57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

Um estudo para o planejamento da implantação de centros para idosos

Arthur Henrique Sousa Cruz
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400, 13560-970, São Carlos-SP, Brasil
arthurhscruz@gmail.com

Franklina M. B. Toledo
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400, 13560-970, São Carlos-SP, Brasil
fran@icmc.usp.br

RESUMO

De acordo com o Censo, a população idosa no Brasil cresceu de 11% para 16% entre 2010 e 2022. Neste trabalho, é estudado o planejamento da implantação de novos Centros de Convivência do Idoso (CCIs) e Centros Dia do Idoso (CDIs), previstos no projeto São Paulo Amigo do Idoso. O problema foi modelado como um Problema de Localização de Facilidades com duas variações: i) localizar o mínimo de centros necessários para atender todos os idosos, e ii) maximizar o atendimento de idosos dependentes e independentes de forma equitativa. Experimentos computacionais realizados com base em dados do IBGE indicam a necessidade de instalar 42 centros para atender os idosos de uma cidade do Estado de São Paulo. Além disso, quando o número de centros é limitado, a abordagem mostra-se capaz de preservar a equidade no atendimento de idosos dependentes e independentes. Em trabalhos futuros, pretende-se analisar custos de implantação e de manutenção dos centros.

PALAVRAS CHAVE. Centros de Idosos, Problema de Localização, Equidade Social.

ABSTRACT

According to Brazilian Census, the elderly population grew from 11% to 16% between 2010 and 2022. In this work, we study the planning of the installation of new Elderly Community Centres and Elderly Day Centres as proposed in the São Paulo Friend of the Elderly project. The problem was modelled as a Facility Location Problem with two variations: (i) locating the minimum number of centres needed to serve all elderly individuals and (ii) maximizing fairness in service delivery to dependent and independent elderly. Computational experiments based on IBGE data indicate the need to install 42 centres to serve the elderly population of a countryside city. Furthermore, when the number of centres is limited, the approach still ensures equity in serving dependent and independent elderly. Future work will address the implementation and maintenance costs of the centres.

KEYWORDS. Elderly Centers, Location Problem, Social Fairness.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

1. Introdução

O envelhecimento da população está ganhando atenção em todo o mundo, como destacado por Martins [2023] e Guitarrara [2024]. No Brasil, temos hoje mais de 32 milhões de pessoas com mais de 60 anos, o que representa aproximadamente 16% da população do país. Em 2010, esse número era inferior a 21 milhões, correspondendo a cerca de 11% da população [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025].

O projeto São Paulo Amigo do Idoso é uma iniciativa do governo para promover a implantação de Centros de Convivência do Idoso (CCIs) e Centros Dia do Idoso (CDIs) [São Paulo (Estado), 2014a,b]. O objetivo desses centros é oferecer atividades físicas, recreativas e socioculturais em grupo, contribuindo para o envelhecimento saudável e evitando o isolamento social. Além disso, esta iniciativa permite que os idosos continuem vivendo em suas residências, o que contribui para a preservação dos vínculos familiares [Esmaeilzadeh e Oz, 2020].

A principal diferença entre os dois tipos de centros está no público-alvo. Os CCIs são destinados ao atendimento de idosos independentes, enquanto os CDIs atendem idosos dependentes [São Paulo (Estado), 2014a,b]. Portanto, os dois centros oferecem serviços diferentes. Nos CCIs, os idosos participam das atividades de forma pontual, enquanto nos CDIs são oferecidos cuidados durante um ou ambos os períodos do dia. Além disso, os CDIs prestam outros serviços, como o preparo de refeições e a administração de medicamentos. As exigências adicionais dos CDIs fazem seus custos de manutenção serem mais elevados do que os dos CCIs.

Devido à crescente demanda por atendimento à população idosa, este trabalho aborda o estudo da tomada de decisão quanto à implantação de novos CCIs e CDIs, visando o atendimento de idosos independentes e dependentes em situação de vulnerabilidade socioeconômica. Este problema de tomada de decisão pode ser modelado como um Problema de Localização de Facilidades, com o objetivo de minimizar o número de centros a serem implantados. Foram geradas cinco instâncias com base em dados do IBGE para uma cidade de São Paulo. Os experimentos computacionais indicam que 42 centros seriam suficientes para atender aproximadamente 1900 idosos.

Considerando que limitações orçamentárias podem impedir a implantação de todos os centros necessários, o problema também foi abordado com a restrição de um número máximo de centros a serem implantados. Nesse caso, o objetivo passou a ser maximizar o número de idosos atendidos, garantindo, ao mesmo tempo, a equidade entre idosos independentes e dependentes por meio de uma função objetivo que prioriza o equilíbrio no atendimento. Experimentos computacionais para esta variação do problema demonstraram que a função proposta evita a priorização de idosos independentes em detrimento dos dependentes. Além disso, observou-se que, para o conjunto de instâncias analisadas, os CDIs implantados para atender idosos em um raio de até um quilômetro operariam com mais de 97% de ocupação, quando não em capacidade máxima. No caso dos CCIs, os resultados indicam que o atendimento em um raio de até três quilômetros permitiria alcançar a ocupação total da capacidade.

