A utilização do método do centro de gravidade para determinação da localização de um centro de distribuição

Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira[1]; 0000-0002-6580-7687
Joanna Jordão Reis[1]; 0000-0002-4496-6304
Thaynara Lobato Fontana[1]; 0009-0009-6114-5696
Sérgio Ricardo Bastos de Mello[1]; 0000-0002-4468-5879
Sirlei Aparecida de Oliveira Bubnoff[1]; 0000-0002-5064-5742
Julia Oliveira e Silva[2]; 0009-0008-7642-9950
Henrique Nilton Fernandes de Araujo[1]; 0000-0001-9693-7874
Julia Cardoso Landim[1]; 0000-0002-9651-7076

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
janaina.oliveira@foa.org.br

2 – UNC, University of North Carolina, Charlote, USA.

Resumo: A localização de um centro de distribuição é de suma importância para uma resposta eficiente ao consumidor, principalmente quando a empresa utiliza uma gestão de Franchising. Isso impõe que seja realizado um estudo estratégico pelo método de localização conhecido como centro de gravidade, que considera além da demanda e dos custos de transporte, a localização das lojas franquiadas já existentes, para assim encontrar o melhor ponto para instalação de um centro de distribuição, gerando resultados que podem estimular a expansão da estratégia. Apesar de enquadrado como um método simples, pode gerar um grande desafio logístico pois o custo de aplicação na grande maioria das vezes pode ser elevado e a localização do estudo pode se encontrar em lugares distantes e/ou de difícil acesso. Porém o resultado é de grande valia considerando o fornecimento de uma alternativa de redução de custos e melhoria da cadeia logística. Este estudo tem como objetivo determinar a melhor localização do centro de distribuição para um grupo de calçados e acessórios femininos que dispõe de lojas próprias e franqueadas na Região Nordeste do Brasil. Foi adotada a metodologia do centro de gravidade para determinar a sua localização e assegurar abastecimento dos produtos para o atendimento dos clientes da região. A empresa matriz disponibilizou os dados de localização e demanda de suas lojas próprias e franqueadas na região para os cálculos pertinentes. Definiu-se a localização do centro de distribuição na divisa dos estados nordestinos, Pernambuco e Alagoas.

Palavras-chave: Logística. Localização. Transporte.

INTRODUÇÃO

Os métodos de estratégia de distribuição física e logística tem como objetivo sempre garantir que o produto seja distribuído de forma adequada e em quantidades ideais, visando sempre manter a qualidade do serviço e a sua produção em constante funcionamento, otimizando também a redução de custos para a empresa.

Segundo BALLOU (2007), o método de distribuição física trata-se da movimentação, processamento de pedidos dos produtos já finalizados e da estocagem dos mesmos. Para isso é necessário realizar sempre um bom planejamento visando garantir a disponibilidade dos produtos mais solicitados pelo público-alvo à um custo condizente com a realidade desses clientes.

A logística pode ser considerada como a essência de uma empresa, por contribuir em um constante aumento na eficácia da gestão das atividades empresariais e por ser responsável pela conexão entre os próprios locais de produção e os mercados/clientes separados pela distância e pelo tempo, tornando assim a empresa que utiliza este conceito e suas ferramentas uma forte concorrente no mercado atual (POZO, 2019). Ela se encontra no cenário atual atrelada a alta competitividade e custo empresarial, principalmente no ramo modal. No Brasil o que se gasta com atividades logísticas está entre 17% do PIB, levando em consideração de que esses gastos realizados com transportes chegam à 10% do PIB, sendo o transporte responsável por 60% destes custos.

O método de localização de centro de gravidade é utilizado para criar uma estimativa do local que apresenta o menor custo de transporte, para que uma empresa possa realizar a instalação que desejar. É muito utilizado para encontrar a localização de sedes empresariais, centros de distribuição, estoque, lojas filiais entre outros. Deve-se sempre levar alguns pontos em consideração além somente do resultado da aplicação do método, como fornecimento de matérias primas próximas, incentivos fiscais, mercado consumidor, entre outros (MARTINS; LAUGENI, 2015).

Esse trabalho surgiu pela observação da necessidade de uma loja franqueada na cidade de Volta Redonda-RJ, a qual estava vivenciando um atraso considerável para a entrega de produtos, atrapalhando diretamente no abastecimento da loja, deixando-a com o estoque defasado, fazendo com que a empresa criasse um centro

de distribuição próximo a região onde essa franquia está situada. Uma análise da abrangência dessa problemática para outras lojas próprias e franqueadas distantes da sede permitiu estabelecer o escopo desse trabalho. Assim esse estudo de caso tem como objetivo pesquisar e colocar em prática o método do centro de gravidade para a definição da melhor localização para a instalação de um centro de distribuição na região Nordeste e alcançar assim um melhor abastecimento dos produtos de calçados e acessórios femininos nas lojas próprias e franqueadas.

