelho), a localização central dos bairros (pontos azuis), em destaque e mais afastado o bairro Palmares I (ponto roxo). A variação e tamanho dos pontos indicam a quantidade demandada de atendimento.

MÉTODO

No desenvolvimento deste estudo, realizaram-se os passos descritos abaixo. Para aplicação dos modelos matemáticos de localização de facilidades e os seus métodos de resolução realizou-se os seguintes procedimentos:

ano de 2019, feitos pelo SAMU, foi necessário que a UFRA, por intermediação coordenação do curso de Engenharia de Produção, Campus Parauapebas, solicitasse à Secretária Municipal de Saúde as informações das ocorrências. Tais dados foram tratados para eliminação de inconsistências de lançamento e seleção das informações de interesse deste estudo. Por fim, considerou-se distâncias reais euclidianas e cada bairro foi caracterizado pelo seu ponto de centro geográfico sendo, tais informações, coletadas do Google Maps.

b) Revisão da literatura: realizou-se uma revisão da literatura sobre o Problema de Localização de Facilidades e suas aplicações no contexto de atendimento à saúde. Em particular, buscou-se fundamentar teoricamente e justificar a importância deste estudo para a comunidade acadêmica e sistema de saúde do município. Além do mais, a revisão buscou identificar os modelos de localização e, seus respectivos métodos de solução, que melhor se enquadram no contexto deste estudo. Considerou-se ainda a diversidade dos modelos propostos para otimização do

- problema em questão e que possuíssem diferentes restrições e objetivos de otimização. A busca foi realizada na base Scopus, Google Scholar e Periódico Capes.
- c) Modelos utilizados: Após uma análise sobre alguns modelos existentes na literatura, julgou-se necessário explorar mais de um modelo para obtenção de melhores resultados para análise e alinhados com os objetivos deste estudo. Logo, por se tratar de um problema complexo, este estudo optou por analisar três modelos diferentes, sendo, o método de resolução selecionado, a Relaxação Lagrangeana.
 - d) Implementação dos modelos e métodos matemáticos: Implementou-se os modelos localização de facilidades utilizando linguagem de programação Julia 1.5.0. Os pacotes utilizados foram: DelimitedFiles, DataFrames, Plots, StatsPlots, CSV e JuMP. Utilizou-se também o solver Gurobi 8.0. Aplicou-se um teste aos modelos com instâncias clássicas existentes na literatura com o objetivo de averiguar a consistência dos resultados e se os modelos estavam gerando soluções confiáveis. Após esses testes utilizou-se a instâncias real e alguns testes adicionais que usando a mesma.
 - e) Análises e discussão dos resultados: Por fim realizou-se análises e comparações dos resultados gerados pelos três modelos.

