



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

# APLICAÇÃO DOS MÉTODOS SMARTS, SMARTER E CENTRO DE GRAVIDADE PARA DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO DE UMA ESCOLA PÚBLICA

*APPLICATION OF METHODS SMARTS, SMARTER AND CENTER OF GRAVITY FOR DECISION LOCATION OF A PUBLIC SCHOOL*

Lucas Sampaio Meireles de Sousa<sup>1</sup>, Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes<sup>2</sup>, Levi Ribeiro Abreu<sup>3</sup> & Marcos Ronaldo Albertin<sup>4</sup>

<sup>1 2 3 4</sup> Universidade Federal do Ceará. [lucassms89@yahoo.com.br](mailto:lucassms89@yahoo.com.br) [hjagaribe@ufc.br](mailto:hjagaribe@ufc.br) [leviribeiro@alu.ufc.br](mailto:leviribeiro@alu.ufc.br) [albertin@ot.ufc.br](mailto:albertin@ot.ufc.br)

## ARTIGO INFO.

Recebido em: 21/01/2019

Aprovado em: 21/02/2019

Disponibilizado em: 07/04/2019

### PALAVRAS-CHAVE:

Educação Pública; SMARTER; SMARTS; Centro de Gravidade; Métodos Multicritérios;

### KEYWORDS:

Public School, SMARTER, SMARTS, Center of Gravity; Multicriteria Methods;

\*Autor Correspondente: Lucas Sampaio Meireles de Souza.

## RESUMO

Em um ambiente público, as melhorias na qualidade dos serviços entregues aos clientes vão além de simplesmente prestar um bom serviço. A efetividade desse serviço deve ser acompanhada a médio e em longo prazo na sociedade. A busca pela excelência na prestação de serviço engloba, não somente, o sentido restrito da palavra, mas, também, as condições de localização em que esse serviço é ofertado à população. Diante disso, é proposto a problemática de tomada de decisão na localização de instalação de uma escola pública na regional 2 de Fortaleza, com o uso de métodos científicos que auxiliam os tomadores de decisão a obter a solução mais próxima do ótimo. Dessa forma, este trabalho objetiva comparar a efetividade dos métodos SMARTER, SMART e Centro de Gravidade, atribuindo as principais variáveis, para apoiar na decisão da localidade. Na metodologia definiram-se a coleta de dados, os atributos ou critérios, os objetos de avaliação (os bairros da cidade) e a plataforma usada

para a resolução do estudo de caso. O resultado obtido pelos métodos indicou a escolha do bairro Vicente Pinzon, como o candidato a construção da escola. A decisão tomada ajudou a entender, também, a realidade e a necessidade de uma reforma social nas proximidades do bairro escolhido.

## ABSTRACT

In a public environment, the qualitative improvements in the services delivered to customers go beyond simply providing a good service. The effectiveness of these services must be accompanied in the medium and in a long term in society. The search for excellence in this service provision therefore covers not only the strict sense, but also the conditions under which this service is offered to the population regarding its location. Therefore, the decision-making problems is proposed in the installation location of a public school in the regional 2 in Fortaleza using scientific methods that help decision makers find a solution that approximates the most to the optimum one. Thus, this paper aims to compare the effectiveness of SMARTER, SMART and Center of Gravity methods, considering their main variables, to support the decision of the locality. The methodology defined to data collection, attributes or criteria, the evaluation objects (the neighborhoods of city) and the platform used for the resolution of the case study. The result of three converging methods helped to understand the reality and the need for social reform nearby Vicente Pinzon region.



## 1. INTRODUÇÃO

As contínuas alterações sociais, as novas tendências da globalização e as novidades tecnológicas vêm mudando o comportamento dos indivíduos, que se tornaram mais rigorosos no padrão de vida em relação às exigências por produtos e serviços de qualidade. Isto leva as empresas a ofertarem serviços com desempenho superiores, através de melhorias nas práticas de gestão.

Com o passar dos anos, a logística sofreu mudanças no Brasil buscando uma maior eficiência e qualidade, tornando-se um elemento chave para as estratégias competitivas das empresas, incluindo os processos de localização e transporte. A decisão de localização em logística busca a maximização dos lucros, a minimização dos custos e do tempo de deslocamento (BALLOU, 2009; SLACK *et al.*, 2009).

Este trabalho busca aplicar dos métodos de decisão multicritério para decisão da localização de uma escola pública, baseando-se em critérios socioeconômicos. Alguns parâmetros como acessibilidade e quantidade de escolas em cada bairro estão diretamente ligados ao gargalo que sustenta a falta de excelência na educação. Neste estudo são propostas alternativas de localização de uma escola pública na cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, a fim de atingir níveis de excelência em gestão, por meio de três métodos de multicritério: SMARTER, SMARTS e Centro de Gravidade.

Cada método utilizado possui suas particularidades. Os métodos SMARTS/SMARTER possuem um caráter misto qualitativamente e quantitativamente, já o método Centro de Gravidade possui um caráter, obrigatoriamente, quantitativo e de uso das coordenadas espaciais.

O trabalho tem como objetivo obter resultados na decisão de localização aplicando e comparando modelos de tomadas de decisões quanto a localização, utilizando métodos multicritérios. É proposto, também, melhorias para as ferramentas utilizadas.

Observa-se que transtornos diários de deslocamento, pessoas com necessidade de acesso as escolas e a relação de quantidades de escolas com a população em cada bairro justificam a busca de maior excelência na prestação de serviços pela rede pública em relação ao acesso à educação. Esses fatores trazem impacto direto em termos financeiros (custo de deslocamento), saúde (inibição de atividades físicas) e ambiental (emissões de poluentes) (LIMA *et al.*, 2018).



Pretende-se identificar a melhor localização de uma unidade de escola pública em um dos bairros da Secretária Regional II da cidade de Fortaleza. A cidade é dividida em sete regionais que auxiliam na sua administração.

O estudo é composto por mais 4 seções, a segunda ilustra a fundamentação teórica que deu suporte ao estudo, a terceira demonstra a metodologia utilizada, a quarta o estudo de caso e a quinta as conclusões obtidas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 LOCALIZAÇÃO EM LOGÍSTICA**

O objetivo da decisão de localização é atingir um equilíbrio entre os custos inerentes a localização geográfica da operação, o serviço prestado aos clientes pela operação e a receita potencial da operação. Os custos decorrentes dos serviços prestados após a instalação irão diminuir a ponto que a decisão seja mais próxima do ótimo (SLACK *et al.*, 2009).

Localizar significa determinar o local onde será a base de operações, onde serão fabricados os produtos ou prestados os serviços e/ou onde se fará a administração do empreendimento (MOREIRA, 1998, p.47).

Segundo Ballou (2009) essas instalações se referem aos pontos nodais da rede, como fábricas, portos, armazéns, pontos de varejo e pontos centrais de serviço na rede da cadeia de suprimentos em que os produtos param temporariamente a caminho dos consumidores finais.