MÉTODOS

Segundo Slack; Brandon-Jones; Johnston (2018), uma das técnicas mais consagradas para o estudo de localização de uma planta única, é o método do centro de gravidade. O qual se baseia no ideal de que todas as localizações possuem um “valor” que é referente ao somatório de todos os custos de transporte para uma localização específica. Onde a localização destacada será a que tem o menor custo, sendo ela o centro de gravidade da pesquisa, para onde as mercadorias serão transportadas. Logo esse trabalho foi desenvolvido da seguinte forma:

1º) Determinou-se as localizações de lojas já existentes na região Nordeste; 2º) Calculou-se a demanda média mensal das lojas; 3º) Coletou-se os dados médios referente ao custo por quilômetro (km) de frete rodoviário na região do estudo; 5º) Demonstrou-se o método do centro gravidade por meio do software *Logware*; 6º) Aplicou-se os dados colhidos junto aos cálculos obtidos para determinação do centro de gravidade, de forma manual, devido à dificuldade de acesso a uma licença.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O problema exposto foi localizado em uma rede de franquias de calçados e acessórios femininos, a qual possui a sua sede localizada na cidade de Belo Horizonte MG, contando com aproximadamente 220 lojas no total, entre elas lojas próprias e lojas da rede de franquias espalhadas pelo Brasil.

Como escopo deste trabalho foram definidas as lojas da região Nordeste que estão com tempo de abastecimento longo ocasionando indisponibilidade de produtos, pelo prazo de entrega estar ultrapassando os padrões e não conseguindo manter o

abastecimento de todas as lojas da região em tempo hábil. Para isso foi utilizado o método de centro de gravidade (*Center-of-Gravity* ou Centro de Gravidade) para definir a melhor posição para um centro de distribuição dos produtos da empresa na Região Nordeste. Para o cálculo do centro de gravidade foi elaborado um gráfico onde atribuiu-se números referentes a pontos de longitude (x) e latitude (y), elementos referentes ao número de lojas existentes da empresa, as suas localidades, o seu porte e os volumes de vendas. Tanto as lojas próprias como as franqueadas possuem uma classificação de tamanho. O porte de cada loja segundo a franquia é designado como loja de porte "P", sendo a loja pequena denominada internamente como loja "light", a qual para essa nomeação possui em sem portifólio a numeração de calçados restrita de 34 a 38, com o seu volume de vendas médio de R$ 85.000, a loja de porte "M" conhecida como loja "tradicional" tem a sua numeração variada entre 33 a 39 e o seu volume de vendas médio de R$ 150.000 e por último, nessa classificação, a loja de porte "G" nomeada de "mega loja" com o seu portifólio variando entre a numeração 33 a 42 e o seu volume de vendas em média de R$ 450.000.

Os dados utilizados para realizar os cálculos foram disponibilizados pelo setor de logística da empresa e comparados com os dados de uma das lojas franqueadas, localizada na cidade de Volta Redonda-RJ. Foram disponibilizados os dados de 25 lojas na região Nordeste e foi necessário a otimização do número de lojas para realizar o cálculo neste estudo, sendo elas agrupadas por aproximação de localização, resultando em 11 elementos, e assim feito um novo cálculo para o porte e volume total de cada novo elemento, realizado a partir do somatório de cada respectiva otimização como demonstrado na Tabela 1 e na Figura 1.

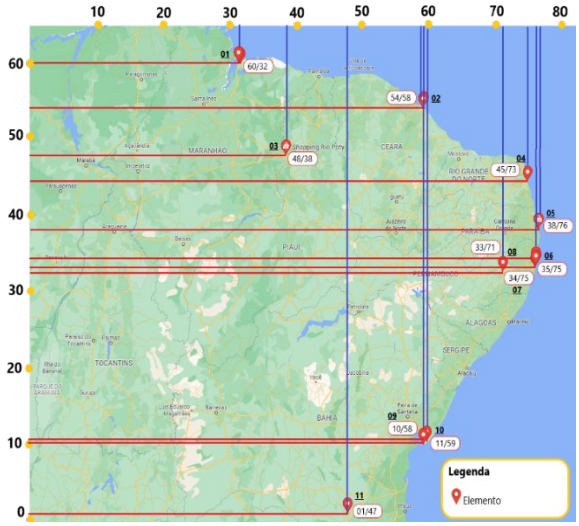
Tabela 1 - Otimização dos elementos e seus respectivos valores.