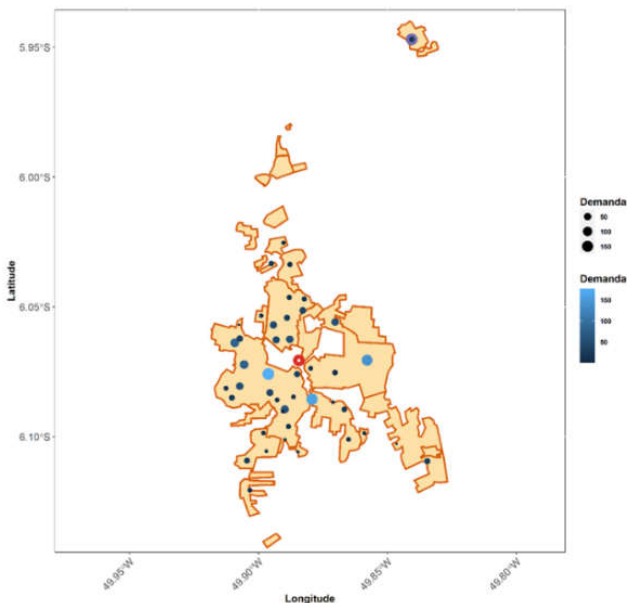


Figura 2. Mapa de demandas de atendimento região urbana de Parauapebas/PA

Formulações e modelos matemáticos

P-Mediana: O problema da p-mediana é definido da seguinte maneira: selecionar quais as p facilidades ($p \leq n$, onde n é o número de candidatos onde podem vir a serem instaladas facilidades) com o objetivo de minimizar a somatório das distâncias de cada cliente a facilidade selecionada para atender o mesmo. O valor p deve ser igual a disponibilidade de instalação de facilidades, neste estudo dever ser igual ao número de ambulâncias disponível. Abaixo segue a definição dos conjuntos, parâmetros, variáveis e em seguida o modelo (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 2. Conjuntos e índices do modelo

Conjuntos	Conjuntos	Índices
Bairros	J	j
Candidatos a instalação de ambulâncias	I	i

A Função Objetivo (1) visa minimizar a distância total de que seria percorrida pelas ambulâncias para atender as demandas.

Tabela 3. Parâmetros do Modelo

Parâmetros	Descrição
d_j	Demanda de atendimentos nos bairros
p	Quantidade de Ambulâncias a serem adquiridas/instaladas
c_{ij}	Distância de cada local onde a ambulância pode ser instalada para cada bairro
PA	Custo de aquisição de uma ambulância
PD	Preço do litro do diesel
Con	Consumo médio da ambulância

Tabela 4. Variáveis do Modelo

Variáveis	Descrição
x_{ij}	1 se o bairro "j" será atendido pela facilidade "i", 0 caso contrário
y_i	1 se a facilidade "i" será aberta, 0 caso contrário
k	Número de iterações
Z_{UB}	Limite superior
Z_D	Limite Inferior

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_j c_{ij} x_{ij} \tag{1}$$

Sujeito à:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \tag{2}$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \tag{3}$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \forall i \in I, j \in J \tag{4}$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \tag{5}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \tag{6}$$

De modo que o atendimento de cada bairro seria realizado pela ambulância mais próxima. A Restrição (2) obriga que cada chamada de cada bairro deve ser atendida por uma ambulância. A Equação (3) forçam que exatamente p ambulâncias sejam utilizadas. A Inequação (4) previne que um determinado bairro seja atendido por uma ambulância que não tenha sido instalada. Por fim, as Restrições (5 e 6) expressam a integralidade e não negatividade das variáveis de decisão.

Centro: O p-centro também conhecido como "minimax", tem como objetivo minimizar a máxima distância necessária para atender toda a demanda, ou no caso deste estudo um todos os atendimentos de emergência. Este também é a vantagem do modelo em relação a p-mediana para atendimentos de emergência, haja vista que a p-mediana permite grandes distâncias desde que algumas menores sejam vantajosas na soma total da distância percorrida. Outro fator quem envolve otimização e não apenas as distâncias geográficas é que existem pesos para a demanda (frequência de chamadas do bairro), ou seja, o atendimento de determinada demanda ou é preferencial a outra. O problema pode ser formulado desta maneira:

$$\min W \tag{7}$$

Sujeito à:

(5) e (6)

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \tag{8}$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p \tag{9}$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (10)$$

$$W \geq \sum_{i \in I} x_{ij} d_j c_{ij} \quad \forall j \in J \quad (11)$$

A formulação matemática do p-centro é similar ao da p-mediana. As diferenças estão na Função Objetivo (7) que visa minimizar a distância máxima a ser percorrida pelas ambulâncias considerando a demanda e na Inequação (11) que garante que o valor da F.O. seja maior ou igual as distâncias reais percorridas pelas ambulâncias. total de que seria percorrida pelas ambulâncias para atender as demandas. As restrições (8), (9) e (10) tem as mesmas funções respectivamente das restrições (2), (3) e (4). Apesar das restrições serem basicamente as mesmas optou-se por reescrevê-las com intuito de facilitar a leitura e entendimento diferente das restrições (5) e (6) que são referentes apenas a definição de variáveis

