



ISSN: 2447-5580

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



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## APLICAÇÃO DOS MÉTODOS CENTRO DE GRAVIDADE E PODERAÇÃO DOS FATORES: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA TRANSPORTADORA DE CARGAS

### *APPLICATION OF GRAVITY CENTER METHOD AND FACTORS WEIGHTING METHOD: A CASE STUDY IN A LOAD CARRIER COMPANY*

Nathália de Sousa Pereira<sup>1\*</sup>, Francisco Jerley Solon de Souza<sup>2</sup>, Creusa Checone David<sup>3</sup>, & Lindolfo Ramalho Farias Junior<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Administração (UECE). Especialista em Logística e Graduada em Engenharia de Produção Mecânica (UFC) <sup>2</sup>Graduada em Engenharia de Produção Mecânica (UFC). <sup>3</sup>Mestre em Economia (UFC) e Graduada em Engenharia Têxtil (Centro Universitário da FEI). <sup>4</sup>Mestre em Linguística Aplicada (UECE) e Graduada em Letras (UVA). <sup>1\*</sup> [nathaliaeng.producao@gmail.com](mailto:nathaliaeng.producao@gmail.com) <sup>2</sup> [jerleyss@gmail.com](mailto:jerleyss@gmail.com) <sup>3</sup> [creusa@texmundi.com.br](mailto:creusa@texmundi.com.br) <sup>4</sup> [professorlindolfojr@gmail.com](mailto:professorlindolfojr@gmail.com)

#### ARTIGO INFO.

Recebido em: 25.09.2019

Aprovado em: 08.10.2019

Disponibilizado em: 18.12.2019

#### PALAVRAS-CHAVE:

Estratégia; Localização de instalação; Transporte de carga.

#### KEYWORDS:

Strategy; Installation location; Freight transpot.

\*Autor Correspondente: Pereira, N. de S.

#### RESUMO

Este estudo propôs como objetivo geral uma nova localização geográfica para a instalação de uma transportadora rodoviária de cargas. Além disso, propôs como objetivos específicos analisar, segundo os custos, possíveis locais de instalações geográficas para a empresa e entender como os fatores qualitativos podem influenciar na escolha da melhor localização. Foram coletados dados de 144 localizações diferentes, referentes a clientes e destinatários de mercadorias, nas quais a empresa trabalha e utilizaram-se as metodologias propostas pelo Método do Centro de Gravidade e pelo Método da Ponderação dos Fatores. Os resultados permitiram evidenciar e entender que além dos custos, outros critérios como a proximidade dos fornecedores; proximidade dos destinos; acesso às principais

rodovias; oferta de energia elétrica; qualidade de vida e incentivos fiscais são fatores que influenciam na seleção da localização. Portanto, encontrou-se uma nova localização para a empresa e verificou-se que a utilização dos métodos quantitativos e qualitativos foi eficaz para apoiar na decisão dessa escolha.

#### ABSTRACT

This study presented as a general objective to propose a new geographical location for the installation of a road freight carrier. In addition, it proposed as specific objectives to analyze, according to costs, possible locations of geographic facilities for the company and to understand how qualitative factors can influence the choice of the best location. Data were collected from 144 different locations for customers and recipients of goods in which the company works and were used the methodologies proposed by the Gravity Center Method and the Factors Weighting Method. The results allowed to evidence and to understand that besides costs, other criteria such as proximity of suppliers; proximity to destinations; access to major highways; supply of electricity; quality of life and tax incentives are factors that influence location selection. Therefore, a new location was found for the company and checked that the use of quantitative and qualitative methods was effective to assist in deciding.



## 1 INTRODUÇÃO

A expansão dos mercados é um processo que continua crescente ao longo de várias décadas. Este processo pode oferecer diversas oportunidades para as empresas, como a inserção em diferentes mercados, economias de produção, baixos custos trabalhistas ou mesmo benefícios fiscais (Prakash, Soni, & Rathore, 2015). Nesse contexto, Sousa e Vasconcelos (2018) ressaltam que a globalização e a pressão gerada pelo mundo competitivo fazem com que a diferenciação dos territórios para a instalação de uma empresa, cada um com as suas características particulares, seja um dos fatores imprescindíveis para o sucesso da organização.

Diante disso, percebe-se que as empresas têm progressivamente buscado ir além da redução de custos ao determinar as regiões preferidas para os locais que irão se instalar, de modo a considerar o impacto no custo total, na lucratividade e na criação de valor ao cliente que um determinado local pode proporcionar (Ellram, Tate, & Petersen, 2013).

Haja vista o efeito de longo prazo que o local onde uma empresa irá se instalar gera, a escolha pela melhor localização de uma organização não é uma decisão fácil (Prakash, et al., 2015). Dessa maneira, caso essa decisão de localização de uma instalação não seja realizada de maneira criteriosa e corretamente avaliada, mudanças na especificação de localização podem alterar o planejamento e transformar a seleção ideal de hoje no desastre de investimento de amanhã (Prakash, et al., 2015; Owen & Daskin, 1998). Para Freeman & Styles (2014) as influências dos efeitos da localização nas empresas são antecedentes essenciais para aumentar o seu desempenho.

Nesse contexto, esta pesquisa apresenta um problema em nível estratégico, cujo objetivo geral é propor uma nova localização geográfica para a instalação de uma transportadora rodoviária de cargas. Como objetivos específicos, o estudo propõe *i)* analisar, segundo os custos, possíveis locais de instalações geográficas para a empresa e *ii)* entender como os fatores qualitativos podem influenciar na escolha da melhor localização.

Encontrar um ponto de localização ideal para uma empresa utilizando como critério de escolha a minimização dos custos é eficiente, entretanto é necessária uma complementação através de análises detalhadas relacionadas às características associadas ao local (Souza, Pereira, & Pontes, 2015). Na presente pesquisa utilizaram-se métodos quantitativos e qualitativos apoiados por modelos matemáticos. Dessa maneira, escolheu-se aplicar o Método do Centro de Gravidade e o Método da Ponderação dos Fatores com o intuito de que a união dos dois permitirá apoiar em uma decisão mais assertiva.

Sabe-se que a localização das instalações pode ocasionar certas restrições na rede logística. No caso da transportadora em estudo, a justificativa desta pesquisa está relacionada ao aumento da frota de caminhões, do número de clientes e dos locais de entrega nos últimos anos. Esses fatores tornaram o atual local da instalação pequeno e gerou nos gestores dúvidas se o local de instalação ainda é viável estrategicamente. A definição do local a ser instalada uma empresa é diretamente relacionada com as operações logísticas da empresa e,



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

consequentemente, com seu nível de serviço oferecido aos seus clientes (Corrêa & Corrêa, 2017).