De acordo com Ritzman e Krajewski (2005) as instalações se referem ao local geográfico onde se executa as operações de uma empresa.

#### **2.1.1 AS CINCO CATEGORIAS NA DETERMINAÇÃO DE LOCALIZAÇÃO**

Para Ballou (2009), as decisões de localização devem ser conceituadas entre cinco características:

1. Força direcionadora em localização das instalações é caracterizada basicamente por um elemento que é mais crucial que os demais. Para os serviços públicos ou para o setor de serviços sociais, a proximidade da população e a acessibilidade deverão contemplar maior dimensão à influência decisória.



2. Em relação a decisão de localizar somente um ponto ótimo ou por selecionar múltiplos locais depende de certas variáveis. Optar por instalação única seria acreditar em competição de demanda entre instalações, efeitos de consolidação de estoque e custos de instalações. Neste caso, custos de transporte são cruciais.
3. Quanto às escolhas discretas estão mais relacionadas com a localização de instalações múltiplas. Inicialmente são selecionadas várias regiões potenciais ao recebimento de investimento. Devem-se optar baseados em processos discretos de localização, considerando aspectos qualitativos e quantitativos.
4. Quando se refere ao grau de agregação de dados, o objetivo é agrupar com excelência a possível lógica das configurações de projeto e integrá-las de forma racional para obter um método prático de localização.
5. Em relação ao horizonte de tempo, considera que os métodos buscam o atendimento da localização em um período de tempo. A decisão de localizar baseado em um único período de tempo faz parte do processo estático. Enquanto, definir a localização por muitos períodos é contido no processo dinâmico.

### 2.1.2 ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DA DECISÃO DE LOCALIZAÇÃO

Nos modelos clássicos duas variáveis são basicamente usadas como influência principal nesse processo: a demanda dos bens e serviços e a oferta de insumos para o funcionamento da empresa (SLACK *et al.*, 2009).

Em relação a demanda, tem a influência da proximidade com os clientes, adequação do local, imagem da empresa, conveniência para clientes, como rapidez e confiabilidade. Sobre a oferta de insumos agem os custos com mão de obra, energia, transporte, custos de terreno, entre outros (SLACK *et al.*, 2009).

#### 2.1.2.1 ASPECTO QUALITATIVO

Maccormack *et al.* (1994) classificou as possíveis variáveis a utilizar em aspectos qualitativos e quantitativos. Os qualitativos compreendidos seriam a infraestrutura local, a educação e qualificação dos trabalhadores e a estabilidade política e econômica.

Ainda em Maccormack *et al.* (1994), a infraestrutura local necessária para dar base a uma operação de manufatura ou serviços poderia ser dividida em duas amplas categorias: a



institucional e a acessibilidade. Com a demanda cada vez maior, para que as empresas atendam às necessidades dos clientes de forma customizada, elas precisam de instituições e fornecedores flexíveis e sensíveis.

A estabilidade de uma região refere-se ao número e à intensidade de flutuações políticas e econômicas que podem lá ocorrer. Aspectos políticos podem ser altamente cruciais na escolha de localizar, por exemplo, um serviço público. E aspectos econômicos ditam, por exemplo, quanto mais estável é um país, maior será a capacidade de o mesmo atrair investimentos (OLIVEIRA, 1996).

### 2.1.2.2 ASPECTO QUANTITATIVO

Em relação aos fatores quantitativos, Maccormack *et al.* (1994) incluem os custos de mão de obra, custos de distribuição e custos de instalação.

De acordo com Sato (2002), os custos de mão de obra mudam totalmente entre as regiões de um país. Contudo, apesar do custo de mão de obra em muitas áreas ser baixos, os trabalhadores dessas regiões não têm, frequentemente, qualificação e a educação necessária.

Com a globalização e a dissipação territorial dos clientes aumentando, os custos com a distribuição de produtos aumentam vertiginosamente. Além dos custos propriamente ditos, é preciso ponderar os tempos de entrega, para uma maior satisfação dos clientes (DAVIS *et al.*, 2001).

Os custos de instalação (terreno) em regiões propícias ao consumo são mais caros que em locais mais afastados. Porém, estes lugares possuem menos apreço por conta da distância com os consumidores finais. A razão entre essas duas variáveis deve ser levada em consideração (SATO, 2002).

## 2.2 MÉTODOS DE INSTALAÇÃO ÚNICA

Os problemas de localização apresentam alta complexidade e são intensivos no uso de base de dados. Isso ocorre porque as variáveis dos problemas se influenciam mutuamente, gerando *trade-offs*, e o número de alternativas a serem analisadas é muito grande (FLEURY *et al.*, 2000).



Estão envolvidos nos problemas de localização vários produtos e mercados consumidores, diversas possibilidades para a abertura da instalação, diferentes modais de transporte e diferentes políticas de estoque para cada instalação. De forma geral, tais problemas têm como objetivo a minimização do custo total da rede para um dado intervalo de tempo e são sujeitos à várias restrições, como: capacidade da instalação, atendimento da demanda e satisfação de certos níveis de serviço (FLEURY *et al.*, 2000).

No tocante de instalação única atualmente, o método mais utilizado para localização de uma planta única, terminal, armazém ou prestador de serviço, é o de centro de gravidade exato (DAVIS *et al.*, 2001; BALLOU, 2009; SLACK *et al.*, 2009).

### 2.2.1 MÉTODOS SMARTS E SMARTER

Os métodos *Smarts* e *Smarter* foram desenvolvidos por Edwards e Baron (1994), baseados na escolha de pesos e de atributos. Ambos os métodos são ajustes que eram necessários a partir de um problema intelectual no método SMART, proposto anteriormente por Edwards, pois o mesmo não levava em consideração a amplitude dos valores das alternativas nos critérios e na noção de importância e compensação entre os critérios.

Segundo Edwards e Baron (1994), para resolver este problema o método SMARTS foi desenvolvido, incrementado por um procedimento inovador chamado troca de pesos (*Swing Weights*), que insere no método a importância relativa dos critérios e os seus pesos.

Essa técnica, porém, não é utilizada no método SMARTER, que utiliza valores pré-determinados denominados *Rank Order Centroid Weights (ROC Weights)* para determinar os pesos dos critérios e assim eliminar o julgamento mais dispendioso do método SMARTS, que é a determinação os valores do peso (GURGEL *et al.* 2018).

Os ROC weights conduzem a identificação da melhor opção entre 75 a 87% das vezes, dependendo dos detalhes da simulação e a no valor da utilidade global (EDWARDS e BARON, 1994). Quando a solução encontrada não é a melhor, ela está próxima da mesma ou repete-se o método com uma maior investigação nos critérios selecionados.



## 2.2.2 PROCEDIMENTOS SMARTS

Os passos para a mensuração da utilidade multi-atributos segundo Edwards e Barron (1994), são:

**Passo 1:** Identificar os objetivos e decisores. Identificar o objetivo da instalação a ser instalada, assim como de todos os interessados no processo.

