

REALOCAÇÃO DE UM FABRICANTE DE AUTOPEÇAS UTILIZANDO O MÉTODO DO BARICENTRO E ANÁLISE QUALITATIVA

Alexandre Aloys Matte Júnior¹

Fernando Fischer Gehres²

Thiago Gehres³

Miguel Sellitto⁴

RESUMO: O artigo em questão apresenta um estudo para realocação de uma unidade industrial do setor de autopeças situada na região metropolitana de Porto Alegre no sul do Brasil. A empresa fornece para a maioria das montadoras no Brasil e Argentina, tendo em torno de 80% de participação do mercado e contando com 1.200 funcionários. Atualmente enfrenta dificuldades que restringem sua operação com o crescente processo de urbanização nos arredores de sua unidade, tais como questionamento de seu horário de operação e complicações no recebimento e escoação de sua produção. O processo de estudo da localização da unidade alternativa é dividido em duas partes. Na primeira se estabelece o melhor local com base no método quantitativo do baricentro, seguindo a orientação para custos da empresa e do setor. Já em um segundo momento, se realiza um estudo qualitativo da nova localização, recorrendo a dados como densidade populacional para evitar que os atuais problemas expostos acima se repitam.

Palavras-chave: Realocação industrial. Setor de autopeças. Método baricentro. Estudo qualitativo.

¹ Mestrando, Desenvolvimento Regional, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, PPGDR, Faculdades Integradas de Taquara, FACCAT, Taquara, Rio Grande do Sul/Brasil. E-mail: alexandrejr1408@gmail.com

² Mestre, Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PPGEPS, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul/Brasil. E-mail: thvg86@gmail.com

³ Mestre, Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PPGEPS, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul/Brasil. E-mail: thvg86@gmail.com

⁴ Doutor, Engenharia de Produção e Sistemas, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PPGEPS, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul/Brasil. E-mail: sellitto@unisinos.br

1 INTRODUÇÃO

A definição da localização de centros de distribuição e de unidades industriais é amplamente estudada, seja visando a otimização do custo logístico de distribuição e aquisição de materiais, seja considerando fatores qualitativos como nível de atendimento ao cliente ou fatores externos como incentivos fiscais e políticas ambientais, de acordo com Dubke (2006).

O estudo sobre localização das instalações de uma empresa é um dos aspectos mais importantes de seu planejamento, conforme Siqueira e Calegario (2012), uma vez que a localização adequada influencia diretamente na capacidade competitiva da empresa. Para tanto, diversas metodologias são aplicadas, sendo uma das mais amplamente utilizadas para os fatores quantitativos o método do baricentro.

Segundo Thai e Grewal (2005), as análises sobre pontos de localização objetivam minimizar a distância ente o produtor e o consumidor, uma vez que o marketing cria demandas, passando a ser objetivo da distribuição física a satisfação desta. O sucesso de um fabricante está relacionado com sua aptidão para ligar fornecedores e clientes de uma forma eficiente permitindo um fluxo ideal de mercadorias (YANG et al 2006). Para tanto, alguns autores como Yang et al (2006) apresentam métodos para cálculo da melhor localização de centros de distribuição e unidades produtivas usando métodos algoritmos que trabalhem números *fuzzy*. Nestes casos se atribui a sua utilização em ambientes onde os fatores constituintes apresentam relevante grau de incerteza como demanda.

O artigo tem como principal objetivo indicar o melhor ponto para a realocação de uma empresa fabricante de autopeças, valendo-se do método baricentro e de análise qualitativa dos dados angariados. Como objetivos específicos, pode-se citar: a) avaliar a melhor localização para a realocação de planta industrial; b) avaliar os dados *inbound* e *outbound* da empresa estudo de caso a fim de definir as coordenadas de sua localização ideal; c) avaliar qualitativamente a localização, levando em conta mão de obra disponível, tributação e rodovias de acesso, entre outros aspectos; d) atestar a eficiência do método baricentro atrelado a análise qualitativa.

O método de pesquisa foi o estudo de caso único, dividindo-se o estudo em duas partes. Na primeira, estabeleceu-se o melhor local com base no método quantitativo do baricentro, seguindo a orientação para custos da empresa e do setor. Já em um segundo momento, realizou-se um estudo qualitativo da nova localização, recorrendo a dados como

densidade populacional e outras características do município para evitar que os atuais problemas enfrentados pela empresa se repitam.

O presente artigo busca contribuir com um estudo acerca da importância da análise de dados tanto quantitativos quanto qualitativos quando da decisão da empresa em realocar um estabelecimento produtivamente em uma determinada localidade. Optou-se pelo tema pela necessidade que muitas empresas têm em avaliarem o local em que manterão sua produção, visando a redução de custos e barreiras, além da satisfação das necessidades dos clientes.