A seguir, na Seção 2, são apresentados os trabalhos relacionados a esta pesquisa. Na Seção 3, é apresentada a definição do problema estudado. Na Seção 4, são detalhados os experimentos computacionais realizados visando minimizar os custos de implantação dos centros. Na Seção 5, o problema é explorado considerando a limitação do número de centros. Por fim, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Na literatura, problemas de localização de centros semelhantes aos CCIs foram estudados nos Estados Unidos [Johnson et al., 2005], no Reino Unido [Davari e Van Woensel, 2021] e no Brasil [Calixto et al., 2024]. A localização de centros similares aos CDIs foi analisada no Japão [Ma et al., 2016; You, 2020] e na Espanha [Arvelo et al., 2020; Bittencourt et al., 2022].

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

Johnson et al. [2005] abordam a localização de centros similares aos CCIs. Os autores apresentam duas abordagens: a primeira maximiza o atendimento de idosos, e a segunda, além de maximizar o atendimento, minimiza a distância dos idosos até os centros. Experimentos computacionais com dados do Condado de Allegheny (EUA) mostraram que a segunda abordagem proporcionou uma distribuição mais eficiente dos centros que, como esperado, se mostraram mais próximos dos idosos.

No mesmo contexto, Davari e Van Woensel [2021] expandem o problema estudado por Johnson et al. [2005], considerando variações nas demandas e no orçamento para a implantação dos centros ao longo de períodos de tempo. Foram propostos um modelo matemático e uma heurística para resolver o problema. Experimentos computacionais com instâncias artificiais mostraram que a heurística alcança resultados próximos ao ótimo, mas em menor tempo computacional.

Calixto et al. [2024] analisam a implantação de centros equivalentes aos CCIs na cidade do Rio de Janeiro (Brasil). Os autores modelam o problema de duas formas: como um problema de P-Medianas e como um problema de P-Centros. Experimentos computacionais com dados reais mostraram que a segunda proposta gera uma distribuição de centros mais homogênea e eficiente.

No caso da implantação de centros similares aos CDIs, Ma et al. [2016] propõem um modelo baseado em agentes (MBA) para simular o envelhecimento da população e a demanda por CDIs. Experimentos computacionais com dados da cidade de Kanazawa (Japão) foram validados por um comitê formado por oficiais do governo e pesquisadores em contato com proprietários de centros. O comitê considerou que a solução apresentada resultava em uma boa distribuição de idosos, mas os locais selecionados para novos centros eram inviáveis.

Também no contexto dos CDIs, You [2020] busca identificar locais potenciais para novos centros em Tóquio (Japão) propondo a reutilização de creches com espaço ocioso para reduzir custos de implantação. O autor definiu um nível de prioridade para cada creche considerando a equidade espacial e a qualidade dos centros. Como resultado, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio à decisão com base nas prioridades estabelecidas.

Por fim, Bittencourt et al. [2022] abordam a localização de centros semelhantes aos CDIs na cidade de Barcelona (Espanha). Os autores representam o problema utilizando um modelo de cobertura máxima. Os resultados serviram de base para a proposição de localizações para novos centros na cidade.

Apesar desses avanços, até onde se sabe, não há estudos que abordem simultaneamente a localização de CCIs e CDIs (ou semelhantes), considerando as diferentes características de idosos independentes e dependentes. Neste trabalho, a decisão dos locais de implantação de ambos os centros é tratada como um Problema de Localização de Facilidades. A seguir, na Seção 3, o problema estudado e uma formulação matemática para o problema são apresentados.

3. Definição do Problema Estudado

O problema abordado neste trabalho tem como objetivo definir, a partir de um conjunto de locais candidatos, onde implantar CCIs e CDIs. Busca-se atender a todos os idosos, minimizando os custos de implantação dos centros, tendo como objetivo secundário minimizar a distância entre os idosos e os centros escolhidos. Assume-se que cada centro possui um raio máximo de atendimento e um limite de capacidade. Além disso, cada idoso independente (dependente) pode ser alocado a apenas um CCI (CDI). Por fim, não é permitida a construção de mais de um centro, ou de centros de tipos diferentes, em uma mesma localização.

Este problema foi modelado como um Problema de Localização de Facilidades [Marianov e Eiselt, 2024]. Os parâmetros e as variáveis utilizados são detalhados na Tabela 1. No modelo matemático (1)-(11), é descrita a função objetivo e as restrições do problema.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

Tabela 1: Parâmetros e variáveis do modelo matemático desenvolvido.