**Passo 2:** Árvore de Valor. Criar uma árvore de valores potencialmente relevantes para os objetivos.

**Passo 3:** Objetos de Avaliação. Os objetos são as alternativas e suas consequências.

**Passo 4:** Matriz objetos x Atributos. Elaborar uma matriz que relacione os objetos com os critérios relacionados ao objetivo. Essa relação deve ser feita das suas utilidades ou os seus valores.

**Passo 5:** Opções dominadas. Os objetos dominados devem ser excluídos da matriz. Caracteriza-se um objeto dominado quando todos os seus atributos possuem valores piores ou iguais a outro objeto.

**Passo 6:** Utilidades unidimensionais. Consistem em transformar os valores de entrada da matriz objetos por atributo em entradas unidimensionais.

**Passo 7:** Ordenação de atributos. O decisor deve informar a ordem de importância dos atributos definidos em relação a seus pesos.

**Passo 8:** Cálculo dos pesos. Neste caso devem ser atribuídos os pesos da balança. Existem vários métodos para realização deste passo. O método via estimativas diretas da magnitude dos pesos corresponde a atribuir a dimensão de valor mais importante, por exemplo, 100 pontos. Após, atribuir valores aos atributos restantes, na escala de 0 a 100 pontos. A normalização dos pontos atribuídos a cada dimensão de valor corresponderá aos pesos.

**Passo 9:** Decidir. O decisor deve decidir qual objeto irá localizar embasado na função de utilidade multi-atributo através da Eq. 1.

$$U(h) = \sum_{i=k}^N w_k u_h(x_{kh}) \quad (1)$$

Onde:

$U(h)$ : utilidade multi-atributo do objeto  $h$  em avaliação;

$w_k$ : peso do atributo de ordem  $k$ ;



$u_h(x_{kh})$ : valor do atributo  $k$  no objeto  $h$ .

$N$ : número de atributos.

### 2.2.3 PROCEDIMENTOS SMARTER

Esse método possui procedimentos iguais ao SMARTS nas fases 1 a 7 e também a 9. A diferença entre os dois métodos é o passo 8.

**Passo 8:** Cálculo dos Pesos. Como um dos pressupostos básicos Edwards e Barron (1994), consideram que a maioria da informação útil obtida na balança de peso está no passo 7. Onde são realizados julgamentos mais fáceis que no passo 8, especialmente se não é desejado utilizar a estimação direta de magnitude.

Stillwell *et al.* (1981), cientes da literatura dos pesos iguais, propuseram ordenação de pesos, que representam melhor as preferências do decisor, comparada a utilização de pesos iguais e não requerem o passo 8. Porém, no método SMARTER os pesos são chamados de *Rank Order Centroid* (ROC). Para cálculo de tal, somente é necessário saber a quantidade de atributos ( $N$ ) e a posição na importância de cada um entre si (INFANTE *et al.* 2017). O peso de cada atributo é calculado através da fórmula, para  $W_1 \geq W_2 \geq W_3 \geq \dots \geq W_k$ :

$$W_1 = (1 + 1/2 + 1/3 + \dots 1/K) / K$$

$$W_2 = (0 + 1/2 + 1/3 + \dots 1/K) / K$$

$$W_3 = (0 + 0 + 1/3 + \dots 1/K) / K$$

$$W_k = (0 + 0 + 0 + \dots 1/K) / K$$

$$W_k = \frac{1}{N} \sum_{i=k}^N \frac{1}{i} \quad (2)$$

Esses pesos são identificados como ROC *weights* e caracterizam o método SMARTER. Depois de calculados os pesos, as utilidades de todos os objetos devem ser determinadas, através da Eq. 1.

### 2.2.4 MÉTODO CENTRO DE GRAVIDADE

Segundo Bowersox e Closs (2001), o método Centro de Gravidade é uma técnica analítica utilizada em problemas de localização para determinar a posição de uma instalação através do



centro de gravidade, podendo esse ser o centro de peso, o centro de distância, o centro combinado de peso-distância ou ainda o centro combinado de peso-tempo-distância em uma dada região de atuação, para selecionar a alternativa de menor custo.

Para Slack *et al.* (2009), esse método é baseado na ideia que todas as localizações possíveis têm um "valor" que é a soma de todos os custos de transporte para aquela localização.

A melhor localização, é a que minimiza custos, sendo representada pelo que, em uma analogia física, seria o centro de gravidade ponderado de todos os pontos para onde os bens são transportados. Desse modo, as variáveis aqui são a taxa do transporte e o volume dos pontos (DA SILVA, 2017).

### 2.2.5 PROCEDIMENTO DO CENTRO DE GRAVIDADE

Segundo Ballou (2009), o procedimento de solução do método do Centro de Gravidade envolve as seguintes etapas:

**Passo 1:** Determinar as coordenadas  $x$  e  $y$ , para cada ponto de fonte e demanda, juntamente com os volumes ( $V_i$ ) e as tarifas lineares ( $R_i$ ) de transporte.

**Passo 2:** Aproximar a localização inicial das fórmulas para centro de gravidade.

$$X_1 = \frac{\sum_i^n V_i.R_i.x_i}{\sum_i^n V_i.R_i} \text{ e } Y_1 = \frac{\sum_i^n V_i.R_i.y_i}{\sum_i^n V_i.R_i} \quad (3)$$

**Passo 3:** Usando o  $X_1$  e o  $Y_1$ , deve-se calcular a distância entre o ponto de gravidade e as localidades dos pontos de demanda. Onde  $k$  representa um fator de escala para converter uma coordenada a uma unidade de distância.

$$D_i = K\sqrt{(x_i - X_1)^2 + (y_i - Y_1)^2} \quad (4)$$

**Passo 4:** Usando  $D_i$  para calcular o novo  $X$  e  $Y$ , assim tem-se um novo centro de gravidade. Deve-se então recalculer o novo custo total. Dessa forma, tem-se várias iterações até chegar à precisão desejada.

$$X_2 = \frac{\sum_i^n V_i.R_i.x_i/D_i}{\sum_i^n V_i.R_i/D_i} \text{ e } Y_2 = \frac{\sum_i^n V_i.R_i.y_i/D_i}{\sum_i^n V_i.R_i/D_i} \quad (5)$$

**Passo 5:** Recalculer  $D_i$ , a partir das coordenadas  $X_2$  e o  $Y_2$ .

**Passo 6:** Repetir o passo 4 e 5 até que as coordenadas  $X$  e  $Y$  não permita a precisão desejada após sucessivas iterações.



Considerando o fato da localização da população já existir, é dado um conjunto de pontos que representam os pontos de demanda e assim junto com a quantidade de habitantes por bairro, é mensurado o ponto centroide do ponto mais próximo do ótimo.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS

Nesse trabalho foram aplicados métodos para analisar e classificar os pontos de demanda, no caso da população em idade escolar de cada bairro da regional II, analisando os critérios que possam afetar a localização da escola e solucionar o local ótimo para a instalação de uma nova escola, através de três métodos: SMARTS, SMARTER e Centro de Gravidade.