Variação proposta: Visando reunir características dos dois modelos anteriores, haja vista que teoricamente o p-mediana apresenta vantagem econômicas e o p-centro minimizar os piores casos (maiores distâncias), algo que no contexto de urgência e emergência pode salvar mais vidas. Foi proposto uma variação do modelo da P-mediana, considerando alguns resultados do p-centro como dados de entrada para o modelo. Esses dados de entrada são referentes ao raio máximo que será permitido uma determinada ambulância se deslocar para atender um chamado. Isso obriga que a ambulância esteja localizada a uma distância máximo de determinados bairros. A intenção com essa restrição é justamente eliminar as longas distâncias que podem ser geradas pelo p-mediana, desse modo diminuído o tempo de respostas desses casos específicos. Nessa variação do modelo adicionamos os dados custos relativos aquisição de ambulância, consumo do veículo e preço do combustível. Isso custos foram adicionados porque neste modelo proposto também é permitido que o modelo decida a quantidade de ambulâncias necessárias para atender essa nova restrição (raio de ação máximo das ambulâncias). A seguir a formulação matemática do modelo proposto e mais definições.

$$Min = (PD/Con) * \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_j c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} y_i PA \quad (12)$$

Sujeito à:

(2); (3); (4); (5); (6)

$$\sum_{i \in I} x_{ij} d_j c_{ij} \leq W_{pcenter} \quad \forall j \in J \quad \forall j \in J | j < 33 \quad (13)$$

A Função Objetivo (12) faz com que minimize os custos de deslocamento da ambulância (primeira parcela) e os custo aquisição das ambulâncias. A inequação (13) faz com que nenhuma distância percorrida seja maio que o raio já pré-determinado pelo modelo do p-centro(). A restrição (13) desconsidera o bairro 33 (Palmares 1, vide Figura 6), pois se tratar de uma localidade fora da cidade, destarte não é possível otimizar ou reduzir a distância máxima percorrida para esse atendimento. A Restrição (3) que fazia com que o p número de ambulâncias fosse utilizadas é retirada desse modelo, justamente para que o modelo indique a quantidade ótima considerando a nova restrição e as mudanças na F.O. As demais restrições (2); (4); (5); (6) permanecem com as mesmas funções.

Método de Resolução: Utilizou-se como método de resolução para os modelos o método de Relaxação Lagrangiana utilizado por Fisher (1981). O método consiste em relaxar uma restrição de igualdade e adicionar os termos dessa restrição ou conjunto de restrições na função sendo multiplicada pela variável dual da restrição (λ). Para aplicar o método de Relaxação Lagrangiana, relaxamos a Restrição (2) que é igual a (8) também, que impõe que cada chamada de cada bairro deve ser atendida por uma ambulância. Nesse método não é necessário resolver nenhum problema de programação linear, temos apenas que igualar o limite superior e inferior (Upper Bound e Lower Bound). O limite superior pode ser encontrado através de qualquer

solução básica viável e a Função (1) determinar seu valor. Para nosso estudo foi selecionado a localidade mais distante de para cada ponto de demanda. O limite inferior é dado pela Função (14). A atualização dos multiplicadores de Lagrange (λ) é dada pela equação (15) e o tamanho do passo utilizado está representado na Equação (16). Abaixo a formulação do método para os modelos p-mediana e p-centro respectivamente.

$$min Z_d(\lambda) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_j c_{ij} x_{ij} + \lambda_j \left(1 - \sum_{i \in I} x_{ij} \right) \quad (14)$$

Sujeito à:

(3); (4) (5); (6)

$$\lambda_j^{k+1} = \lambda_j^k + t_k \left(1 - \sum_{i \in I} x_{Dij}^k \right) \quad \forall k \in K, j \in J \quad (15)$$

$$t_k = \frac{\theta_k (Z_{UB} - Z_D(\lambda^k))}{\sum_{j \in J} (1 - \sum_{i \in I} x_{Dij}^k)^2} \quad \forall k \in K, j \in J \quad (16)$$

$$min Z_D(\lambda) = W + \lambda_j \left(1 - \sum_{i \in I} x_{ij} \right) \quad (17)$$