Parâmetros	
J	é o conjunto dos locais candidatos a implantação de CCIs e CDIs.
$I^C(I^D)$	é o conjunto das localizações dos idosos independentes (dependentes).
$C^C(C^D)$	é a capacidade de atendimento de um CCI (CDI).
$R^C(R^D)$	é o raio de atendimento de um CCI (CDI).
$D_{ij}^C(D_{ij}^D)$	é a distância da localização do idoso $i \in I^C$ ($i \in I^D$) até o local candidato $j \in J$.
Variáveis	
$y_j^C(y_j^D)$	é igual a 1 se um CCI (CDI) deve ser implantado na localização $j \in J$; caso contrário, é igual 0.
$w_{ij}^C(w_{ij}^D)$	é igual a 1 se o idoso independente (dependente) $i \in I^C$ ($i \in I^D$) foi designado a um CCI (CDI) implantado na localização $j \in J$; caso contrário, é igual 0.

Na função objetivo (1), busca-se a minimização do custo total de implantação dos CCIs e CDIs. A soma das distâncias entre os idosos e os centros também é minimizada com um peso $\frac{1}{\lambda}$. Adaptando a ideia de Calixto et al. [2024], assume-se $\lambda = \sum_{i \in I^C} max_{j \in J}\{D_{ij}^C\} + \sum_{i \in I^D} max_{j \in J}\{D_{ij}^D\}$, para que a soma das distâncias sejam um critério de desempate. Nas restrições (2), é garantido o atendimento de todos os idosos independentes, enquanto nas restrições (3), assegura-se o respeito às capacidades dos centros. As restrições (4) limitam a distância entre um idoso e um centro ao raio máximo de atendimento. As restrições (5), (6) e (7) são análogas às restrições anteriores, considerando, no entanto, idosos dependentes e CDIs. Nas restrições (8), é impedida a implantação simultânea de mais de um centro na mesma localização. Por fim, nas restrições (9)–(11), são definidos os domínios das variáveis de decisão.

$$\min \quad \sum_{j \in J} \left(y_j^C + y_j^D\right) \quad + \quad \frac{1}{\lambda} \sum_{j \in J} \left(\sum_{i \in I^C} D_{ij}^C w_{ij}^C + \sum_{i \in I^D} D_{ij}^D w_{ij}^D \right) \tag{1}$$

sujeito a:

$$\sum_{j \in J} w_{ij}^C = 1, \qquad \forall i \in I^C \tag{2}$$

$$\sum_{i \in I^C} w_{ij}^C \leq C^C y_j^C, \quad \forall j \in J \tag{3}$$

$$D_{ij}^C w_{ij}^C \leq R^C, \qquad \forall i \in I^C, \forall j \in J \tag{4}$$

$$\sum_{j \in J} w_{ij}^D = 1, \qquad \forall i \in I^D \tag{5}$$

$$\sum_{i \in I^D} w_{ij}^D \leq C^D y_j^D, \quad \forall j \in J \tag{6}$$

$$D_{ij}^D w_{ij}^D \leq R^D, \qquad \forall i \in I^D, \forall j \in J \tag{7}$$

$$y_j^C + y_j^D \leq 1, \qquad \forall j \in J \tag{8}$$

$$y_j^C,\ y_j^D \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J \tag{9}$$

$$w_{ij}^C \in \{0,1\}, \qquad \forall i \in I^C, \forall j \in J \tag{10}$$

$$w_{ij}^D \in \{0,1\}, \qquad \forall i \in I^D, \forall j \in J \tag{11}$$

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

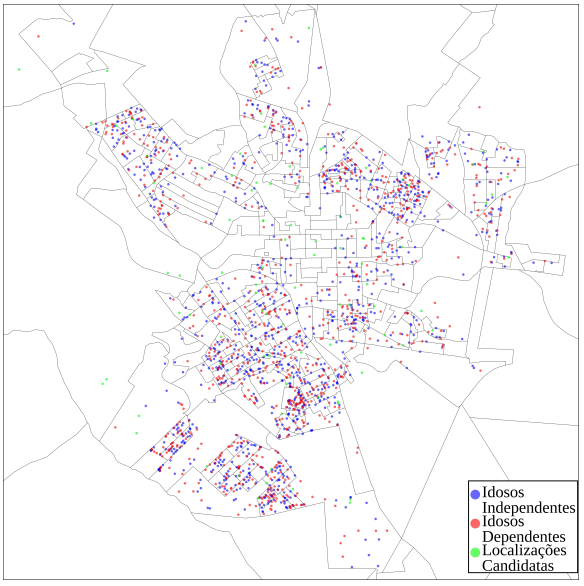
4. Análise do número mínimo de CCIs e CDIs

Para os experimentos computacionais, o modelo matemático desenvolvido foi implementado em *C++*. As instâncias-teste foram resolvidas utilizando o *solver* Gurobi, versão 11.0.1, em sua configuração padrão. O tempo limite para a resolução de cada instância foi de 1.800 segundos. Os experimentos computacionais foram conduzidos em uma máquina com 16 GB de memória e um processador Intel i7-12700, que conta com 12 núcleos e um total de 20 *threads*. Para todos os experimentos realizados, o *gap* foi calculado, em porcentagem ($gap = 100 \times \frac{|primal - dual|}{primal}$ sendo $primal$ o valor da função objetivo e $dual$ seu limitante).