A partir disto, tem-se o objetivo de comparar os resultados e chegar a uma conclusão, que seja incisiva, mencionando uma localização exata, ou simplesmente abrir uma nova discussão sobre os pontos mais desejáveis de acordo com os métodos.

#### 3.1 ETAPAS DA PESQUISA

O desenvolvimento deste trabalho foi dividido em três etapas:

A primeira etapa foi a definição de atributos e levantamento de dados. Foram definidos os atributos relevantes para realização da análise e em seguida foram coletados dados a partir do censo 2010, funcionários e site da prefeitura.

A segunda etapa foi aplicação dos três métodos para decisão da localização da escola. Os métodos apresentam singularidades por definição. Os métodos SMARTS/SMARTER possuem caráter misto qualitativamente e quantitativamente, já o método Centro de Gravidade possui um caráter, obrigatoriamente, quantitativo e de uso das coordenadas espaciais.

A última etapa consistiu na análise dos resultados gerados pela aplicação dos três métodos. Para cada método foi encontrado um bairro como solução do problema abordado. Em seguida foram realizadas as considerações.

### 4. ESTUDO DE CASO

#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

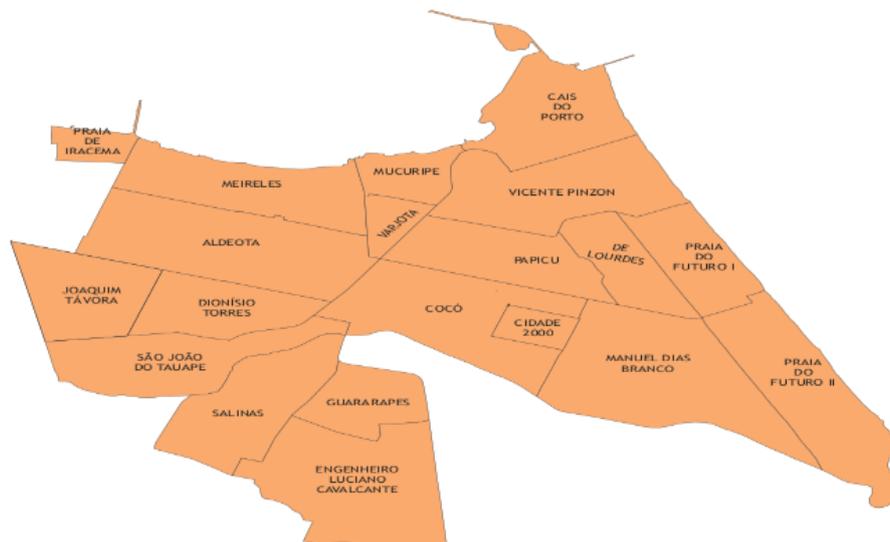
Fortaleza é dividida em sete Secretárias Executivas Regionais (SER). Cada SER tem a função de trazer desenvolvimento nas áreas saúde, educação, esporte, lazer, dentre outras.



Segundo a prefeitura de Fortaleza (2018), a Secretaria Executiva Regional (SER) II, localizada na zona leste, é formada por 20 bairros, como pode ser visto na Figura 1 onde moram 325.058 pessoas.

Fortaleza é considerada uma das capitais mais desiguais socialmente do Brasil. Em bairros com altos investimentos em infraestrutura, existem comunidades carentes de necessidades básicas, como saúde, educação, segurança e outros. Os bairros Aldeota e Meireles concentram intensa atividade comercial e são bastante ricos, porém Vicente Pinzon é o bairro com um maior nível de pobreza da Regional 2 (IBGE, 2010).

Figura 1. Mapa da Área da Secretária Executiva Regional II de Fortaleza



Fonte - Site da Prefeitura de Fortaleza, 2019.

#### 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E DEFINIÇÃO DE ATRIBUTOS

Inicialmente foram definidos atributos conforme segue as indicações dos métodos detalhados na revisão bibliográfica. A prioridade de instalar uma escola pública deve seguir uma lógica, na qual o bairro que tem uma menor qualidade de vida social e de quantidade de escolas e uma maior demanda de estudantes na comunidade deve ser escolhido através destes atributos.

Tais atributos possuem características quantitativas e qualitativas. Os escolhidos para compor o modelo foram: população em idade escolar de cada bairro; o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); o custo de 1 m<sup>2</sup> do bairro; a quantidade de escolas em cada bairro e a acessibilidade.



O IDH é calculado com base em dados econômicos e sociais, vai de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). No seu cálculo são computados os fatores: educação, expectativa de vida da população e Produto Interno Bruto (PIB) per capita.

Após a definição dos atributos, foram coletadas informações a partir do censo do IBGE de 2010, que foi utilizado para mensurar a população em idade escolar. Foi estipulada juntamente com a funcionário responsável pela área de educação na SER II o intervalo de abrangência da idade escolar de 4 aos 18 anos, a quantidade de escolas nessa abrangência e a acessibilidade a escola. A tabela de acessibilidade foi mensurada de forma qualitativa em cada bairro exposto entre cinco categorizações, podendo terem os seguintes valores: ótimo, bom, regular, ruim ou péssima.

A mensuração do IDH foi realizada a partir de dados do site da prefeitura de Fortaleza que o fornece o índice para cada bairro. Os valores do custo de metro quadrado foram extraídos do site agente imóvel, que faz uma estimativa do custo do metro quadrado por bairro.

## 4.3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

### 4.3.1 MÉTODO SMARTS

Após a realização dos nove passos propostos por Edwards e Baron (1994) utilizando o *software Microsoft Excel*.

**Passo 1:** Identificar os objetivos e decisores: o modelo tem como propósito identificar a melhor localização dentre os bairros restritos mostrados na figura 1, visando aumentar a oportunidade dos estudantes de Fortaleza a ter acesso a uma escola pública e assim dar suporte a gestão política na escolha do ponto de localização mais adequada.

**Passo 2:** Árvore de Valor: são considerados os critérios relevantes para a escolha do local, quantidade de escolas, custo do m<sup>2</sup>, população em idade escolar, IDH e acessibilidade.

**Passo 3:** Objetos de Avaliação: são os bairros Aldeota, Cais do Porto, Cidade 2000, Cocó, De Lourdes, Dionísio Torres, Engenheiro Luciano Cavalcante, Guararapes, Joaquim Távora, Manuel Dias Branco, Meireles, Mucuripe, Papicu, Praia de Iracema, Praia do Futuro I e II, Salinas, São João do Tauape, Varjota, Vicente Pinzon.