O presente estudo, contribuirá nas decisões em nível estratégico da logística da empresa em questão, pois envolverá decisões de planejamento em longo prazo que possibilitarão um ponto de melhor acesso aos diferentes clientes da transportadora. Além disso, o trabalho representará um relato técnico de um estudo de caso para os profissionais da área que pretendem executar estudos parecidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Estratégia de localização

Alinhar as estratégias competitivas com as estratégias da cadeia de suprimentos nas organizações é um desafio cotidiano que vem se tornando cada vez mais complexo devido à globalização e a intensa integração entre as partes interessadas (Prakash, et al., 2015). Há uma necessidade de que se ajuste estas estratégias, pois elas influenciam diretamente no atendimento das expectativas dos clientes.

Percebe-se que uma logística alinhada com uma boa localização geográfica da empresa pode ser uma alternativa estratégica para melhorar os processos e o nível de serviço das organizações em geral. Para complementar, Melo, Nickel & Saldanha-da-Gama (2009) explicam que ao formular um modelo de localização da instalação deve-se incluir o planejamento dos parâmetros da gestão da cadeia de suprimentos. Observa-se que a localização de uma operação afeta a competitividade de uma empresa em relação aos aspectos internos e externos (Corrêa & Corrêa, 2017).

Analisar potenciais locais de instalações envolve um planejamento de longo prazo e por isso, a avaliação desses locais torna-se uma necessidade para a empresa a fim de evitar possíveis problemas ou riscos futuros de forma proativa (Prakash, et al., 2015; Zhang, Huang, & Zhu, 2012). Segundo Zhang *et al.*, (2012), para uma cadeia de suprimentos global, a consideração do risco relacionado à localização de uma instalação é uma questão crítica e ainda nova.

Quanto menor a quantidade de informação corretas, maior será a incerteza de futuro eventos. Diante disso, o ideal é que os riscos associados a uma determinada instalação devem ser identificados, medidos e analisados com metodologias eficazes (Prakash, et al., 2015). Na visão de Ellram, et al., (2013) as organizações estão começando a olhar para suas decisões de locais de fabricação através de uma lente mais ampla, dando mais peso aos problemas da cadeia de suprimentos, bem como aos fatores estratégicos.

De acordo com Daskin (2008), as instalações podem ser qualquer coisa que precise ser localizada, como hospitais, postos de bombeiros, pontos de ônibus, estações de trem, terminais de caminhões, postos de combustível, centros de coleta de sangue, pontos de venda, distritos urbanos, bibliotecas, parques, correios, aeroportos e locais para descarte de resíduos.

Estudos mostram que pesquisas envolvendo localização de instalações podem ser aplicadas em diferentes ambientes tanto no meio industrial quanto no ramo de serviços (e.g. Takebayashi, 2015; Chatterjee & Mukherjee, 2013). Takebayashi (2015) utilizou o modelo de



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

localização de centros intermediários de consolidação e redistribuição de cargas em um ambiente urbano. Chatterjee & Mukherjee (2013) localizaram um hospital na zona rural da Índia. Outro caso parecido foi com Briozo & Musetti (2015) que identificaram o melhor local de instalação de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. Já Yu, Liu, Chang, Ma & Yang (2011) selecionaram um local ideal de um centro de transporte público.

## 2.2 Decisão e critérios de escolha na localização de instalações

A localização de uma instalação não é uma decisão exclusiva de uma empresa que está iniciando suas atividades. Ela pode estar relacionada a outros motivos, como realocar a instalação, ou mesmo expandir as operações da empresa em novas regiões geográficas de determinado país ou em todo o mundo (Ballou, 2009; Bowersox & Closs, 2001).

Sabe-se que decisões estratégicas relacionadas à localização geográfica de instalações de empresas envolvem diferentes critérios. Haja vista o ambiente global incerto, é necessário que os gestores entendam que estes critérios podem mudar ao longo do tempo. Logo, por mais que se tenha uma preocupação com a operabilidade e a lucratividade das instalações por um período prolongado, verifica-se uma necessidade de procurar lugares robustos que se ajustem bem às demandas variáveis (Arabani & Farahani, 2012).

Percebe-se que a busca por novas instalações de organizações pode estar relacionada a diferentes objetivos e dependendo da natureza da instalação a ser localizada, várias funções objetivas podem ser consideradas como minimizar a maior distância da viagem; minimizar o custo operacional anual total; maximizar o serviço; minimizar o tempo médio / distância percorrida; minimizar o número de instalações localizadas, maximizar a capacidade de resposta ou até mesmo evitar a colocação ao lado de instalações perigosas são os mais populares (Farahani, et al., 2019; Arabani & Farahani, 2012).

Vale ressaltar, que pesquisas mostram que certos fatores, tais como políticas comerciais do governo são atraentes e influenciam bastante na decisão de localização (e.g. Mann, 2012; Ellram, et al., 2013). Para Mann (2012), o governo realiza um forte papel de facilitador do comércio e assim, busca meios para tornar suas regiões locais mais atrativas para as empresas. O Tabela 1 apresenta alguns estudos que trazem diferentes aspectos para serem levados em conta na decisão de locais de instalações de organizações.

Tabela 1. Fatores que influenciam na decisão de localização

Autores	Fatores
Yang & Lee (1997)	Acesso a mercados /centros de distribuição, acesso a fornecimentos / recursos, cooperação com a indústria local estabelecida, fatores ambientais, fatores trabalhistas, impostos, infraestrutura de transporte e custo de utilidades.
Romero (2006)	Acessibilidade; disponibilidade e custo de matéria-prima; aspectos físicos geográficos; ocupação urbana; recursos humanos; qualidade de vida; incentivos fiscais e tributários; Governo.
Badri (2007)	Transporte, mão de obra, matéria-prima, mercado, Governo, parque industrial, serviços utilitários e estrutura de impostos.
Arabani & Farahani (2012)	Fatores ambientais e sociais como custo de energia, uso da terra, custo de construção, congestionamento, ruído, qualidade de vida, poluição, crise de combustíveis fósseis e turismo.
Freeman & Styles (2014)	Acesso a fontes de suprimento, agências governamentais, serviços e infraestrutura relacionados à exportação, habilidades de trabalho gerencial e oportunidades de rede.
Silvia, et al., (2017)	Quantidade e qualidade de mão de obra, comunidade, custos, proximidade com o mercado consumidor, facilidade de acesso e infraestrutura.

Fonte: Autores (2019).