Com base em dados do Censo Demográfico do IBGE e do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025], foram geradas cinco instâncias considerando uma cidade do Estado de São Paulo. As instâncias estão disponíveis em Cruz e Toledo.

A distribuição dos idosos foi realizada com base nos dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010 e os endereços reais foram selecionados aleatoriamente a partir do CNEFE de 2022. O número de idosos foi estimado com base nas informações dos setores censitários, a menor unidade territorial considerada pelo IBGE. Como não estavam disponíveis informações sobre o grau de dependência nesse nível territorial, foram utilizados dados agregados da cidade. Os locais candidatos foram selecionados aleatoriamente entre endereços classificados como escolas. Na Figura 1, é ilustrada uma instância com a distribuição dos idosos e dos locais candidatos a centros.

Figura 1: Distribuição de idosos e locais candidatos para uma instância exemplo.



Optou-se pelo uso do Censo Demográfico do IBGE de 2010, pois parte dos dados necessários para o cálculo da distribuição dos idosos não estava disponível[1] no Censo Demográfico de 2022. Por outro lado, manteve-se a utilização dos dados do CNEFE de 2022, porque os registros de 2010 não apresentam as coordenadas geográficas dos endereços para o município em estudo, utilizadas no cálculo de distâncias. É importante observar que a metodologia e análises realizadas poderão ser replicadas para instâncias geradas com base no Censo Demográfico de 2022.

Cada instância contém 90 locais candidatos a centros, 1030 idosos independentes e 890 idosos dependentes. Definiu-se um raio de atendimento, em quilômetros, de $R^C = R^D = 5$. As

[1] Até 09/05/2025.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

capacidades de atendimento dos CCIs e CDIs foram fixadas em 200 e 25, respectivamente, com base nas diretrizes do Projeto São Paulo Amigo do Idoso [São Paulo (Estado), 2014a,b].

As distâncias entre os pontos foram calculadas a partir das coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos endereços, utilizando a ferramenta *Valhalla* (`https://github.com/valhalla/valhalla`) em conjunto com dados disponibilizados pela *OpenStreetMap* (`https://www.openstreetmap.org`). Dessa forma, as distâncias aproximam-se mais da realidade, pois consideram caminhos reais baseados na malha viária da cidade.

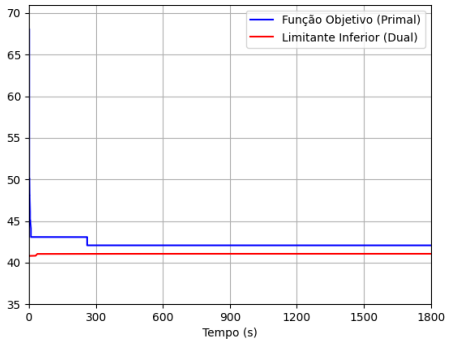
Os resultados obtidos são reportados na Tabela 2. Na coluna *Instância*, é indicado o índice de cada instância; nas colunas *# CCIs* e *# CDIs*, são apresentados, respectivamente, os números de CCIs e CDIs necessários para o atendimento de todos os idosos. Na coluna *Gap (%)*, é apresentado o *Gap*. Por fim, na coluna *Tempo (s)*, é apresentado o tempo necessário para a resolução da instância.

Tabela 2: Resumo dos resultados obtidos para cada instância.

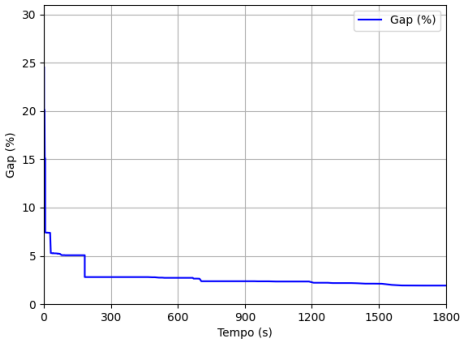
Instância	# CCIs	# CDIs	Gap (%)	Tempo (s)
1	6	36	2,6	1800
2	6	36	2,4	1800
3	6	36	2,2	1800
4	6	36	1,9	1800
5	6	36	2,7	1800

Figura 2: Função objetivo, limitante inferior e *Gap* para a Instância 2 ao longo do tempo.

(a) Função objetivo e limitante inferior.