Sujeito à:

(3); (4); (5); (6); (9); (11); (15); (16)

O limite superior do p-centro é a Função (7) o inferior é dado pela Função (17) as demais restrições se mantêm iguais. Abaixo na Figura 8 contém a convergência do limite inferior e superior considerando o número máximo de locais candidatos as instalações das ambulâncias.

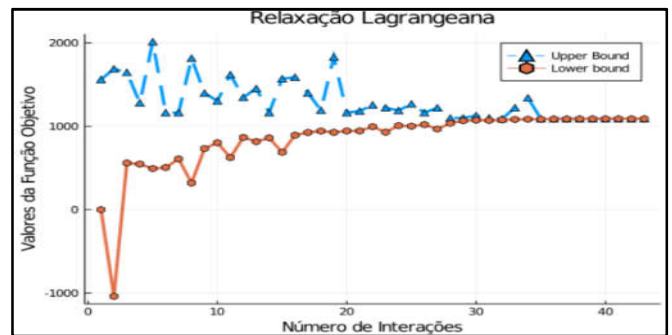


Figura 7. Convergência da RL

ANÁLISES E RESULTADOS

A partir dos dados coletados, tem-se resumidamente: 1483 atendimentos realizados em 2019 em 48 bairros demandados (Tabela 1), considerando 16 pontos candidatos de localização da base ou facilidade (Tabela 5) e tendo 2 unidades de atendimento por facilidade, porém, considerando a distância percorrida sem especificação de unidade. No entanto, é necessário compreender a viabilidade de implementar mais de uma facilidade e, levando em consideração principalmente aspectos de demanda de atendimento e econômicos, valores de ambulâncias informados no Pregão Eletrônico realizado pela Prefeitura Municipal de Parauapebas, tendo o valor global para o fornecimento de 2 ambulâncias de R\$ 422.442,28 foi possível avaliar o número de atendimento ótimo, ou seja, ótimo no sentido de menor custo. Além do mais, foi considerado um custo variável que leva em consideração o consumo de diesel médio por atendimento e uma estimativa de gastos com pessoal e manutenção, foi realizado uma análise de custos e determinado um ponto ótimo de

número de atendimentos necessários por número de facilidades (Pindyck & Rubinfeld, 2013). Desta forma, realizando o processo ao variar o número de facilidades e, utilizando um gráfico baseado no processo de contagem, podemos definir o número de atendimentos necessários para compensar economicamente a implantação de facilidades. Assim, conforme pode ser observado na Figura 8, a demanda necessária para se instalar duas facilidades, no contexto de Parauapebas por exemplo, é de no mínimo 3100 atendimentos. Como a demanda para 2019 foi de 1483 atendimentos, não é economicamente viável implementar mais de uma facilidade.

Nº de Facilidades	Facilidades	Distância Total (Km)	Redução (%)
1	4	3691,68	---
2	4; 6	2798,89	24,00%
3	6; 13; 15	2266,94	14,00%
4	4; 5; 6; 16	1838,87	12,00%
5	4; 5; 6; 8; 16	1606,89	6,00%
6	4; 5; 6; 8; 9; 16	1439,69	5,00%
7	4; 5; 6; 8; 9; 14; 16	1291,50	4,00%
8	4; 5; 6; 7; 9; 11; 14; 16	1170,39	3,00%
9	4; 5; 6; 7; 9; 10; 11; 14; 16	1089,30	2,00%
10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 14; 16	1016,57	2,00%
11	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 14; 16	963,02	1,00%
12	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 16	919,89	1,00%
13	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 15; 16	884,92	1,00%
14	1; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 15; 16	857,68	1,00%
15	1; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16	831,25	1,00%
16	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16	828,80	0,00%