Elementos	Porte total	Volume total de vendas	Volume da carga (toneladas)	Coordenada (km) Longitude (x)	Coordenada (km) Latitude (y)
Elemento 01	2M + 2P	470.000	3920	- 44.263235	- 2.592354
Elemento 02	2P	170.000	1120	- 38.492996	- 3.829916
Elemento 03	1P	85.000	1120	- 42.80127	- 5.07523
Elemento 04	1M	150.000	1120	- 35.20548	- 5.80668

Elemento 05	2P	170.000	1120	- 34.83936	- 7.09797
Elemento 06	1P + 1G	535.000	11760	- 34.89946	- 8.05728
Elemento 07	3M	450.000	3920	- 34.90938	- 8.13661
Elemento 08	1M	150.000	1120	- 35.99031	- 8.18751
Elemento 09	1P + 1M	235.000	3920	- 38.35293	- 12.87508
Elemento 10	1G + 1M	600.000	11760	- 38.46478	- 12.99011
Elemento 11	1M	150.000	1120	- 40.95085	- 14.55921

Fonte: Os autores (2024)

Figura 1 - Mapa com demonstrativo do novo valor numérico de Longitude/Latitude dos pontos médios dos elementos na região Nordeste.



Fonte: Os autores (2024)

Para o cálculo de centro de gravidade foram necessários os seguintes dados:

1º) Os elementos: pontos médios otimizados de localização das lojas na região Nordeste. 2º) A Carga em toneladas: carga baseada no porte das lojas alocadas nos respectivos elementos, calculada a partir do porte do caminhão, o qual realizará o transporte das mercadorias, e do volume de vendas. 3º) O Custo Transporte: valor obtido a partir de pesquisa com empresas e caminhoneiros da região Nordeste. 4º) Coordenada Longitude e Latitude: valor obtido a partir da Figura 1.

Para o cálculo da carga em toneladas a empresa considera que a loja com um volume total de vendas no valor de até R$ 200.000 utilizará um caminhão de

pequeno porte com uma carga média em produtos de 1120 toneladas, já a loja que possuir um volume de vendas de até R$ 500.000 utilizará um caminhão de médio porte com a carga média em produtos de 3920 toneladas e as lojas que possuírem um valor de volume total acima de R$ 500.000 utilizaram um caminhão de grande porte com a carga média de 11760 toneladas. Realizada a cotação de frete com caminhoneiros da região Nordeste, foi encontrado uma média de valor em reais por quilômetros, variando entre R$ 3,00 e R$4,50. Os dados obtidos, conforme Tabela 2, para permitem determinar as coordenadas do centro de distribuição pelo método do centro de gravidade.

Tabela 2 - Dados para cálculo de Centro de Gravidade

Elementos	Carga em Toneladas	Custo Transporte (R$)	Coordenada (km) Longitude	Coordenada (km) Latitude
Elemento 01	3920	4,00	60	32
Elemento 02	1120	3,50	54	58
Elemento 03	1120	3,70	48	38
Elemento 04	1120	3,50	45	73
Elemento 05	1120	3,00	38	76
Elemento 06	11760	3,00	35	75
Elemento 07	3920	3,00	34	75
Elemento 08	1120	3,00	33	71
Elemento 09	3920	4,00	10	58
Elemento 10	11760	4,00	11	59
Elemento 11	1120	4,50	1	47

Fonte: Os autores (2024)

As equações utilizadas para a determinação das coordenadas pelo método de centro de gravidade foram a Equação (1) e a Equação (2):

$$Longitude: \frac{\sum(Quantidade \times Custo\ unitário \times localização\ longitude)}{\sum(Quantidade \times Custo\ unitário)} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$Latitude: \frac{\sum(Quantidade \times Custo\ unitário \times localização\ latitude)}{\sum(Quantidade \times Custo\ unitário)} \quad \text{Eq. (2)}$$