**Passo 4:** Matriz Objetos X Atributos: a Tabela 1 mostra os dados dos objetos de avaliação em relação aos atributos.



**Passo 5:** Opções dominadas. Através da Tabela 1, observa-se que nenhuma opção é totalmente dominada por outra, assim como nenhuma opção é totalmente dominadora em todos os atributos considerados.

Tabela 1. Matriz Objetos X Atributos

Bairros	Qtd. de Escolas	Custo do m <sup>2</sup>	População	IDH	Acessibilidade
Aldeota	1	4972	6978	0,830	Bom
Cais do Porto	2	6566	6090	0,386	Ruim
Cidade 2000	2	3315	1367	0,616	Regular
Cocó	0	4981	3851	0,858	Regular
De Lourdes	0	5251	694	0,687	Ruim
Dionísio Torres	0	4558	3593	0,832	Regular
Engenheiro Luciano Cavalcante	3	3693	2598	0,592	Bom
Guararapes	0	5540	1019	0,865	Ruim
Joaquim Távora	0	4078	3947	0,656	Regular
Manuel Dias Branco	0	4103	368	0,391	Ruim
Meireles	1	5921	5511	0,916	Bom
Mucuripe	3	5498	2500	0,735	Regular
Papicu	4	3929	3998	0,665	Regular
Praia de Iracema	1	5083	504	0,823	Bom
Praia do Futuro	5	5038	5613	0,547	Bom
Salinas	0	3534	1030	0,683	Ruim
São João do Tauape	4	2050	5656	0,572	Ruim
Varjota	0	4336	1472	0,734	Regular
Vicente Pinzon	4	5138	11675	0,479	Ruim

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019.

**Passo 6:** Utilidades Unidimensionais: sabendo que os atributos estão em uma única dimensão, ou seja, o valor da utilidade é a mesma para todos os atributos. Através do método proposto de aproximação por Edwards e Barron (1994) foi gerado a Tabela 2. As utilidades unidimensionais estão dispostas entre valores de 0 a 1. Este intervalo é definido a partir das relações de bairros já dispostas, ou seja, por exemplo, o nível máximo de qualidade na acessibilidade seria 0 e o nível mínimo de qualidade seria 1, já que a necessidade de escolas nestas áreas é maior.



Tabela 2. Utilidades Unidimensionais

Bairros	Qtd de Escolas	Custo do m <sup>2</sup>	População	IDH	Acessibilidade
Aldeota	0,800	0,353	0,585	0,16	0,300
Cais do Porto	0,600	0,000	0,506	1,00	0,700
Cidade 2000	0,600	0,720	0,088	0,57	0,500
Cocó	1,000	0,351	0,308	0,11	0,500
De Lourdes	1,000	0,291	0,029	0,43	0,700
Dionísio Torres	1,000	0,445	0,285	0,16	0,500
Engenheiro Luciano Cavalcante	0,400	0,636	0,197	0,61	0,300
Guararapes	1,000	0,227	0,058	0,10	0,700
Joaquim Távora	1,000	0,551	0,317	0,49	0,500
Manuel Dias Branco	1,000	0,545	0,000	0,99	0,700
Meireles	0,800	0,143	0,455	0,00	0,300
Mucuripe	0,400	0,236	0,189	0,34	0,500
Papicu	0,200	0,584	0,321	0,47	0,500
Praia de Iracema	0,800	0,328	0,012	0,18	0,300
Praia do Futuro	0,000	0,338	0,464	0,70	0,300
Salinas	1,000	0,671	0,059	0,44	0,700
São João do Tauape	0,200	1,000	0,468	0,65	0,700
Varjota	1,000	0,494	0,098	0,34	0,500
Vicente Pinzon	0,200	0,316	1,000	0,82	0,700

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

**Passo 7:** Ordenação de atributos: este passo consistiu na obtenção de uma ordem de importância dos critérios. Nessa fase, foi perguntando aos responsáveis pela área qual atributo era mais agravante para uma escolha de localizar a escola. A Tabela 3 ilustra a ordenação.

Tabela 3. Ordenação de atributos

Ordenação	1	2	3	4	5
Atributos	População	Qtd. de Escolas	IDH	Custo do m <sup>2</sup>	Acessibilidade

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019.

**Passo 8:** Cálculo dos pesos: partindo da ordem de importância dos atributos são definidos através dos métodos das estimativas diretas os valores dos pesos. Em uma escala compreendida de 0 a 100, o decisor fixou o atributo mais importante em 100, população, e



pontuou dentro da escala de valores seguindo a ordem dos critérios. O resultado pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4. Cálculo dos pesos no método SMARTS.

Critério	Peso	Valor	
		Valor	Relativo
População	$W_1$	100	0,3559
Quantidade de Escolas	$W_2$	82	0,2918
IDH	$W_3$	57	0,2028
Custo do m2	$W_4$	27	0,0961
Acessibilidade	$W_5$	15	0,0534

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

**Passo 9:** Decisão: de acordo com a Eq. 1, onde o somatório dos pesos x utilidade unidimensional de cada atributo em cada bairro. Observa-se que o bairro Vicente Pinzon tem a maior necessidade de instalação de uma escola pública. Os resultados das utilidades multi-atributos estão representados na tabela 5. O bairro com maior valor multi-atributo foi o Vicente Pinzon.

Tabela 5. Decisão multi-atributo do método SMARTS

Bairro	Utilidade
Vicente Pinzon	0,64923757
Cais do Porto	0,595394375
Joaquim Távora	0,583595492
Manuel Dias Branco	0,58251924
Aldeota	0,524336417
Salinas	0,503703976
Dionísio Torres	0,494880538
São João do Tauape	0,489906461
Cocó	0,484049712
Varjota	0,470356026



---

De Lourdes	0,455065899
Meireles	0,425058315
Cidade 2000	0,417210949
Guararapes	0,391019895
Engenheiro Luciano Cavalcante	0,388058738
Praia do Futuro	0,354831379
Papicu	0,351474339
Praia de Iracema	0,320893795
Mucuripe	0,302515696

---

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

#### 4.3.2 MÉTODO SMARTER

Os procedimentos dos métodos SMARTS e SMATER são parecidos, valendo-se assim das mesmas condições e alterando somente os passos 8 e 9 e, portanto, alterando os valores dos pesos de atributos e a utilidade multi-atributo.

**Passo 8:** Cálculo dos pesos: os pesos ou o *Rank Order Centroid Weights* (ROC) é obtido através da quantidade de atributos utilizado e a ordem de importância. A ROC é uma variável que muda seu valor de acordo com a quantidade de atributos. O peso de cada atributo foi calculado através da Eq. 2. A Tabela 6 mostra o cálculo dos pesos.

Tabela 6. Cálculo dos pesos no método SMARTER

---

Bairro	Peso	Valor
População	w1	0,456667
Quantidade de Escolas	w2	0,256667
IDH	w3	0,156667
Custo do m2	w4	0,090000
Acessibilidade	w5	0,040000

---

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019



**Passo 9:** Decisão: os valores calculados das utilidades multi-atributo estão representados na Tabela 7. O bairro com maior valor continua sendo o Vicente Pinzon. Observa-se uma leve alteração em relação ao método SMARTER na quarta e quinta posição, nos bairros Aldeota e Manuel Dias Branco, entre outras nas posições menos importantes.