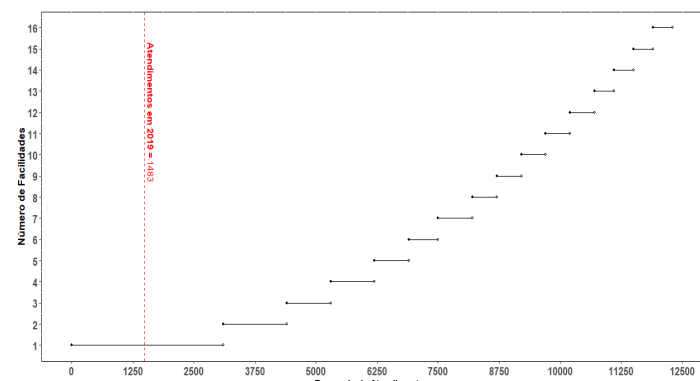


Figura 3. Demanda de atendimentos necessários para implementação de facilidades

Análise para p-centro: Analisando a aplicação do modelo de p-centro, a distância máxima a ser percorrida pelas unidades de atendimento representa o somatório entre todas as distâncias das facilidades ótimas e o ponto central do bairro de demanda mais distante correspondente multiplicado pelo volume de ocorrências. Assim, na Tabela 6, é apresentado o resultado de busca por melhores pontos de localização base, variando o número de facilidades. Observa-se na Tabela 7 que o valor do somatório entre todas as distâncias das facilidades ótimas e o ponto central do bairro de demanda mais distante, estará localizado no ponto 5 (Da Paz) que representa o ponto ótimo, e as duas unidades de atendimento percorrerão juntas, estimadamente 412,26 km em 1 ano e, para o total de 2 facilidades, as localizações ótimas serão os pontos 1 (SAMU) e 6 (Cidade Jardim) e tem-se uma estimativa de distância máxima percorrida de 275,99 km e redução percentual de distância total de 66,95%.

Comparação p-centro e p-mediana: O modelo p-mediana, assim como esperado, possui uma distância total menor que o modelo p-centro, tendo em vista que este é o objetivo do modelo, minimizar a soma de todas as distâncias. Por outro lado, com o modelo p-centro a maior distância por frequência demandada é 412,26 km, enquanto que do p-mediana é 610,64 km. Assim tem-se que apesar do p-mediana possuir distância total menor (3691,68 km), o p-centro tem menor distância por frequência demandada, e isso impacta diretamente no tempo de resposta ao atendimento, tendo em vista que para obter um menor tempo em todos os casos ou na maioria deles, é mais interessante ter o SAMU posicionado em locais estratégicos para percorrer menores distâncias possíveis, ao invés de ter a distância total minimizada. Observa-se na Figura 9 que o modelo p-mediana possui uma tendência de queda exponencial ao passo que o modelo de p-centro possui apenas uma tendência de queda sem forma aparente.

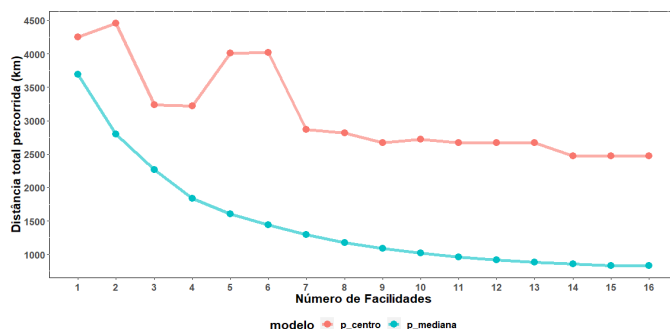


Figura 4. Comparação de distância total em relação ao número de facilidades

Analisando a distância máxima a ser percorrida, nota-se na Figura 10 que antes de 4 facilidades o modelo p-mediana obteve valores maiores que o modelo p-centro, como esperado. A partir de 4 facilidades temos uma equivalência de valores.