(b) *Gap*



Apesar de nenhuma solução ser comprovadamente ótima, o valor do *Gap* foi inferior a 3% para todas as instâncias. Além disso, observou-se que, após 5 minutos de execução, nenhuma instância apresentou alteração no número de centros. Esse comportamento é ilustrado na Figura 2 para a Instância 2. Como pode ser observado na Figura 2a, o valor da função objetivo e do limitante inferior estabilizam antes de 300 segundos. Ao se analisar a Figura 2b, percebe-se que ainda ocorrem pequenas variações no valor do *Gap* após os 300 segundos, que é inferior a 1%.

Pelos resultados obtidos para as instâncias avaliadas, seriam necessários 42 centros para atender a todos os idosos. No entanto, tendo em vista que os recursos para a implantação de centros podem ser limitados, na próxima seção, o problema será abordado sob a perspectiva de um limite no número de centros que podem ser construídos. Nesta variação, busca-se maximizar o atendimento dos idosos dependentes e independentes de maneira equitativa.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

5. Análise do máximo de idosos atendidos

Assumindo que o atendimento de todos os idosos pode demandar um número muito grande de centros, foi realizada uma análise considerando que há um limite no número de centros que podem ser implantados. Para tanto, apresenta-se o modelo matemático (12)-(18).

$$\max \quad z + \gamma \sum_{j \in J} \left(\sum_{i \in I^C} w_{ij}^C + \sum_{i \in I^D} w_{ij}^D \right) \tag{12}$$

sujeito a:

$$(3), (4), (6), (7), (8), (9), (10) \text{ e } (11)$$

$$z \leq \frac{\sum_{i \in I^C} \sum_{j \in J} w_{ij}^C}{|I^C|} \tag{13}$$

$$z \leq \frac{\sum_{i \in I^D} \sum_{j \in J} w_{ij}^D}{|I^D|} \tag{14}$$

$$\sum_{j \in J} w_{ij}^C \leq 1, \qquad \forall i \in I^C \tag{15}$$

$$\sum_{j \in J} w_{ij}^D \leq 1, \qquad \forall i \in I^D \tag{16}$$

$$\sum_{j \in J} \left(y_j^C + y_j^D \right) \leq N \tag{17}$$

$$z \geq 0 \tag{18}$$

A função objetivo (12) maximiza a proporção de atendimento de idosos independentes e dependentes, conforme as restrições (13) e (14), garantindo uma prioridade equivalente para ambos os grupos. Desta forma, busca-se a equidade no atendimento dos idosos. Também é maximizado, de forma secundária, o número de idosos atendidos. O peso $\gamma = \frac{0{,}1}{|I^C|+|I^D|}$ é utilizado para garantir que o número de idosos terá relevância menor que o valor de z. As restrições (15) asseguram que cada idoso independente seja atendido por no máximo um CCI. De forma análoga, as restrições (16) se aplicam aos idosos dependentes e aos CDIs. A restrição (17) impõe o limite de centros a serem implantados à quantidade N. Por fim, a restrição (18) define o domínio da variável z.

Testes computacionais foram realizados utilizando as mesmas instâncias e configurações descritas na seção anterior, incluindo o cálculo dos *Gaps*. Para cada uma delas, considerou-se a implantação de 5, 10 e 15 centros. O tempo de resolução de cada instância foi limitado a 1.800 segundos, e o raio de atendimento dos CCIs e CDIs foi mantido em 5 quilômetros.

Na Tabela 3, são apresentadas as médias dos resultados obtidos considerando as cinco instâncias. Na coluna *# Centros*, indica-se o número de centros que podem ser implantados. Nas colunas *CCIs* e *CDIs*, são apresentadas, respectivamente, as médias dos números de CCIs e de CDIs implantados. Na coluna *% Indep.*, é reportada a porcentagem média de idosos independentes atendidos, enquanto na coluna *% Dep.* de idosos dependentes. Por fim, nas colunas *Gap (%)* e *Tempo (s)*, são exibidas, respectivamente, as médias dos *Gaps* e dos tempos de execução das instâncias. Os resultados individuais para cada instância podem ser consultados no Apêndice A.

Como pode ser observado, a solução ótima foi encontrada para todos os casos. Como esperado, o número de CDIs implantados é maior que o de CCIs, uma vez que a função objetivo busca equilibrar a proporção de atendimento entre os grupos. Outro comportamento dessa função é

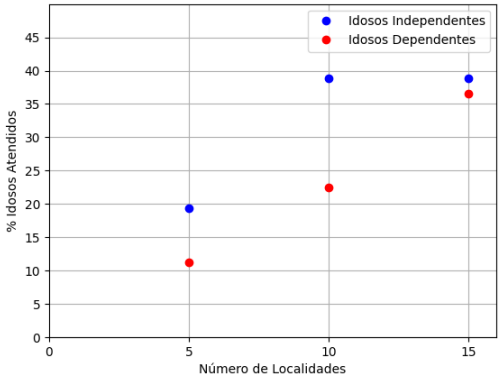
DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

Tabela 3: Média dos resultados para a execução das instâncias variando o número de centros.