Tabela 7. Decisão multi-atributo no método SMARTER

<b>Bairro</b>	<b>Utilidade</b>
Vicente Pinzon	0,693634914
Cais do Porto	0,569766575
Joaquim Távora	0,547654225
Aldeota	0,541486185
Manuel Dias Branco	0,48894082
São João do Tauape	0,484590402
Dionísio Torres	0,471765742
Cocó	0,466070275
Salinas	0,440702865
Meireles	0,437902909
Varjota	0,419495701
De Lourdes	0,391731786
Cidade 2000	0,367816454
Praia do Futuro	0,36336205
Engenheiro Luciano Cavalcante	0,357761825
Guararapes	0,346481999
Papicu	0,344689742
Mucuripe	0,283561265
Praia de Iracema	0,279871578

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019



### 4.3.3 MÉTODO DO CENTRO DE GRAVIDADE

Para a obtenção de uma terceira solução de localização utilizou-se o método Centro de Gravidade, seguindo a metodologia descrita por Ballou (2009). A definição dos atributos por este método é padrão. Considera-se o volume de demanda como a população em idade escolar, as coordenadas (latitude e longitude) de cada ponto (bairro) e a tarifa de transporte que será igual para todos os pontos, tendo em vista que em Fortaleza não há diferenciação de preço.

O censo de 2010 do IBGE traz as informações populacionais por idade, assim sendo possível o cálculo da população em idade escolar. As coordenadas dos bairros foram pesquisadas no site *Google Maps*. Foi possível encontrar cada ponto com uma precisão de seis casas decimais. A plataforma utilizada para auxiliar na solução do problema pelo método Centro de Gravidade foi o *Microsoft Excel* e o *Software CG*, programado na linguagem JAVA, que foi projetado para este trabalho.

Levando em consideração a problemática apresentada neste trabalho, o peso no que se refere a taxa de transporte para enviar ao ponto de destino ( $R_i$ ) será considerada irrelevante, já que no caso, os volumes dos produtos e da matéria prima são os estudantes, os mercados e fornecedores são as escolas e as moradias e a taxa de transporte é a mesma para todos em Fortaleza.

Seguindo a sequência de passos proposta por Ballou (2009), obteve-se os seguintes resultados: no primeiro passo, as coordenadas  $X$  e  $Y$ , a população em cada ponto e as tarifas de transporte é a mesma para todos os pontos, tornando-se irrelevante para o estudo de caso. A Tabela 8 detalha os resultados do passo 1.

Tabela 8. Localização e população dos bairros

Bairros	Latitude	Longitude	População em idade escolar
Aldeota	-3,7325370	-38,5036470	6978
Cais do Porto	-3,7125810	-38,4719750	6090
Cidade 2000	-3,7125810	-38,4705810	1367
Cocó	-3,7450420	-38,4817600	3851
De Lourdes	-3,7401170	-38,4627060	694
Dionísio Torres	-3,7488530	-38,5034750	3593



Engenheiro Luciano Cavalcante	-3,7727910	-38,4875970	2598
Guararapes	-3,7616140	-38,4876390	1019
Joaquim Távora	-3,7440570	-38,5192250	3947
Manuel Dias Branco	-3,7541200	-38,5233880	368
Meireles	-3,7287260	-38,4981110	5511
Mucuripe	-3,7249790	-38,4836480	2500
Papicu	-3,7380610	-38,4769540	3998
Praia de Iracema	-3,7209320	-38,5151480	504
Praia do Futuro	-3,7535210	-38,4498310	5613
Salinas	-3,7601150	-38,4981540	1030
São João do Tauape	-3,7564330	-38,5086250	5656
Varjota	-3,7323660	-38,4866090	1472
Vicente Pinzon	-3,7264560	-38,4663960	11675

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019.

**Passo 2:** consistiu em encontrar a localização inicial, conforme a Tabela 9, utilizando a Eq. 3.

Tabela 9. Localização inicial

Bairros	V.R.X	V.R	V.R.Y
Aldeota	-26045,64319	6978	-268678
Cais do Porto	-22609,61829	6090	-234294
Cidade 2000	-5075,098227	1367	-52589,3
Cocó	-14422,15674	3851	-148193
De Lourdes	-2595,641198	694	-26693,1
Dionísio Torres	-13469,62883	3593	-138343
Engenheiro Luciano Cavalcante	-9801,711018	2598	-99990,8
Guararapes	-3833,084666	1019	-39218,9
Joaquim Távora	-14777,79298	3947	-152035
Manuel Dias Branco	-1381,51616	368	-14176,6



Meireles	-20549,00899	5511	-212163
Mucuripe	-9312,4475	2500	-96209,1
Papicu	-14944,76788	3998	-153831
Praia de Iracema	-1875,349728	504	-19411,6
Praia do Futuro I	-21068,51337	5613	-215819
Salinas	-3872,91845	1030	-39653,1
São João do Tauape	-21246,38505	5656	-217805
Varjota	-5494,042752	1472	-56652,3
Vicente Pinzon	-43506,3738	11675	-449095
Total	-255881,6988	68464	-2634852
$X_1$	<b>-3,737463</b>		
$Y_1$	<b>-38,485219</b>		

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

**Passo 3:** utilizando  $X_1$  e  $Y_1$  encontrados anteriormente, calcula-se a distância do centroide com os demais pontos, conforme mostrado na Tabela 10.

Tabela 10. Distância até o centroide

Bairros	Distância
Aldeota	0,019075
Cais do Porto	0,028188
Cidade 2000	0,028869
Cocó	0,008331
De Lourdes	0,022669
Dionísio Torres	0,021517
Engenheiro Luciano Calvalcante	0,035407
Guararapes	0,024271
Joaquim Távora	0,034639
Manuel Dias Branco	0,041645



Meireles	0,015574
Mucuripe	0,012583
Papicu	0,008287
Praia de Iracema	0,034191
Praia do Futuro I	0,038861
Salinas	0,026085
São João do Tauape	0,030128
Varjota	0,005284
Vicente Pinzon	0,021805

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

**Passo 4:** Usando Di para calcular o novo X e Y, tem-se um novo centro de gravidade. Dessa forma, após várias iterações até chegar à precisão desejada que são de 6 casas decimais, de acordo com a latitude e longitude dada pela fonte. O resultado pode ser visto na Tabela 11. O uso da quantidade de iterações necessárias foi detectado após vários testes do software e verificado que para esse estudo de caso, o resultado estava continuando igual, mesmo após várias iterações.