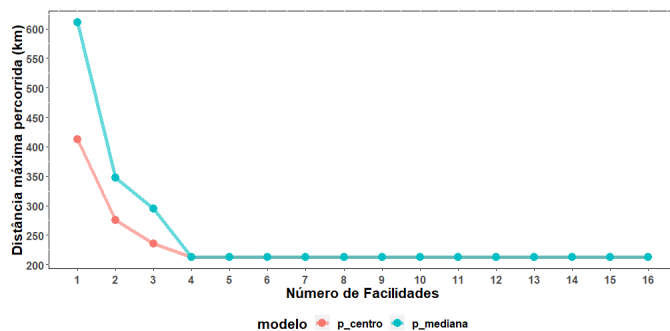


Figura 5. Comparação de distância máxima em relação ao número de facilidades

Considerações do Modelo proposto: A proposta do modelo supramencionado é agregar características interessantes tanto do p-mediana como do p-centro. As restrições para que isso aconteça foram explicadas na seção 5.5. Os resultados estão na Tabela 8 abaixo, e o modelo aponta uma solução ótima com 6 facilidades, o que indica que essa seria a quantidade ideal para um menor tempo de resposta de atendimento em detrimento ao custo de aquisição das facilidades. No entanto, e conforme Figura 8, essa configuração requer uma demanda de no mínimo 6500 atendimentos por ano para viabilizar essas implementações. Em suma, o modelo apesar de fornecer uma maior garantia de atendimento, na prática, se tornaria inviável.

Tabela 5. Resultados para o modelo p-centro

Nº de Facilidades	Facilidades	Distância Máxima (Km)	Maior distância percorrida (Km)
6	3; 4; 5; 6; 8; 16	108.017206031	4.726782902

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para assegurar que um serviço de urgência e emergência seja capaz de se deslocar até o local de um evento, seja acidental ou clínico, tais serviços devem ser estruturados, organizados e bem definidos, na perspectiva de melhorar e qualificar o atendimento às urgências, diminuir o tempo de internação hospitalar e os prognósticos de reabilitação. O atendimento rápido a quadros agudos de natureza traumática e clínica, através do envio de ambulâncias com equipes de saúde, contribui para diminuir significativamente o índice de mortes precoces. Todas as informações utilizadas nesta pesquisa foram extraídas de bases reais, o que contribui para que os resultados sejam o mais coerentes possível. O estudo se trata de uma análise quantitativa, ocorrida na cidade de Parauapebas/PA, verificando que os modelos escolhidos para a otimização do sistema se tornaram satisfatória. A pesquisa conclui que se houvessem apenas as facilidades sugeridas inicialmente para uma nova instalação de uma nova unidade do SAMU, a atual instalação seria uma alternativa economicamente mais viável. No entanto, do ponto de vista de uma maior garantia de atendimento, o bairro da Paz representaria um melhor ponto de localização do SAMU. Dessa forma, tendo como base os resultados quantitativos e uma a possibilidade de implementação de mais de uma facilidade, os locais que seriam ideais, de acordo com o modelo, seriam as localizações: UPA, Bairro da Paz, Bairro União e Bela Vista. Isto é devido a estes apresentarem uma maior redução na distância por frequência, e sendo locais ótimos para a alocação de novas unidades de atendimento, se necessário no futuro.

O auxílio do software Julia, fez com que o processo se tornasse mais ágil e simples, no que tange a tomada de decisão, pois trata os dados através do modelo e apresenta os resultados de maneira clara e objetiva. Contudo, houve dificuldades no tratamento manual dos dados, pois foram encontradas incoerências na coleta dos dados, bem como a dificuldade na conversão dos dados para que possível a medição das distâncias entre as facilidades e as localidades. Deixa-se como sugestão para futuros estudos a implementação de outras restrições no modelo, bem como a realização de uma análise qualitativa sobre o atendimento prestado pelo órgão (SAMU). Uma vez que possível a identificação de vários processos que podem ser melhorados no que se refere ao atendimento, como: fluxograma do atendimento, organograma da empresa, missão, visão e valores, implementação do sistema de comunicação em tempo real e entre outros que podem serem resolvidos com a aplicação de ferramentas da qualidade. Outra sugestão é a coleta do tempo de atendimento de cada chamada, além do tempo de deslocamento, para que se possa desenvolver novas análises e estratégias para diminuir o tempo de resposta do atendimento.