# Centros	Raio (km)	CCIs	CDIs	% Indep.	% Dep.	Gap (%)	Tempo (s)
5		1,0	4,0	19,4	11,2	0,0	16,6
10	5	2,0	8,0	38,8	22,5	0,0	468,0
15		2,0	13,0	38,8	36,5	0,0	245,4

que, quando a proporção de idosos independentes atendidos se iguala à dos dependentes, prioriza-se a abertura de CCIs e, consequentemente, atende-se mais idosos independentes. Isso é ilustrado na Figura 3, que apresenta a média das porcentagens de idosos independentes e dependentes atendidos para 5, 10 e 15 centros. Tal comportamento ocorre porque o número total de idosos atendidos é utilizado como critério secundário na função objetivo. Para as instâncias avaliadas, tanto a capacidade dos CCIs quanto o número de idosos independentes são superiores aos dos CDIs e dos idosos dependentes, respectivamente. Assim, com o número de centros implantados sendo limitado e não chegando a 50% do necessário para atender toda a população idosa, justifica-se que o atendimento dos idosos independentes seja superior ao dos dependentes.

Figura 3: Número de idosos atendidos para 5, 10 e 15 centros implantados.



Nos experimentos realizados, considerou-se que os centros têm um raio de atendimento de 5 quilômetros, o que resultou na ocupação máxima da capacidade em todos os casos. Entretanto, o uso dos centros pelos idosos é influenciado pela distância entre ambos [Johnson et al., 2005]. Assim, foi conduzido um experimento similar ao de Bittencourt et al. [2022], utilizando-se as mesmas instâncias dos testes anteriores. Nesta etapa, variou-se o raio de atendimento para 1, 2 e 3 quilômetros, mantendo-se os limites de 5, 10 e 15 centros a serem implantados. Cada instância foi resolvida com um tempo limite de 1.800 segundos.

Nas colunas, são apresentados valores análogos aos da Tabela 3, com a adição das colunas *Raio (km)*, *Ocupação CCIs (%)* e *Ocupação CDIs (%)*. Na coluna *Raio (km)*, é indicado, em quilômetros, o raio de atendimento considerado. Nas colunas *Ocupação CCIs (%)* e *Ocupação CDIs (%)*, são apresentadas, respectivamente, as porcentagens médias de ocupação da capacidade dos CCIs e CDIs. Os resultados individuais por instância encontram-se no Apêndice A.

Como pode ser observado, a restrição do raio de atendimento resultou em um maior número de CCIs implantados. Isso ocorre porque a priorização equitativa definida pela função objetivo leva à implantação de um número maior de CDIs do que CCIs, pois sua capacidade é menor. Como

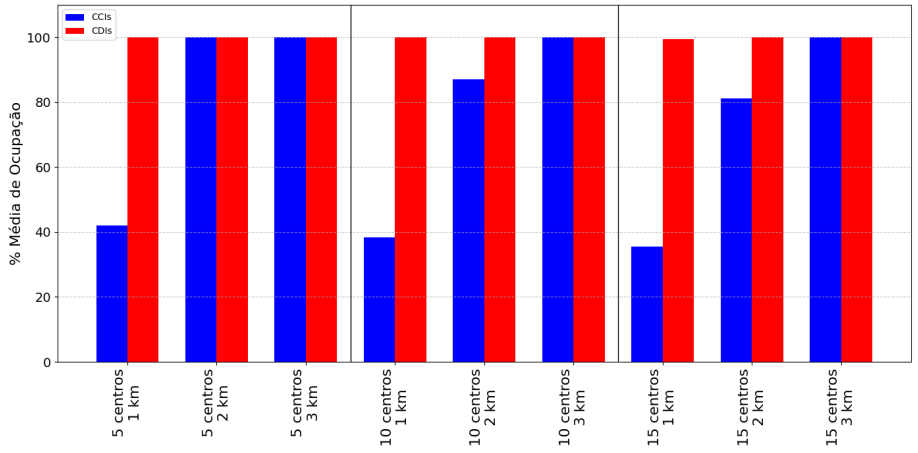
DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

Tabela 4: Resultados obtidos para as instâncias variando o número de centros e os raios.