Tabela 11. Nova localização inicial

Bairros	V.R.X/D	V.R/D	$\dot{X}$	V.R.Y/D	$\dot{Y}$
Aldeota	-1365432	365818,7	-3,732537	-14085352	-38,503647
Cais do Porto	-802111	216052	-3,712581	-8311947	-38,471975
Cidade 2000	-175798	47352,04	-3,712581	-1821660	-38,470581
Cocó	-1731216	462268,9	-3,745042	-17788920	-38,481760
De Lourdes	-114502	30614,54	-3,740117	-1177518	-38,462706
Dionísio Torres	-625988	166981,2	-3,748853	-6429355	-38,503475
Engenheiro Luciano Cavalcante	-276826	73374,35	-3,772791	-2824002	-38,487597
Guararapes	-157926	41983,46	-3,761614	-1615844	-38,487639
Joaquim Távora	-426621	113946,1	-3,744057	-4389114	-38,519225
Manuel Dias Branco	-33173,7	8836,603	-3,754120	-340415,9	-38,523388

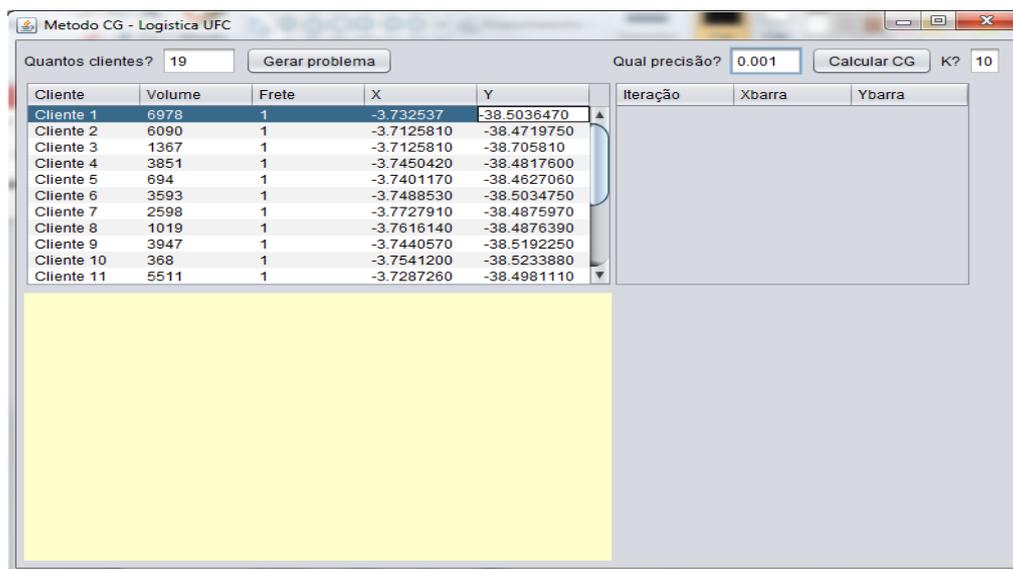


Meireles	-1319459	353863,2	-3,728726	-13623065	-38,498111
Mucuripe	-740085	198681,7	-3,724979	-7645997	-38,483648
Papicu	-1803465	482459,9	-3,738061	-18563588	-38,476954
Praia de Iracema	-54849,2	14740,71	-3,720932	-567740,5	-38,515148
Praia do Futuro I	-542153	144438,5	-3,753521	-5553636	-38,449831
Salinas	-148476	39487	-3,760115	-1520177	-38,498154
São João do Tauape	-705211	187734,2	-3,756433	-7229387	-38,508625
Varjota	-1039839	278600,5	-3,732366	-10722388	-38,486609
Vicente Pinzon	-1995213	535418,4	-3,726456	-20595616	-38,466396

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

**Passo 5 e 6:** para esses dois passos foi usado o *software* CG. Levando em consideração que a precisão do problema requer várias iterações surgiu a necessidade de usar este *software*, já que ele consegue atingir o resultado desejado de forma mais eficiente. A figura 2 mostra a montagem do problema. O programa possui as interfaces necessárias para aplicar o método do centroide. Primeiramente, o problema deve ser gerado com a quantidade de clientes, neste trabalho são os bairros, no campo superior esquerdo. O preenchimento deve ser concluído com o volume (população) de cada cliente (bairro), com as respectivas localizações, o frete (taxa de transporte), a precisão requerida do decisor e o “K”, o fator de escala.

Figura 2. Montagem do problema no Software CG



Fonte - Elaborada pelos autores, 2019



Prosseguindo com o método, a Figura 3 mostra a quantidade de iterações necessárias para se chegar a uma coordenada que não ultrapasse o limite da precisão. A localização encontrada é  $X = -3,7358570$  e  $Y = -38,4860689$ .

Figura 3. Resultado do método Centro de gravidade

Cliente	Volume	X	Y
Cliente 1	6978	-3.732537	-38.5036470
Cliente 2	6090	-3.7125810	-38.4719750
Cliente 3	1367	-3.7125810	-38.705810
Cliente 4	3851	-3.7450420	-38.4817800
Cliente 5	694	-3.7401170	-38.4627060
Cliente 6	3593	-3.7488530	-38.5034750
Cliente 7	2598	-3.7727910	-38.4875970
Cliente 8	1019	-3.7616140	-38.4876390
Cliente 9	3947	-3.7440570	-38.5192250
Cliente 10	368	-3.7541200	-38.5233880
Cliente 11	5511	-3.7287260	-38.4981110

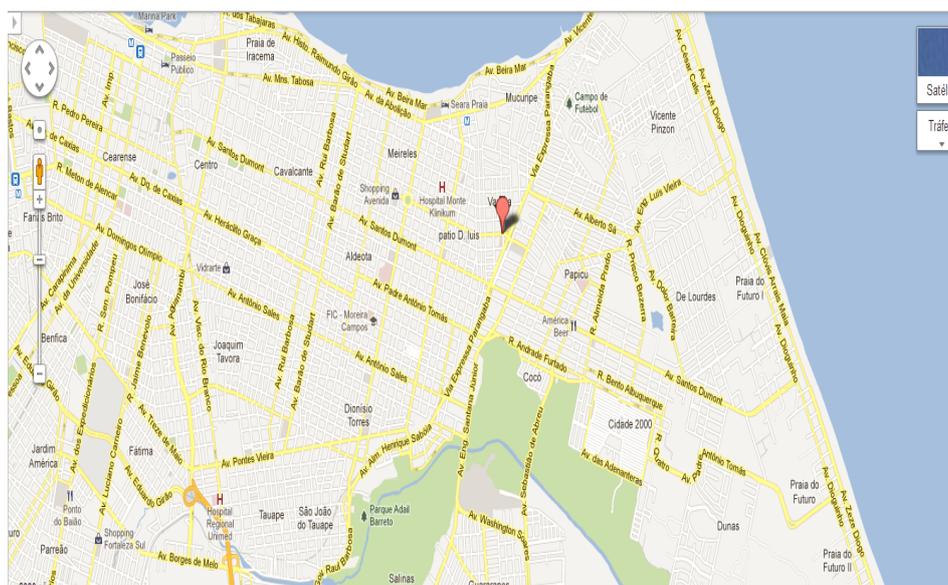
  

Iteração	Xbarra	Ybarra
2	-3.7358811...	-38.486300...
3	-3.7358658...	-38.486199...
4	-3.7358597...	-38.486141...
5	-3.7358574...	-38.486109...
6	-3.7358568...	-38.486091...
7	-3.7358566...	-38.486081...
8	-3.7358567...	-38.486075...
9	-3.7358568...	-38.486072...
10	-3.7358568...	-38.486070...
11	-3.7358569...	-38.486069...
12	-3.7358569...	-38.486068...