REFERENCES

- Andrade, L. (2012). *Heurística baseada em colônia artificial de abelhas para o problema de localização de bases, alocação e realocação de ambulância*. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Acesso em 20 de maio de 2021, disponível em https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-17062013-144228/publico/DISSERTACAO_LUIZ_ANDRADE_REVISADO.pdf
- Borella, M. R., & Silva, G. C. (2019). Estudo logístico para instalação de novo CD: Abordagem didática de um caso real. *Revista Produção Online*, 19, 896-922. Acesso em 13 de Março de 2021, disponível em <file:///C:/Users/beatr/Downloads/3330-11454-1-PB.pdf>
- Brasil. (maio de 2003). *Lei nº 10.741 de 1º de maio de 2003*. Acesso em 20 de maio de 2021, disponível em Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências.: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.741.htm
- Camara, M. V., Ribeiro, G. M., & Quadros, S. G. (Agosto de 2015). Modelagem matemática para localização-alocação de organizações militares a postos de pesquisa de tráfego. Campbell, A. M., Vandenbussche, D., & Herman, W. (Maio de 2008). Routing for Relief Efforts. *Transportation Science*, 127-145. doi:10.1287/trsc.1070.0209
- Ciconet, R. M. (2015). *Tempo resposta de um serviço de atendimento móvel de urgência*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Correia, R. B. (2017). *Estudo de localização de estações de corpo de bombeiro*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia de Produção, Brasília.
- Dantas, R. e. (2018). Vítimas de acidentes de trânsito atendidas por serviço pré-hospitalar móvel de urgência. *Revista de Enfermagem do Centro-Oeste Mineiro*. doi:DOI 10.19175/recom.v7i0.2549
- Fisher, M. (1981). The Lagrangian Relaxation Method For Solving Integer Programming Problems. *Management Science*, 1-18.
- Galvão, R. (2004). Uncapacitated facility location problems: Contributions. *Pesquisa Operacional*, 24.
- Hale, T. S., & Moberg, C. R. (2003). Location Science Research: A Review. *Annals of Operations Research*, 21-35. doi:10.1023/A:1026110926707
- Kaveh, A., & Nasr, H. (2011). Solving the conditional and unconditional -center problem with modified harmony search: A real case study. *Scientia Iranica*, 867-877. doi:10.1016/j.scient.2011.07.010
- Malta, D. C., Mascarenhas, M. D., Bernal, R. T., Silva, M. M., Pereira, C. A., Minayo, M. C., & Neto, O. L. (Setembro de 2011). Análise das ocorrências das lesões no trânsito e fatores relacionados segundo resultados da pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD) Brasil, 2008. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(9). doi:10.1590/S1413-81232011001000005
- Medrano, F. A. (2020). The complete vertex p-center problem. *EURO J Comput Optim*, 327-343. doi:<https://doi.org/10.1007/s13675-020-00131-y>
- Ministério da Saúde. (2006). *Política nacional de atenção às urgências*. Brasília. Fonte: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_atencao_urgencias_3ed.pdf
- Mladenović, N., Labbé, M., & Hansen, P. (2003). Solving the p-Center problem with Tabu Search and Variable Neighborhood Search. *Networks*, 48-64. doi:10.1002/net.10081
- NHS England. (24 de Abril de 2017). Fonte: United Kingdom National Health Service: <https://www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2017/07/new-ambulance-standards-easy-read.pdf>
- Oliveira, M. (2012). *Sistema de Localização de Facilidades: Uma abordagem para mensuração de pontos de demanda e localização de facilidades*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Goiás. Acesso em 11 de maio de 2021, disponível em <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5512/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Max%20Gontijo%20de%20Oliveira%20-%20202012.pdf>
- Paim, J., Travassos, C., Almeida, C., Bahia, L., & Macinko, J. (9 de Maio de 2011). The Brazilian health system: history, advances, and challenges. *Health in Brazil*, 1778-1797. doi:10.1016/S0140-6736(11)60054-8
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2013). *Microeconomia* (8 ed.). (D. Vieira, Trad.) São Paulo: Pearson.
- Rabello, R., Mauri, G., & Glaydston, G. (2016). Método Heurístico Híbrido para resolução do problema de localização de facilidades capacitadas. *SIMPÓSIO Brasileiro de Pesquisa Operacional*, pp. 2460-2471. Acesso em 7 de maio de 2021, disponível em <http://ws2.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2016/pdf/156298.pdf>
- Rosário, R. R., Carnieri, C., & Steiner, M. T. (25 de outubro de 2002). Proposta de solução para o problema das P-mediana na localização de unidades de saúde 24 horas. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Roser, C. (15 de Novembro de 2016). *Line Layout Strategies – Part 2: I-, U-, S-, and L-Lines*. Acesso em 30 de Janeiro de 2020, disponível em All about Lean.com: <https://www.allaboutlean.com/line-layout-i-s-u-l-lines/>
- S.O.S. Vida. (19 de Agosto de 2020). *Entendendo os sintomas da Covid-19 | Semana do Cuidado*. Acesso em 24 de março de