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Ao falar de fatores qualitativos, pode-se destacar o método da ponderação de fatores. De acordo com Peinado & Graeml (2007), esse método trabalha com dados qualitativos de locais pré-selecionados, com a proposta de medir e dar valor a dados de natureza subjetiva para permitir a comparação entre as várias alternativas de localização. A relevância do método volta-se para a utilização do julgamento pessoal dos avaliadores no processo decisório de melhor ponto de localização. Portanto, o método consiste em atribuir fatores considerados importantes para decidir sobre a localização de uma empresa, esses fatores são julgados para cada local pré-selecionados.

Do ponto de vista logístico, percebe-se que diferentes análises podem ser observadas para cada fator que interferir diretamente na determinação da localização da instalação. Logo, fazer uma combinação desses fatores é uma conduta correta para atingir o local que melhor atenda às necessidades do empreendimento.

### 2.3 Método do centro de gravidade

O método do Centro de Gravidade, também chamado de método centroide, permite soluções para achar uma localização de uma planta única, terminal, armazém ou mesmo prestador de serviço (Davis, et al., 2001; Ballou, 2009; Slack, et al., 2018).

Slack, et al. (2018) explica que esse método é baseado nos custos de transporte entre origens e destinos para determinada localização. O ponto escolhido será o que minimizará os custos e é representada pelo o centro de gravidade ponderado dos locais de origem e destino para onde os bens são transportados (Ballou, 2009).

Um dos fatores de suma importância relacionada aos custos de transportes e que deve ser analisado são as taxas. À medida que aumenta a distância percorrida, as taxas de transporte tendem a diminuir (Hoover, 1957 *apud* Ballou, 2009). Ao buscar a minimização das taxas de transporte, uma instalação localizada entre uma fonte de matérias-primas e um ponto de mercado obterá um custo mínimo de transporte em um destes dois pontos, pois os custos de transportes será a força de localização dominante (Hoover, 1957 *apud* Ballou, 2009).

Segundo Ballou (2009), para encontrar a minimização do custo total de transporte (MinTC), deve-se somar os produtos entre o volume de carga transportada ( $V_i$ ), o custo unitário de transporte ( $R_i$ ) e a distância percorrida ( $d_i$ ) de acordo com a equação 1. O  $d_i$  da distância é estimado através da equação 2 e  $K$  representa o fator de escala para converter a unidade de um índice coordenado a uma medida mais comum de distância.

$$\text{MinTC} = \sum_i V_i R_i d_i \quad (1) \quad d_i = K \sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

O método proposto por Ballou (2009) para encontrar a localização ideal envolve sete etapas. A primeira etapa consiste em determinar as coordenadas  $X_i$ ,  $Y_i$  para cada ponto de fonte e de demanda, os volumes e os custos unitários de transporte para todo ponto do mercado local. Para a segunda etapa deve-se calcular a localização do baricentro local ( $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ) por meio das equações 3 e 4.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (3) \quad \bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (4)$$

Para a terceira etapa, deve-se calcular o  $d_i$  mostrado na equação 2 a partir do  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$  encontrados nas equações 3 e 4. Na quarta etapa deve-se substituir  $d_i$  nas equações de  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$ , e reescrever as mesmas para as coordenadas  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$  revisadas. Em seguida, na quinta etapa, deve-se recalculá-lo com base nas coordenadas  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$  revisadas. A sexta etapa consiste em repetir as etapas descritas no passo 4 e 5 até que as coordenadas  $\bar{X}$  e  $\bar{Y}$  não mudem por sucessivas interações. O método é finalizado ao calcular o custo total para a melhor localização utilizando a equação 1 (Ballou, 2009).

A aplicação do método do centro de gravidade pode ser observada em diferentes setores na literatura desde industriais como em serviços. Oi, Nogueira, Silva, Fontebasso & Khali (2017) aplicou o método do centro de gravidade para determinar a localização de um CD de uma empresa distribuidora de medicamentos e materiais hospitalares.

Rosa, Abreu & Pedroza (2016) aplicaram o método do centro de gravidade para analisar a melhor localização de um centro de distribuição de materiais de uma concessionária de energia. Os resultados de seus estudos acharam uma região na qual poderia atender os depósitos regionais com maior qualidade, pois a demora na entrega dos materiais utilizados em unidades regionais causa atraso no restabelecimento das redes de distribuição de energia elétrica ou no atendimento de novas instalações, tanto residenciais como industriais.

Peinado & Graeml (2007) salientam do cuidado ao escolher esta metodologia. Para os autores é importante lembrar que, para a tomada de decisões na qual envolvem decisão de localização, é aconselhável o uso de mais de um método de avaliação, para permitir uma análise abrangente e profunda das alternativas. Ellram & Petersen (2013) e Sato (2002) compartilham do pensamento de que apesar da importância de uma análise econômica, cada vez mais a redução de custos não é considerada isoladamente para determinar onde a instalação deve ser localizada. Percebe-se que os problemas de localização das instalações são resolvidos principalmente usando várias técnicas quantitativas e qualitativas de pesquisa em operações, ciência de gerenciamento e gerenciamento de operações (Farahani, et al., 2019).

### 3 MÉTODOS

A fim de atingir os objetivos propostos, este estudo foi dividido em três etapas metodológicas: (i) coleta de dados, (ii) aplicação do Método do Centro de Gravidade proposto por Ballou (2009) e (iii) aplicação do Método da Ponderação dos Fatores proposto por Peinado & Graeml (2007).

Em relação à coleta de dados, iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica para coletar informações na literatura sobre fatores que influenciam na decisão de localização de empresas em um modo geral. Em seguida, realizou-se uma pesquisa documental em uma empresa transportadora de cargas na qual o estudo foi aplicado a fim de coletar dados tanto da empresa, quanto de seus clientes. Por último, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os gestores sócios dessa mesma empresa. O período em que se realizou essa coleta foi entre os meses de abril a julho de 2019.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Para viabilizar a aplicação do Método do Centro de Gravidade, segunda etapa do estudo, foram coletadas informações de volume transportado, frete, coordenadas geográficas e distâncias referentes a julho de 2018 a junho de 2019 para os principais clientes da empresa em estudo e seus destinos. Dessa maneira, apurou-se informações de 17 clientes da empresa presentes em 12 localizações diferentes e informações de 127 cidades destinos diferentes espalhados entre 9 estados brasileiros mais o Distrito Federal. Dessa maneira, para o Método do Centro de Gravidade foram utilizados dados quantitativos para achar as melhores localizações.