# Centros	Raio (km)	CCIs	CDIs	% Indep.	% Dep.	Ocupação CCIs (%)	Ocupação CDIs (%)	Gap (%)	Tempo (s)
5	1	1,6	3,4	13,0	9,5	41,9	100,0	0,0	1,2
	2	1,0	4,0	19,4	11,2	100,0	100,0	0,0	1,4
	3	1,0	4,0	19,4	11,2	100,0	100,0	0,0	3,4
10	1	3,0	7,0	22,3	19,7	38,4	100,0	0,0	< 1
	2	2,0	8,0	33,8	22,5	87,0	100,0	0,0	21,4
	3	2,0	8,0	38,8	22,5	100,0	100,0	0,0	223,2
15	1	4,4	10,6	30,4	29,6	35,5	99,5	0,0	28,8
	2	3,0	12,0	47,3	33,7	81,2	100,0	0,0	87,2
	3	2,0	13,0	38,8	36,5	100,0	100,0	0,0	41,4

a distribuição das instâncias é semelhante à exemplificada na Figura 1 — isto é, com idosos independentes e dependentes distribuídos de forma uniforme no território — os pontos com maior concentração de idosos foram destinados à implantação de CDIs, a fim de aumentar o número de idosos dependentes atendidos. A ocupação dos centros pode ser analisada na Figura 4, onde são apresentadas as porcentagens de ocupação para limites de 5, 10 e 15 centros e raios de atendimento de 1, 2 e 3 quilômetros. Esse comportamento também resultou em CCIs com menor ocupação quando os raios foram limitados a 1 ou 2 quilômetros.

Figura 4: Porcentagem média de lotação dos centros.



Além dos pontos já mencionados, observa-se que, para as instâncias analisadas, o planejamento dos CDIs com raio de atendimento de até 1 quilômetro resultou na utilização de 100% da capacidade, exceto no caso da implantação de 15 centros em uma instância, para a qual foi alcançada uma ocupação superior a 97%. No caso dos CCIs, um raio de 2 quilômetros garantiu a utilização plena da capacidade quando implantados 5 centros. Para que essa ocupação máxima também fosse obtida com 10 e 15 centros, foi necessário ampliar o raio para 3 quilômetros.

6. Considerações Finais

A população idosa do Brasil aumentou significativamente na última década. Diante desse cenário, este trabalho busca apoiar a tomada de decisão sobre a implantação de centros destinados

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

ao atendimento de idosos. O problema foi modelado como um Problema de Localização de Facilidades com o objetivo de determinar a quantidade mínima de centros necessária para atender toda a população idosa. Foram realizados experimentos computacionais para uma cidade do Estado de São Paulo, utilizando instâncias geradas a partir de dados do IBGE, para as quais o modelo obteve soluções com *Gaps* inferiores a 3%.

Considerando a possível limitação de recursos para a implantação dos centros necessários ao atendimento dos idosos, foi conduzida uma análise adicional, focada na maximização do número de idosos atendidos de forma equitativa. Uma solução ótima foi obtida para cada instância e verificou-se que a implantação de CDIs e CCIs foi realizada de forma a equilibrar a proporção de idosos dependentes e independentes atendidos.

Por fim, foi realizado um experimento computacional permitindo variar o raio de atendimento do idoso. Observou-se que, para as instâncias avaliadas, o planejamento de CDIs com foco no atendimento de idosos que se encontram num raio de até um quilômetro garantiu a utilização de 100% de sua capacidade na maioria dos casos, com exceção de um, em que 97% da capacidade foi ocupada. No caso dos CCIs, foi necessário um raio de três quilômetros para assegurar a utilização plena das capacidades em todos os casos.

Trabalhos futuros incluem a realização de experimentos com instâncias mais heterogêneas, bem como melhoria do limitante para o modelo de minimização do número de localizações. Também, tem-se como objetivo considerar os custos de implantação e manutenção dos centros.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao CEPID-CeMEAI FAPESP (Processo 2013/07375-0), CNPq (Processo 309161/2022-3) e ao ICMC/USP.

Referências

Arvelo, E., de Armas, J., e Guillen, M. (2020). Assessing the Distribution of Elderly Requiring Care: A Case Study on the Residents in Barcelona and the Impact of COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20):7486.

Bittencourt, R., Pessôa, L. S., Lourenço, H. R., e de Armas, J. (2022). Localização de centros de serviços para idosos: uma aplicação do problema de cobertura máxima. *Anais do LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Disponível em: `https://proceedings.science/p/157448?lang=pt-br`. Acesso em: 12 de maio de 2025.

Calixto, J. B., Borges, P. P., e Pessôa, L. S. (2024). Modelos de localização para avaliação e proposição de Casas de Convivência para idosos no Rio de Janeiro. *Anais do LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Disponível em: `https://proceedings.science/p/193654?lang=pt-br`. Acesso em: 12 de maio de 2025.

Cruz, A. H. S. e Toledo, F. M. B. Disponível em: `https://github.com/thuzax/Instancias-Localizacao-de-Centros-para-Idosos-LVII-SBPO`. Acesso em: 12/05/2025.