- 2021, disponível em <https://sosvida.com.br/sintomas-covid19-video/>.
- Santo, D. (2015). *A Influência do Planejamento Tributário no Desenho da Rede de Distribuição e na Localização de Centros de Distribuição*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Acesso em 11 de maio de 2021, disponível em <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/26871/26871.PDF>
- Seaman, A. M. (19 de Julho de 2017). Acesso em 26 de Abril de 2021, disponível em Reuters Health: <https://www.reuters.com/article/us-health-emergency-response-times-idUSKBN1A42KQ>
- Silva, D. C., & Mestria, M. (30 de Agosto de 2017). Solução do problema da P-mediana para localização de estações de serviço utilizando metaheurística chemical reaction optimization. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, p. 12. Acesso em 30 de Abril de 2021, disponível em <http://www.sbp2017.iltc.br/pdf/168507.pdf>
- Silva, L. P. (2017). *Análise de cenários em um sistema de pronto atendimento utilizando simulação discreta*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.
- Soares, G. (2009). *Problemas das P-medianas*. PUC - Rio. Acesso em 16 de Fevereiro de 2021, disponível em https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14550/14550_3.PDF
- Souza, R. (2010). *Análise da configuração de SAMU utilizando modelo hipercubo com prioridade na fila e múltiplas alternativas de localização de ambulâncias*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos. Acesso em 20 de maio de 2021, disponível em <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3359/3210.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Teles, A., Coelho, T., Ferreira, M., & Scatena, J. (2017). Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) do Estado da Bahia: subfinanciamento e desigualdade regional. *Caderno Saúde Coletiva*, pp. 51-57. Acesso em 11 de maio de 2021, disponível em <https://www.scielo.br/pdf/cadsc/v25n1/1414-462X-cadsc-25-1-51.pdf>
- Tischer, V. (2019). O custo social e econômico dos acidentes de trânsito com pedestres e ciclistas: estudo de caso do estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11. doi:<https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.ao12>
- Tsuchida, T. d. (Agosto de 2008). Modelagem da localização de pólos de venda de derivados de petróleo. pp. 1-11. Acesso em 08 de Fevereiro de 2021, disponível em http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0612537_08_pretextual.pdf
- World Health Organization. (2016). *Road traffic injuries. Fact sheet*. Geneva: WHO. Acesso em 08 de Fevereiro de 2021