Por fim, na terceira etapa do estudo aplicou-se o Método da Ponderação dos fatores no qual utilizaram-se os critérios qualitativos para avaliar algumas opções de pontos de localização selecionadas. Decorrentes do julgamento dos gestores da empresa em estudo, foram estimados pesos para cada critério qualitativo, onde variou de zero a 10. Em seguida, pôde-se classificar as localizações encontradas ao avaliá-las de acordo com os pesos de cada critério. As localizações que foram avaliadas qualitativamente são uma aproximação de 5 pontos distintos determinados pelo Método do Centro de Gravidade. Esses pontos possuíam uma distância considerável entre si.

Para ajudar no tratamento dos dados coletados as informações foram organizadas e tabuladas em planilhas com o uso do *software* Microsoft Excel©. Por meio dele foram realizados os cálculos necessários para o estudo, bem como a utilização de gráficos, funções matemáticas e fórmulas.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da Empresa

A empresa que serviu como objeto de estudo é uma transportadora de cargas cujo ramo de atuação é o transporte rodoviário. Está localizada na Região Metropolitana de Fortaleza-CE, possui 21 anos de atividade.

O fluxo do processo operacional baseia-se resumidamente em buscar a mercadoria no cliente e distribuir nas localidades destinadas (pessoa física ou jurídica). Para isso, hoje, a empresa atua em 144 localizações diferentes, locais referentes a clientes e destinatários de mercadorias.

Em relação ao contexto da problematização, por meio de entrevistas semiestruturadas, foi possível coletar informações sobre as qualidades e queixas dos gestores sobre a localização da empresa. O local da instalação atual possui aspectos positivos, pois é próxima de seus principais fornecedores e clientes. Para os gestores, estes fatores são muito importantes para a diminuição de seus custos e no tempo de entrega.

O problema principal enfrentado pela empresa hoje é o seu espaço onde ficam estacionados os veículos. O local onde a empresa é instalada é o mesmo desde sua fundação, e, com o passar dos anos, a frota de caminhões aumentou e o pátio de estacionamento tornou-se pequeno diante da quantidade. O pátio onde os carros ficam estacionados possui cerca 1800 m<sup>2</sup>. Segundo os gestores, sempre ficam mais de dez carretas estacionadas do lado de fora ou em



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

empresas parceiras. Outra queixa relatada é devido ao acesso da rua da empresa que é ruim. Ela é estreita para a passagem dos caminhões.

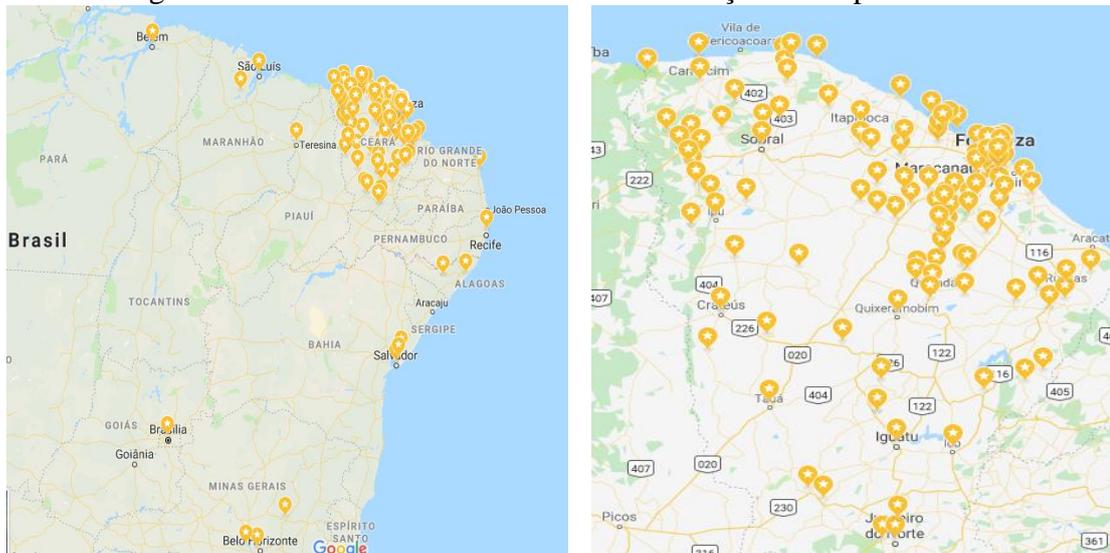
Diante disso, os gestores desejam reavaliar sua localização atual a fim de encontrar um local que permita a transportadora tornar-se mais competitiva e com custos menores.

#### 4.2 Aplicação do método do centro de gravidade

Iniciou-se o estudo com a identificação dos 17 clientes que a empresa realiza transporte de carga e seus 127 destinatários. A partir dessa coleta, trabalhou-se com um total de 144 pontos de localizações diferentes. Essas localizações foram plotadas no *Google Maps*® a fim de obter as coordenadas geográficas  $X_i$  e  $Y_i$ . Para facilitar, considerou-se o centro da cidade para pontos inseridos no mesmo município. Além disso, apuraram-se todas as distâncias de cada ponto em relação à atual localização da empresa transportadora.

Por meio da Figura 1, é possível observar todos os pontos plotados no mapa do Brasil. À esquerda da figura tem-se uma visão ampliada na qual mostra a distribuição dos mercados em diferentes estados e à direita tem-se uma visão focada. Apesar da empresa atuar em 9 estados brasileiros mais o Distrito Federal, percebe-se que o estado do Ceará possui o maior mercado, pois concentra uma quantidade de 115 pontos.

Figura 1. Visão holística dos mercados de atuação da empresa.



Fonte: *Google Maps*® (2019).

Em seguida, coletaram-se os valores anuais referentes ao volume de carga transportada para cada mercado e determinou-se a taxa de transporte (R) de cada uma, respectivamente. Para a determinação da taxa de transporte (R), foram considerados os fretes para as cidades destinos, pois os custos de transporte estão inseridos na formulação do preço de modo proporcional ao mesmo. Desse modo, não houve prejuízo para a veracidade da localização final.

Para determinar a taxa de transporte, utilizou-se a tabela frete fornecida pela empresa e a soma do volume (kg) total transportado para todas as entregas referente ao último ano.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Posteriormente, dividiu-se o preço do frete pelo produto do somatório do volume e da distância real da empresa às cidades destinos. A Tabela 2 demonstra esse cálculo.

Tabela 2. Demonstração do cálculo da taxa com base no frete tipo distância

Cidade Destino	Volume (kg)	Valor do frete (R\$)	Distância (km)	Taxa (R\$/Kg*Km)
Caucaia	956.198,35	103.521,12	33,4	0,0032414
Itapipoca	50.544,56	15.031,02	149,0	0,0019958
Horizonte	94.429,19	16.678,64	33,1	0,0053361

Fonte: Autores (2019).