Davari, S. e Van Woensel, T. (2021). The elderly centre location problem. *Journal of the Operational Research Society*, 72(6):1207–1220.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

Esmaeilzadeh, S. e Oz, F. (2020). Effect of psychosocial care model applied in an "Elderly Day Care Center" on loneliness, depression, quality of life, and elderly attitude. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 23(2):189–197.

Guitarrara, P. (2024). Envelhecimento populacional da Europa. Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/a-populacao-europa-esta-envelhecendo.htm. Acessado em 09/05/2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2025). IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 09/05/2025.

Johnson, M. P., Gorr, W. L., e Roehrig, S. (2005). Location of service facilities for the elderly. *Annals of Operations Research*, 136:329–349.

Ma, Y., Shen, Z., e Nguyen, D. T. (2016). Agent-based simulation to inform planning strategies for welfare facilities for the elderly: Day care center development in a Japanese city. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 19(4):5.

Marianov, V. e Eiselt, H. (2024). Fifty Years of Location Theory – A Selective Review. *European Journal of Operational Research*, 318(3):701–718.

Martins, A. (2023). Japão: as estratégias do país para lidar com população mais velha do mundo - BBC News Brasil. BBC Brasil. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/articles/cqlwlzey2dgo. Acessado em: 09/05/2025.

São Paulo (Estado) (2014a). *Guia de orientações técnicas Centro de Convivência do Idoso – Centro Conviver*. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social do Estado de São Paulo: Coordenadoria de Ação Social, São Paulo. Disponível em: https://www.desenvolvimentosocial.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/657.pdf. Acesso em: 09/05/2025.

São Paulo (Estado) (2014b). *Guia de Orientações Técnicas Centro de Dia do Idoso – Centro Novo Dia*. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Social do Estado de São Paulo: Coordenadoria de Ação Social, São Paulo. Disponível em: https://www.desenvolvimentosocial.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/658.pdf. Acesso em: 09/05/2025.

You, N. (2020). Identifying the potential location of day care centers for the elderly in Tokyo: An integrated framework. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 13(3):591–608.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br

Apêndice A. Resultados detalhados dos experimentos computacionais

Tabela A-1: Resultados para cada instância com diferentes combinações de centros e raios. Os números de idosos independentes e dependentes atendidos são indicados nas colunas *# Indep.* e *# Dep.*. A notação dos nomes das outras colunas e seus valores seguem o padrão utilizado no restante do texto.

Instância	# Centros	Raio (km)	# CCIs	# CDIs	# Indep.	# Dep.	Gap (%)	Tempo (s)
1			2	3	170	75	0	2
2			2	3	164	75	0	< 1
3	5	1	1	4	93	100	0	1
4			1	4	90	100	0	3
5			2	3	154	75	0	< 1
1			1	4	200	100	0	2
2			1	4	200	100	0	2
3	5	2	1	4	200	100	0	1
4			1	4	200	100	0	1
5			1	4	200	100	0	1
1			1	4	200	100	0	3
2			1	4	200	100	0	3
3	5	3	1	4	200	100	0	5
4			1	4	200	100	0	1
5			1	4	200	100	0	5
1			1	4	200	100	0	5
2			1	4	200	100	0	16
3	5	5	1	4	200	100	0	21
4			1	4	200	100	0	20
5			1	4	200	100	0	21
1			3	7	245	175	0	< 1
2			3	7	232	175	0	< 1
3	10	1	3	7	237	175	0	< 1
4			3	7	220	175	0	< 1
5			3	7	217	175	0	< 1
1			2	8	348	200	0	43
2			2	8	349	200	0	16
3	10	2	2	8	350	200	0	11
4			2	8	345	200	0	19
5			2	8	348	200	0	18
1			2	8	400	200	0	218
2			2	8	400	200	0	198
3	10	3	2	8	400	200	0	374
4			2	8	400	200	0	141
5			2	8	400	200	0	185
1			2	8	400	200	0	131
2			2	8	400	200	0	520
3	10	5	2	8	400	200	0	412
4			2	8	400	200	0	896
5			2	8	400	200	0	381
1			4	11	315	275	0	< 1
2			4	11	293	275	0	12
3	15	1	4	11	295	268	0	7
4			5	10	329	250	0	125
5			5	10	332	250	0	< 1
1			3	12	489	300	0	154
2			3	12	488	300	0	53
3	15	2	3	12	489	300	0	87
4			3	12	483	300	0	73
5			3	12	488	300	0	69
1			2	13	400	325	0	26
2			2	13	400	325	0	26
3	15	3	2	13	400	325	0	101
4			2	13	400	325	0	23
5			2	13	400	325	0	31
1			2	13	400	325	0	194
2			2	13	400	325	0	201
3	15	5	2	13	400	325	0	274
4			2	13	400	325	0	320
5			2	13	400	325	0	238

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212421
https://proceedings.science/p/212421?lang=pt-br