Segue o cálculo da Longitude e da Latitude, respectivamente:

$$\frac{\sum\begin{pmatrix}(3920\times4{,}0\times60)+(1120\times3{,}5\times54)+(1120\times3{,}7\times48)+(1120\times3{,}5\times45)+\\(1120\times3{,}0\times38)+(11760\times3{,}0\times35)+(3920\times3{,}0\times34)+(1120\times3{,}0\times33)+\\(3920\times4{,}0\times10)+(11760\times4{,}0\times11)+(1120\times4{,}5\times1)\end{pmatrix}}{\sum\begin{pmatrix}(3920\times4{,}0)+(1120\times3{,}5)+(1120\times3{,}7)+(1120\times3{,}5)+\\(1120\times3{,}0)+(11760\times3{,}0)+(3920\times3{,}0)+(1120\times3{,}0)+\\(3920\times4{,}0)+(11760\times4{,}0)+(1120\times4{,}5)\end{pmatrix}}$$

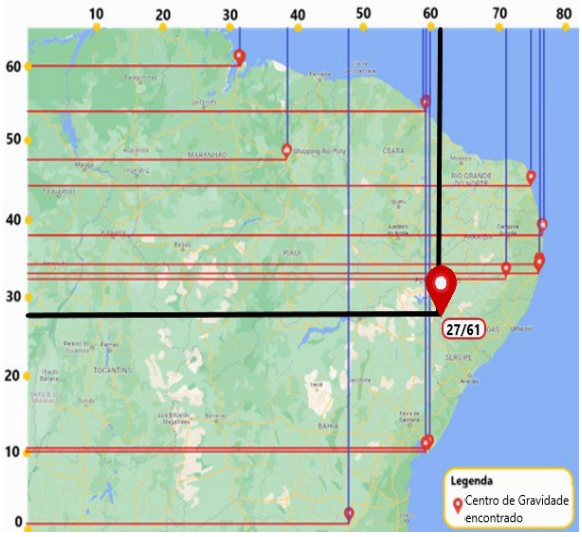
$$\frac{4080{,}272}{149{,}184}=27{,}3506\ \cong 27\ km$$

$$\frac{\sum\begin{pmatrix}(3920\times4{,}0\times32)+(1120\times3{,}5\times58)+(1120\times3{,}7\times38)+(1120\times3{,}5\times73)+\\(1120\times3{,}0\times76)+(11760\times3{,}0\times75)+(3920\times3{,}0\times75)+(1120\times3{,}0\times71)+\\(3920\times4{,}0\times58)+(11760\times4{,}0\times59)+(1120\times4{,}5\times47)\end{pmatrix}}{\sum\begin{pmatrix}(3920\times4{,}0)+(1120\times3{,}5)+(1120\times3{,}7)+(1120\times3{,}5)+\\(1120\times3{,}0)+(11760\times3{,}0)+(3920\times3{,}0)+(1120\times3{,}0)+\\(3920\times4{,}0)+(11760\times4{,}0)+(1120\times4{,}5)\end{pmatrix}}$$

$$\frac{9116{,}352}{149{,}184}=61{,}1081\cong 61km$$

A Figura 2 indica a localização do centro de distribuição calculado.

Figura 2 - Mapa com o demonstrativo do ponto ideal para ser alocado o centro de distribuição, baseado no cálculo do centro de gravidade.



Fonte: Os autores (2024)

CONCLUSÕES

A partir do estudo de logística o qual demostrou ser de suma importância estratégica, responsável pela elaboração e implementação de ações com ênfase na

otimização do fluxo de transporte e distribuição de produtos, fazendo também com que a empresa obtenha significativa vantagem competitiva em relação as demais na região deste estudo.

Foi então possível alcançar o objetivo proposto neste trabalho, ou seja, aplicar o método de centro de gravidade para definir a melhor localidade para o centro de distribuição, que ficou localizada na divisa da região de Pernambuco e Alagoas como demonstrado através do plano cartesiano disponibilizado na Figura 2, com os pontos de longitude e latitude de 27/61, respectivamente. Disponibilizando tanto para a empresa como para as lojas próprias e franqueadas da região Nordeste a sugestão de localidade, a qual apresentaria uma disponibilidade maior de produtos e menor custo de transporte.

O resultado deste estudo deve ser utilizado como um ponto de referência para que a empresa estude assim a possibilidade de implementação do centro de distribuição na cidade encontrada, pois é preciso colocar em pauta a necessidade de realizar uma análise de outras questões e fatores como a localização especifica do terreno, verificando a disponibilidade do mesmo, qual será o valor do investimento necessário, se existe mão de obra disponível na região e o valor dela junto ao valor total do investimento e outros aspectos qualitativos.

REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2018.

POZO. H. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos:** uma introdução. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

PRAÇA, F. S. G. metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Revista Eletrônica "Diálogos Acadêmicos".** v. 08, n. 1, p. 72-87, jan.-jul., 2015.