Após serem determinadas as taxas de entrega para todos os 127 mercados, foi calculado a localização do baricentro local ( $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ) a partir das equações 3 e 4 apresentadas no referencial teórico. A Tabela 3 representa um exemplo da aplicação com três cidades da metodologia adotada por Ballou (2009) a partir dos valores das coordenadas (X, Y), volume (V) e taxa (R). O mesmo procedimento foi aplicado para o restante dos pontos.

Tabela 3. Demonstração do cálculo inicial do baricentro local

Cidade destino	Coordenadas		V*R	V*R*X	V*R*Y
	X	Y			
Acarape	-4,221000	-38,704441	2,687279	-11,343	-104,01
Acaraú	-2,891845	-40,120786	6,388745	-18,4753	-256,321
Acopiara	-6,089468	-39,448567	1,920294	-11,6936	-75,7529

Fonte: Autores (2019).

Conforme o passo a passo mostrado na Tabela 3, os valores iniciais de baricentro encontrados foram  $\bar{X} = -3,8777229$  e  $\bar{Y} = -38,5207822$ . Estes valores foram essenciais para o início da estimação do valor da distância (d) utilizada para mensuração do custo total da nova coordenada geográfica. A Tabela 4 apresenta um exemplo de como os cálculos foram realizados.

Tabela 4. Demonstração do cálculo do baricentro

$\Sigma(V*R)$	$\Sigma(V*R*X)$	$\Sigma(V*R*Y)$	$\frac{\Sigma(V*R*X)}{\Sigma(V*R)}$	$\frac{\Sigma(V*R*Y)}{\Sigma(V*R)}$
238275,59	-923966,7117	-9178562	-3,8777229	-38,520782

Fonte: Autores (2019).

Após a determinação de todos os dados necessários à solução do estudo, foi possível localizar o 1º ponto: -3,877722936; -38,52078220. Com esse resultado, utilizou-se o número k = 111,319 como fator de escala para converter uma unidade de coordenada a uma unidade de quilômetros e, posteriormente, encontram-se novas coordenadas.

Repetiu-se o procedimento descrito 30 vezes, até a conversão a um ponto em que continuar o cálculo não fosse mais proveitoso. Observa-se que a diferença entre os custos tende a diminuir à medida que se aumenta o número de interações. Além disso, as coordenadas tendem a se aproximarem e não mudarem tanto no final. Conclui-se que através da aplicação do método



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

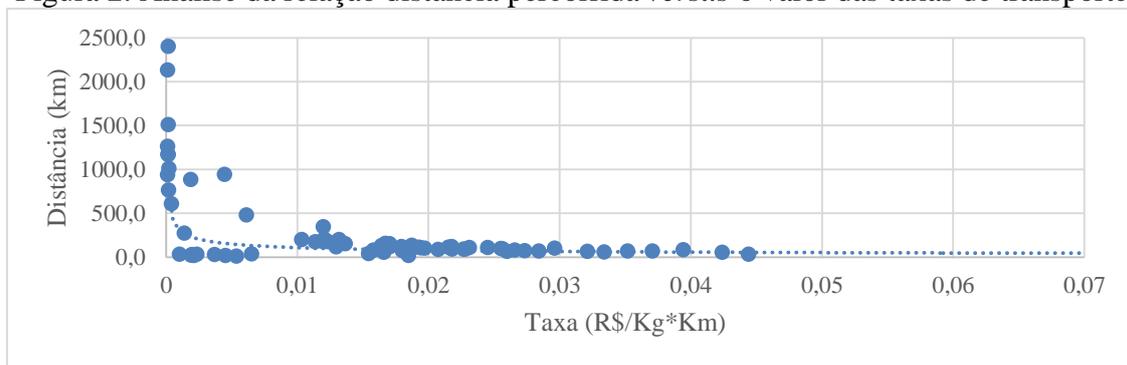
do centro de gravidade, a nova localização proposta para a empresa possui as seguintes coordenadas:  $X = -3,880951102$  e  $Y = -38,46410936$ .

Esse novo posicionamento representa R\$ 3.099.566,77 de custos de transporte, enquanto o atual valor é de R\$ 3.186.777,01. Dessa maneira, percebe-se uma redução de R\$ 87.210,24 ao comparar o ponto ideal e a localização atual. Desta maneira, este valor poderia viabilizar o investimento com a mudança de posição, com retorno em poucos períodos.

Após a realização do método, observou-se que o ponto calculado como ideal dista apenas 11,6 km da atual localidade. Ao mostrar o resultado para os gestores da empresa, eles consideraram a proximidade como uma vantagem, pois uma futura mudança não causaria tantos transtornos para os funcionários e nem uma alta despesa com a transferência da instalação.

Outra análise constatada foi em relação às taxas de transporte. Na Figura 2, foram inseridas as cidades que trabalham com a modalidade de frete à distância e as suas respectivas taxas.

Figura 2. Análise da relação distância percorrida *versus* o valor das taxas de transporte



Fonte: Autores (2019).

Segundo Hoover (1957, *apud* Ballou, 2009), as taxas de transporte sofrem influência da distância. Confirmando o autor supracitado, observa-se que à medida que a distância entre as cidades e o local da instalação aumenta, a taxa referente às mesmas diminui. Ballou (2009) explica que para minimizar os custos de transporte de entrada mais saída nos quais eles são a força de localização dominante, uma instalação localizada entre uma fonte de matérias-primas e um ponto de mercado de mercado encontrará um custo mínimo de transporte entre um desses dois pontos.

Na seção a seguir será apresentada a terceira etapa do trabalho através da aplicação do método de ponderação dos fatores.

### 4.3 Aplicação do método de ponderação dos fatores

Assim, com a finalidade de complementar o estudo quantitativo realizado através do Método do Ponto de Gravidade, aplicou-se o Método da Ponderação dos Fatores.

Para iniciar o método qualitativo, apresentou-se para os gestores da empresa uma lista de diferentes fatores que foram coletados através de uma pesquisa bibliográfica. Dessa maneira, os fatores relevantes para a decisão de instalação no estudo foram determinados através de



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

uma pergunta direta aos sócios da empresa em estudo. A questão imposta foi: “Quais os fatores que você considera relevante quando irá se decidir um local para instalar sua empresa?”. Posteriormente houve um filtro dos fatores mais importantes e assim, selecionaram-se os seguintes seis atributos: i) proximidade dos fornecedores; ii) proximidade dos destinos; iii) acesso às principais rodovias; iv) oferta de energia elétrica; v) qualidade de vida e vi) incentivos fiscais.