Este artigo é organizado em quatro seções. A primeira apresenta uma revisão da literatura dos métodos escolhidos sobre localização de unidades industriais, através de métodos quantitativos como o método do baricentro e análise qualitativa. Na segunda se explicita os dados quantitativos de *inbound* e *outbound* da empresa, desenvolvendo o método do baricentro e apresentando o resultado obtido. A terceira é caracterizada pela análise do resultado obtido na segunda fase sobre uma ótica qualitativa e buscando a melhor localização apontada pela sinergia dos dois métodos. Por último, a conclusão do artigo é exposta, bem como indicações de pesquisa futura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Conceitos presentes em análises quantitativas e qualitativas sobre localização de plantas industriais presentes em revisões de literatura são abordados neste capítulo.

2.1 Localização de Plantas Industriais ou Centros de Distribuição

Conforme a definição de Kuo e White (2004), o planejamento relacionado a localização de uma planta industrial preocupa-se em estabelecer uma nova instalação ou mudar uma existente para atingir um determinado objetivo. Também pode-se definir que a escolha para a unidade de uma empresa basicamente ampara-se no fato de escolher-se uma posição geográfica para sua operação, satisfazendo diversas restrições e maximizando suas atividades. Para Slack (1996), a localização é a posição geográfica de uma operação em relação aos recursos de entrada, a outras operações e também aos clientes com os quais interage. É uma decisão estratégica que afeta profundamente a empresa, uma vez que, escolhido o local, dificilmente há a possibilidade de reverter-se a situação. Conforme Siqueira e Calegario (2012), toda decisão de localização deve ser amparada por estudos de viabilidade que proporcionem um maior retorno para o investimento da empresa.

Terouhid et. al (2012) afirmam que, historicamente, reconhece-se o trabalho do economista Thunen, em 1826, como o início das teorias de localização. Mas a partir de 1929, com os trabalhos de Alfred Weber, com seu livro “Teoria da Localização das Indústrias” as bases das teorias de localização tomaram forma. As teorias de localização passaram a receber maior interesse e enfoque a partir da década de 60, conforme Thai e Grewal (2005). Até agora, diversos pesquisadores e autores desenvolveram o tema, abordando-o tanto de forma qualitativa quanto quantitativa.

Para Kon (1994), na maioria dos casos, é possível criar boas condições de localização ao construírem-se meios de acesso ou superar problemas climáticos através da aplicação de tecnologia. Corrobora com isso a afirmação de Thai e Grewal (2005), quando dizem que a vantagem de uma localização ótima não reside somente na redução de custos de transporte, mas também na melhoria de desempenho dos negócios e aumento da competitividade e capacidade de lucro.

Os autores também afirmam que há vários estudos focados em fatores quantitativos, com custos em primeiro lugar. Entretanto, a escolha da localização de uma planta industrial é uma questão que envolve diversos objetivos, não se podendo levar em conta apenas dados quantitativos ou somente qualitativos, sendo necessária uma análise integrada de ambos. Pereira et al. (2011) consideram que a localização de instalações é importante quando a estratégia de operação prevê o uso de múltiplos fornecedores, localizados em clusters industriais ou operando em rede de cooperação.

2.2 Métodos qualitativos para estudo de localização de planta industrial

Dentre as informações necessárias à escolha de melhor localização para planta, estudos também atestam a importância do levantamento de dados qualitativos. Thai e Grewal (2005) afirmam que a maioria dos estudos foca essencialmente em dados quantitativos, subestimando os dados qualitativos, que em longo prazo podem ser mais vantajosos à empresa, como a qualificação de mão de obra, que pode influenciar a introdução de novas tecnologias ou limitar a implementação de outros programas.

Thai e Grewal (2005) sugerem um *checklist* de fatores qualitativos, envolvendo a localização física dos principais mercados, localização de materiais e serviços e ainda a

disponibilidade de mão de obra e transportes, afirmando que a escolha da localização da planta necessita angariar e analisar muitos tipos diferentes de informações, buscando alinhá-las com os objetivos da empresa.

Os autores também citam oito fatores que frequentemente são utilizados como critério dentro da avaliação qualitativa, de forma abrangente, servindo de base às demais empresas: proximidade às instalações dos clientes, disponibilidade e qualidade da mão de obra, disponibilidade de serviços públicos, taxas e impostos locais (especialmente sobre estoques), infraestrutura de transportes terrestres, capacidade de expansão, administração e regulação aduaneira e padrão de vida da localidade. Dubke (2006) agrega a estes fatores citados outros que devem ser levados em consideração, como o grau de organização sindical da localidade, localização dos concorrentes, clima e temperatura da região e incentivos governamentais.