Fonte - Elaborada pelos autores, 2019

O mapa da Figura 4 apresenta o ponto que corresponde a latitude (- 3,7358570) e longitude (- 38,4860689). As coordenadas indicam que bairro Varjota como solução. Por conta da proximidade de um bairro essencialmente residencial Meireles e o Vicente Pinzon, um bairro mais populoso, o bairro Varjota ficou localizado entre essas duas altas demandas.

Figura 4. Localização no mapa do método Centro de Gravidade



Fonte - Adaptado do site [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com), 2018



#### 4.4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

O bairro Vicente Pinzon foi a localização indicada nos métodos SMARTS e SMARTER. O bairro Varjota, muito próximo ao Vicente Pinzon, foi o resultado do método Centro de Gravidade, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 - Resultado dos métodos

<b>Método</b>	<b>Resultado</b>
SMARTS	Vicente Pinzon
SMARTER	Vicente Pinzon
Centro de Gravidade	Varjota

Fonte - Elaborada pelo autor, 2109

Um fator que explica os resultados de localização próxima foi a importância dada ao critério população pelo decisor nos métodos SMARTER/SMARTS, coincidindo com o Centro de Gravidade. Sendo a diferença populacional, em relação aos outros bairros, muito grande, o caráter peso x utilidade fez o bairro se sobressair matematicamente. No âmbito localizacional, a escolha da localidade da escola pública reflete a atual necessidade pública de educação nessa área.

Outra análise importante é que mesmo o peso atribuído a acessibilidade ser o mais baixo e esse critério ser crítico no bairro Vicente Pinzon, pois a sua acessibilidade foi atribuída qualitativamente como ruim, os métodos SMARTS e SMARTER escolheram ainda sim o bairro. O principal motivo para a escolha foi o peso dado a outros fatores como população e IDH que são críticos para o bairro e possuem um peso maior na decisão.

Além do aspecto quantitativo a decisão da escolha dessa localização irá impactar positivamente no desenvolvimento da escola, devido a redução das distâncias entre a escola a ser construída e a casa dos potenciais alunos do bairro, corroborando até mesmo na redução de indicadores negativos, como desistência e absenteísmo escolar. Podendo essa análise ser utilizada por um plano de longo prazo, onde a educação e políticas públicas podem dar aos estudantes um objetivo saudável para suas vidas (GESQUI, 2009).



## 5. CONSIDERAÇÕES

O presente trabalho teve o objetivo de reportar três métodos de decisão multicritérios e aplicá-los em um estudo de caso de decisão de localização de uma escola da rede pública da cidade de Fortaleza/CE.

Através de utilização de três métodos diferentes, conseguiu-se alcançar um resultado convergindo para uma localização única, atingindo o objetivo do trabalho.

Os métodos SMARTER/SMARTS são de enorme valia em transformar situações subjetivas em objetivas. O funcionamento desses métodos, se construídos de forma adequada, pode ser suficiente em grandes projetos. Esses métodos, portanto, são alternativas para localizar uma empresa com enfoque diferenciado, podendo ser aplicado em várias situações. Este método de auxílio à tomada de decisão permite ao decisor listar diversos critérios relevantes para a localização da sua empresa e não apenas os custos de transporte, a demanda, ou qualquer outro critério único, como é o caso de algumas decisões de localização realizadas atualmente.

Além disso, os métodos permitem ao decisor escalonar a importância dos diversos critérios, auxiliando-o de maneira única, pois leva em consideração o que ele considera importante e o quanto importante é esse atributo. Um ponto negativo do método é que ele está sujeito ao erro de coerência, dado a análise qualitativa de pessoas. Uma forma de evitar isso é elencar apenas critérios quantitativos, porém isso empobreceria a análise.

O método centro de gravidade, aliado ao software, traz a vantagem do tempo de processamento de dados, servindo como um método de apoio. Não se recomenda traçar resultados somente com ele, pois possui a desvantagem de não levar em consideração aspectos qualitativos e outros fatores que podem ser considerados importantes numa decisão ou escolha.

## REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS D. J. Logística empresarial. São Paulo: Atlas, 2001.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da administração da produção. Porto Alegre: Bookman, 2001.



EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: improved simple methods for multiattribute utility measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v.60, n. 3, p.306-325, dez. 1994.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. Logística Empresarial: A perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.

GESQUI, L. C. Organização da escola, absenteísmo docente, discente e rendimento escolar. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Educação: História, Política, Sociedade) - Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2009.

GURGEL, A. M. Competence-based selection of IT professionals in a Higher Education Institution: a proposal based on a Multicriteria Decision Support Model. *Gestão & Produção*, v. 25, n. 1, p. 16-29, 2018.

IBGE. Censo demográfico do IBGE. São Paulo, 2010

INFANTE, R. P.; OLIVEIRA, M. C.; ASSUMPÇÃO, M. R. P. Uso de métodos multicritérios de tomada de decisão para seleção dos objetivos estratégicos e indicadores de performance considerados no Balanced Scorecard. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 20, n. 39, p. 45-58, 2017.

LIMA, W. M.; FREIRE, F. H. M. A.; OJIMA, R. Mobilidade e rendimento escolar dos estudantes de ensino médio em Natal (RN, Brasil). *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, n. 2, 2018.

MACCORMACK, A. D.; NEWMANN, L. J.; ROSENFELD, D. B. The new dynamics of global manufacturing site location. *MIT Sloan Management Review*, v.35, n. 4, 1994.

MOREIRA, D. A. Introdução à administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira, 1998.

NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

OLIVEIRA, G. Brasil real: desafios da pós-estabilização na virada do milênio. São Paulo, Brasil: Mandarim, 1996.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. Administração da produção e operações. São Paulo: Prentice Hall, 2005.



SATO, F. R. L. Problemas e métodos decisórios de localização de empresas. *RAE-eletrônica*, v. 1, n. 2, p. 1-13, 2002.

SILVA, E. L. MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005.

SILVA, L. F.; JUNIOR I. C. L.; GARCIA P. A. A.; TEODORO, P. Avaliação da localização de base de atendimento para equipamentos de movimentação de uma empresa siderúrgica. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

---