Atribuíram-se pesos de importância para cada um deles, segundo consenso dos entrevistados. Na Tabela 5, seguem os fatores e os seus respectivos pesos como também a classificação feita pelos gestores com notas variando de 1 a 10 do atual local de instalação da empresa segundo os critérios anteriormente selecionados. Conforme mostra a tabela os fatores mais agravantes são relacionados à falta de incentivos fiscais e a qualidade de oferta de energia elétrica.

Tabela 5. Lista dos principais fatores que influenciam na escolha de localizações

Fator	Peso	Nota
Proximidade dos fornecedores	9	9
Proximidade dos destinos	7	8
Acesso às principais rodovias	9	9
Oferta de energia elétrica	9	9
Qualidade de vida	8	9
Incentivos Fiscais	9	3

Fonte: Autores (2019).

Ao perguntar sobre o fator proximidade dos fornecedores, os gestores consideraram um peso de grau 8. Os entrevistados explicaram que 10 dos seus 17 clientes localizam-se na mesma cidade da empresa ou em sua região metropolitana. Além disso, explicou-se que estes fornecedores próximos representam mais de 95% do volume total de carga transportada pela empresa. A Tabela 6 apresenta um exemplo da relação do volume transportado e as cidades dos seus clientes.

Tabela 6 - Relação de volume de carga transportada em cada cidade

Cidade	Volume de carga (%)	Cidade	Volume de carga (%)
Maracanaú - CE	42,30%	Ascensão – MG	99,89%
Eusébio – CE	83,31%	Brasília – DF	99,92%
Fortaleza - CE	95,52%	Olinda – PE	99,95%
Salvador - BA	99,78%	Natal – RN	99,98%
Belém - PA	99,85%	Mata de São João – BA	100,00%

Fonte: Autores (2019).

Na segunda pergunta, foi indagado sobre a proximidade dos destinos. Os entrevistados responderam que consideram boa, pois mesmo que sejam muitos, a maioria está localizada no estado do Ceará. Sobre o acesso às principais rodovias, terceira pergunta, explicou-se que a empresa é localizada próxima a uma BR que liga a diferentes regiões e facilita bastante as entregas.

Em relação à qualidade de vida, os gestores explicaram que como a localização atual da empresa é na capital do Ceará, os funcionários em geral possuem uma boa qualidade de vida.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Em contrapartida, está localização dificulta os incentivos fiscais de maneira geral que a favorecem. Por fim, sobre as perguntas de análise de qualidade de energia os entrevistados disseram que era boa. O mais agravante é quando influencia na internet, pois dependem dela para o sistema online da empresa funcionar. Especificamente em relação à internet, um dos gestores explicou ainda que se faz necessário ter duas operadoras de internet na empresa para garantir uma reserva caso alguma falhe.

Após os gestores explicarem sobre a atual localização, foram selecionadas 4 localizações diferentes oriundas de uma aproximação de 4 pontos determinados pelo método do centro de gravidade para serem avaliados qualitativamente. Na Tabela 7, seguem as coordenadas e custos desses pontos selecionados. Além disso, foi inserido o ponto da localização atual da empresa para facilitar a comparação entre as opções. Ressalta-se que se omitiu as coordenadas dela para preservar sua imagem.

Tabela 7. Relação de coordenadas e custos das opções de localização

Ponto	X	Y	Custos
1º ponto	-3,877722936	-38,52078220	R\$ 3.425.072,32
10º ponto	-3,867120737	-38,4759882	R\$ 3.111.534,45
20º ponto	-3,8765552	-38,4680802	R\$ 3.102.781,86
30º ponto	-3,880951102	-38,4641094	R\$ 3.099.566,77
Localização atual	-	-	R\$ 3.186.777,01

Fonte: Autores (2019).

Cabe ressaltar que o estudo dos fatores nos locais específicos analisados foi realizado através de imagens do Google Maps<sup>®</sup> e pesquisas na internet. Para cada fator foi atribuído critérios de avaliação. No fator proximidade dos fornecedores, analisou-se a distância entre o ponto e os principais clientes. No fator proximidade dos destinos, observou-se a distância entre os destinos de entrega da carga. Os avaliadores consideraram um fator de menor importância devido à grande variedade de destinos e o baixo impacto de pontos pouco distantes entre si. A oferta de energia elétrica e o incentivo fiscal foram analisados segundo o nível industrial da região. A qualidade de vida foi observada pelo nível de desenvolvimento da cidade e da proximidade do ponto analisado com a área urbana.

Para suporte à avaliação, informações sobre a cidade e imagens foram apresentadas aos avaliadores para a atribuição das notas. Segue na Tabela 8, a avaliação e a nota ponderada de cada local analisado.

Tabela 8. Notas ponderadas das opções de localização.

Fator	Peso	Nota				
		1º Ponto	10º Ponto	20º Ponto	30º Ponto	Localização atual
Proximidade dos fornecedores	9	8	9	7	7	9
Proximidade dos destinos	7	7	8	8	8	8
Acesso às principais rodovias	9	9	9	8	8	9
Oferta de energia elétrica	9	7	7	8	8	9
Qualidade de vida	8	5	8	8	8	9
Incentivos Fiscais	9	7	7	7	7	3
Nota Ponderada		7,21	8,00	7,64	7,64	7,80

Fonte: Autores (2019).



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 8, verifica-se que, segundo o método da Ponderação Qualitativa, a melhor localização é aquela que apresenta a mais elevada nota ponderada, portanto o 10º ponto foi o escolhido, pois sua pontuação foi de 8,00. Este resultado mostrou que o método é favorável, pois houve uma diferença positiva de 0,20 pontos em relação à localização atual da empresa.

#### 4.3.1 Discussão do método de ponderação qualitativa x método do centro de gravidade

A comparação entre os dois métodos permitiu analisar as alternativas dos possíveis locais para a instalação da empresa com base nos custos totais e nos fatores qualitativos referentes a esses pontos. A Tabela 9 a seguir mostra os custos e as notas ponderadas de cada uma das opções.

Tabela 9. Relação de custos e notas de avaliação das localizações selecionadas.

Localizações selecionadas					
	1º Ponto	10º Ponto	20º Ponto	30º Ponto	Localização atual
<b>Custos</b>	R\$ 3.425.072,32	R\$ 3.111.534,45	R\$ 3.102.781,86	R\$ 3.099.566,77	R\$ 3.186.777,01
<b>Nota</b>	7,21	8,00	7,64	7,64	7,80

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Desse modo, puderam-se comparar os locais por seu custo-benefício e presumir que a melhor localidade para instalação da transportadora seria o 10º ponto, opinião compartilhada dos avaliadores.

Apesar de não ser o local com o menor custo, o ponto escolhido satisfaz os gestores, pelo fato da facilidade de acesso às principais rodovias que são rotas dos caminhões tanto para irem os clientes como aos fornecedores. Outro fator importante foi a proximidade de seus maiores clientes. Vale salientar que estes dois critérios já eram satisfatórios na localização atual da empresa e mantê-los era uma das exigências dos gestores.

O ponto 1 não foi escolhido por causa dos seus altos custos e sua nota ponderada em relação aos critérios qualitativos foi a mais baixa. Já os pontos 20 e 30 distam poucos quilômetros entre si e não foram escolhidos mesmo com os resultados de menores custos e notas ponderadas parecidas com o ponto escolhido. As localizações desses dois pontos são em regiões domiciliares e este fato não agradou os gestores.

Em consequência disso, preferiu-se escolher o ponto 10 devido a sua região ser mais próxima da área industrial. O novo local selecionado para a instalação possui mais vantagens relacionadas a incentivos fiscais. Este achado vai de acordo com os estudos de Mann (2012) no qual explica que o governo busca meios para tornar suas regiões locais mais atrativas para as empresas. Além disso, o local escolhido é próximo de seus principais clientes, o que beneficiará na diminuição das taxas de transporte conforme explica Ballou (2009).

A análise das opções de localização mostrou o quanto é importante verificar cada alternativa em diferentes aspectos. Isso foi alinhado com o que Prakash, et al., (2015) explicam que devem-se identificar, medir e analisar com metodologias eficazes os riscos associados a cada alternativa para instalação de uma determinada instalação.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Ademais, os resultados encontrados vão de acordo com a proposta de Peinado e Graeml (2007) e Souza, et al., (2015) na qual explicam que a utilização de mais de um método para a escolha de uma localização permite uma análise abrangente e profunda das alternativas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreende-se que alinhar as estratégias competitivas com os objetivos das organizações é um grande desafio para as empresas. Determinadas decisões estratégicas de longo prazo podem influenciar tanto na competitividade como no nível de qualidade dos processos e serviços. Por esse motivo, devem ser cuidadosamente estudadas, pois impactarão no futuro das organizações.

A presente pesquisa representou um relato técnico de estudo de caso, no qual se propôs selecionar uma nova localização geográfica, por meio de aplicações matemáticas, para a instalação de uma transportadora rodoviária de cargas. Este objetivo foi alcançado e a metodologia empregada mostrou como o serviço logístico de transporte de carga alinhado a uma boa decisão de localização geográfica da empresa pode ser uma alternativa estratégica para melhorar os processos e o nível de serviço das organizações em geral.

Para atingir o primeiro objetivo específico, analisaram-se, segundo os custos, possíveis locais de instalações geográficas para a empresa. Para isso, utilizou-se a aplicação do Método do Centro de Gravidade. A aplicação matemática possibilitou selecionar 30 novos pontos de localizações geográficas para instalação da empresa. Selecionaram-se quatro pontos com custos menores do que a atual localização para servir de base para uma posterior análise qualitativa.

Prosseguindo os resultados encontrados, por meio de entrevistas com os gestores da empresa estudada foram selecionados seis critérios qualitativos considerados importantes nas decisões de localização: i) proximidade dos fornecedores; ii) proximidade dos destinos; iii) acesso às principais rodovias; iv) oferta de energia elétrica; v) qualidade de vida e vi) incentivos fiscais. O segundo objetivo específico foi realizado ao entender como esses fatores qualitativos podem influenciar de diferentes formas e intensidades na escolha de uma melhor localização.

De acordo com o objetivo geral do estudo, foi proposto uma nova localização geográfica para a instalação de uma transportadora rodoviária de cargas. O ponto ideal acarretou uma diminuição dos custos anuais de R\$ 75.242, 56 em relação à atual localização da empresa. O resultado encontrado mostrou que, além dos custos, fatores como a proximidade dos fornecedores e incentivos fiscais são critérios decisivos que para a escolha da localização da transportadora. Ressalta-se que o ponto geográfico escolhido não foi o que apresentou menor valor de custo, mas sim o que satisfaz tanto os custos como os critérios qualitativos.

Além disso, a pesquisa permitiu constatar que a relação entre as taxas de transporte e as distâncias percorridas se dá de modo inverso. Ou seja, à medida que aumenta a distância percorrida entre as cidades, a taxa de transporte diminui.

Sabe-se que o local ideal para a nova instalação deveria ser próximo a fontes de matéria-prima. Diante disso, permitiu-se verificar que o local escolhido ficou próximo aos clientes da



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

empresa responsáveis pelo transporte do maior volume de carga. Logo, isto será um benefício para a diminuição das taxas de transportes. Esse fator foi considerado importante para a empresas, pois implicará na diminuição dos custos em geral.

Portanto, este trabalho mostrou que estudos de localizações geográficas podem ser embasados na união de fatores quantitativos e qualitativos, auxiliados por modelos matemáticos, o que contribui para a diminuição das limitações dos métodos quando utilizados separadamente. A união do método do centro a gravidade com o método da ponderação dos fatores possibilitou apoiar uma decisão mais assertiva, com o envolvimento de diferentes aspectos, como econômicos, sociais e estruturais, que foram cuidadosamente avaliados.

Embora os objetivos deste trabalho tenham sido atingidos, devem-se reconhecer algumas limitações, como a dificuldade na coleta dados, visto que a empresa utiliza dois *softwares*, de acordo com o cliente. Diante do exposto, sugere-se para pesquisas futuras, a continuação do estudo para verificar os resultados após a mudança do local, a fim de comparar tais resultados com os obtidos através do estudo, além de analisar se a nova instalação possibilitará novos mercados. Espera-se que o estudo sirva de incentivo e sugestão para a aplicação da abordagem proposta em outras empresas.

## REFERÊNCIAS

Arabani, A. B., & Farahani, R. Z. (2012). Facility location dynamics: An overview of classifications and applications. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 408-420. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.09.018>.

Badri, M. A. (2007). Dimensions of Industrial Location Factors: Review and Exploration. *Journal of Business and Public Affairs*, 1(2), 1-26. Retrieved from [https://pdfs.semanticscholar.org/5ae8/c9e37ba27fca0a7c2e7d8c0fc14a733d8d07.pdf?\\_ga=2.215908116.2096985228.1571085809-142310710.1570676953](https://pdfs.semanticscholar.org/5ae8/c9e37ba27fca0a7c2e7d8c0fc14a733d8d07.pdf?_ga=2.215908116.2096985228.1571085809-142310710.1570676953).

Ballou, R. H. (2009). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Planejamento, Organização e Logística Empresarial*. (5a ed.) Porto Alegre: Bookman.

Bowersox, D. J.; & Closs, D. J. (2001). *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos*. (1a ed.) São Paulo: Atlas.

Briozo, R. A., & Musetti, M. A. (2015). Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h. *Gestão da Produção*, 22(4), 805-819. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X975-13>.

Campos, V. R., & Almeida, A. T. (2006). Modelo multicritério de decisão para localização de Nova Jaguaribara com VIP analysis. *Pesquisa Operacional*, 26(1), 91-107. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382006000100005>.

Chatterjee, D., & Mukherjee, B. (2013). Potential hospital location selection using fuzzy-AHP: an empirical study in Rural India. *International Journal of Innovative Technology and Research*, 1(4), 304-314. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/b96d/5cf3e0599c5d0dbed32d08ef1a276f730e68.pdf>.

Corrêa, H. L., & Corrêa, C. A. (2017). *Administração de produção e operações*. (3a ed.). São Paulo: Atlas.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics*, 55(4), 283–294. <https://doi.org/10.1002/nav.20284>.

Davis, M. M., Aquilano, N. J., & Chase, R. B. (2001). *Fundamentos da Administração da Produção*. (3a ed.). Porto Alegre: Bookman.

Ellram, L. M., Tate, W. L., & Petersen, K. J. (2013). Offshoring and Reshoring: An Update on the Manufacturing Location Decision. *Journal of Supply Chain Management*, 49(2), 14-22. <https://doi.org/10.1111/jscm.12019>.

Farahani, R. Z., Fallah, S., Ruiz, R., Hosseini, S., & Asgari, N. (2019). OR models in urban service facility location: A critical review of applications and future developments. *European Journal of Operational Research*, 276(1), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.07.036>.

Freeman, J., & Styles, C. (2014). "Does location matter to export performance?". *International Marketing Review*, 31(2), 181-208. <https://doi.org/10.1108/IMR-02-2013-0039>.

Malhotra, N. (2001). *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. (6a ed.) Porto Alegre: Bookman.

Mann, C. (2012). Supply chain logistics, trade facilitation and international trade: A macroeconomic policy view. *Journal of Supply Chain Management*, 48(3), 7–14. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2012.03270.x>

Melo, M.T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management – a review. *European Journal of Operational Research*, 196(2), 401-412. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.007>.

Owen, S.H., & Daskin, M.S. (1998). Strategic facility location: a review. *European Journal of Operational Research*, 111(3), 423-447. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00186-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00186-6).

Oi, R. K, Nogueira, D. A. C, Silva, P. H. O, Fontebasso, J, & Khalil, R. F. (2017, outubro). Aplicação do método do centro de gravidade para localização do CD de uma empresa de distribuição de medicamentos e materiais hospitalares. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Joinville, SC, Brasil, 37.

Peinaldo, J., & Graeml, R. A. (2007). *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. (1a ed.). UnicenP: Curitiba.

Prakash, S.; Soni, G., & Rathore, A. P. S. (2015). A grey based approach for assessment of risk associated with facility location in global supply chain. *Grey Systems: Theory and Application*, 5(3), 419–436. <https://doi.org/10.1108/GS-12-2014-0059>.

Romero, B. C. (2006). *Análise da localização de plataformas logísticas: aplicação ao caso ETSP – Entrepósito Terminal de São Paulo – da CEA – GESP*. (Dissertação de mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Recuperado de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-04092006-175748/pt-br.php>.

Rosa, I.; Abreu, I., & Pedrozo, I. (2016). Avaliação da localização do centro de distribuição da empresa aes sul distribuidora gaúcha de energia em relação aos depósitos regionais. *Revista de Administração*. Santa Maria, 9(3), 356-371, 2016. <https://doi.org/10.5902/19834659.15358>.

Sato, F. R. L. (2002). Problemas e métodos decisórios de localização de empresas. *RAE-eletrônica*, 1(2), 1 – 13. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-56482002000200011>.



Citação (APA): Pereira, N. de S., Souza, F. J. S. de, David, C. C., & Farias Junior, L. R. (2019). Aplicação dos métodos centro de gravidade e ponderação dos fatores: estudo de caso em uma empresa transportadora de cargas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(5), 100-116.

Silva, E. L., & Menezes, E. M. (2005). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. (4a ed.) Revista Atual: Florianópolis.

Silvia, S. A., Lima, G. P.; Gontijo, T. S., & Rodrigues, A. C. (2017). Determinantes da produção industrial brasileira no período: 2008 – 2016. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Brasil*, (Brasil 2017). Retrieved from: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/17/produccion.html>.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2018). *Administração da Produção*. (8a. Ed.). Atlas: São Paulo.

Sousa, B., & Vasconcelos, S. (2018). Branding territorial e o papel da imagem no comportamento do consumidor em turismo: O caso de Arouca. *European Journal of Applied Business Management*, edição especial, 38.

Souza, F. J. S., Pereira, N. S., & Pontes, H. L. J. (2015, outubro). Aplicação do método do centro de gravidade para decisão de localização de uma transportadora rodoviária de cargas. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Fortaleza, Ce, Brasil, 35.

Takebayashi, F. (2015). *Um modelo de localização-roteirização de instalações de transferência para distribuição de carga urbana baseado no método de cluster-first route-second*. (Dissertação de mestrado). Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Recuperado de [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-16112015-113249/publico/Dissertacao\\_Fabiana.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-16112015-113249/publico/Dissertacao_Fabiana.pdf).

Vergara, S. C. (2014). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. (15a ed.) São Paulo: Atlas.

Yang, J., & Lee, H. (1997). An AHP decision model for facility location. *Facilities*, 15(9), 241-254. <https://doi.org/10.1108/02632779710178785>.

Yu, J., Liu, Y., Chang, G.-L., Ma, W., & Yang, X. (2011). Locating urban transit hubs: multicriteria model and case study in China. *Journal of Transportation Engineering*, 137(12), 944-952. [https://doi:10.1061/\(asce\)te.1943-5436.0000275](https://doi:10.1061/(asce)te.1943-5436.0000275).

Zhang, M., Huang, J., & Zhu, J. (2012). Reliable facility location problem considering facility failure scenarios. *Kybernetes*, 41(10), 1440-1461. <https://doi.org/10.1108/03684921211276666>.