Autores como Terouhid et. al (2012) analisam os dados qualitativos que norteiam a decisão da localização de uma planta industrial sob uma ótica sustentável. Em seu estudo resumem estes dados em quatro dimensões conforme o Quadro 1:

Dimensão	Descrição	Exemplos
Espacial	Jurisdição	Estados, Distritos
Demográfica	Características sociais e humanas em uma determinada área.	População, idade, renda
Física	Características geológicas, biológicas e geográficas de uma região.	Taxa de utilização de território, tipo de vegetação
Temporal	Espaço de tempo onde as dimensões acima são apuradas.	Anos, décadas ou outra medida de tempo correspondente

Quadro 1 - Dimensões para uma localização sustentável de uma planta industrial
Adaptado de Terouhid et. al 2012

A dimensão espacial apresentada abrange as questões políticas da região e a influência das mesmas, como legislações de cada estado. As demais dimensões demográfica e física estão mais relacionadas com a análise sustentável, levantando questões como a estrutura do meio ambiente em seu aspecto biológico e a estrutura populacional do território que sofreria e geraria influência sobre a nova planta industrial. Por último a dimensão temporal nivela as análises realizadas nas outras dimensões em um mesmo espaço de tempo para garantir a relevância dos dados.

A análise qualitativa da localidade de uma planta industrial pode trabalhar em conjunto com um modelo quantitativo. Buyuksaatçi e Esnaf (2014) apresentam em seu estudo uma análise com base quantitativa em número *fuzzy* e algoritmos Gustafson-Kessel para reduzir os transportes de uma indústria fabricante de asfaltos e gerar um resultado ótimo qualitativo, visando reduzir as emissões de gás carbônico no sistema.

Levando em consideração as dimensões qualitativas levantadas pelos autores, foi desenvolvido um quadro com indicadores para análise qualitativa de uma localidade baseado nas dimensões para uma localização sustentável apresentado por Terouhid et. al (2012). O Quadro 2 foi desenvolvido pelos autores.

Dimensão	Descrição	Exemplos
Espacial	Jurisdição	Estados, Distritos
Demográfica	Características sociais e humanas em uma determinada área.	População, idade, renda
Física	Características geológicas, biológicas e geográficas de uma região.	Taxa de utilização de território, tipo de vegetação
Profissional	Características da mão de obra	Nível da mão de obra local e disponibilidade
Acessibilidade	Característica das vias de acesso	Existência de vias de acesso e qualidade das mesmas
Fiscal	Característica dos tributos	Valor dos tributos e inventivos governamentais
Temporal	Espaço de tempo onde as dimensões acima são apuradas.	Anos, décadas ou outra medida de tempo correspondente

Quadro 2 - Dimensões qualitativas para seleção da localização de uma planta industrial.
Fonte: Os autores.

2.3 Métodos quantitativos para estudo de localização de planta industrial

Métodos quantitativos são amplamente divulgados dentro da literatura existente. Thai e Grewal (2005) afirmam que um dos objetivos dos modelos para definição de localização baseados em custos é a minimização destes relacionados a expansão, manutenção e inventário.

Dubke (2006) cita os diversos modelos existentes e já estudados presentes na literatura, dando ênfase aos modelos planos e de rede, contínuos e discretos, estáticos e

dinâmicos, probabilísticos e determinísticos, para um único produto ou múltiplos produtos, com um único objetivo ou com múltiplos objetivos, capacitados ou não-capacitados.

Destacam-se também os estudos de Klose e Drexl (2004), onde apresentam e revisam modelos de localização contínua, modelos de localização de rede, modelos de programação inteira/mista e suas aplicações. Terouhid et. al (2012) dizem que exemplos de aplicação quantitativa incluem a avaliação de risco, métodos de análise de decisão, e métodos da teoria dos jogos. Thai e Grewal (2005) citam os trabalhos de Reville e Laporte, que usam diversos modelos matemáticos para resolver os problemas de localização de plantas com diferentes categorias de custos e outros objetivos, como retorno sobre o investimento.

2.3.1 O Método do Baricentro

Dentre os métodos quantitativos, destaca-se o método do baricentro ou centro de gravidade, conforme a conveniência. Este modelo considera a localização das instalações e mercados já existentes, o volume de bens ou serviços movidos entre eles e o custo de transporte (DOMINGUES et. al. 2003).

Conforme Thai e Grewal (2005), dentro do âmbito da física, o Centro de Gravidade é definido como um ponto imaginário em que todos os pesos do objeto podem ser considerado e concentrados através desse ponto, exemplificado pela Figura 1:

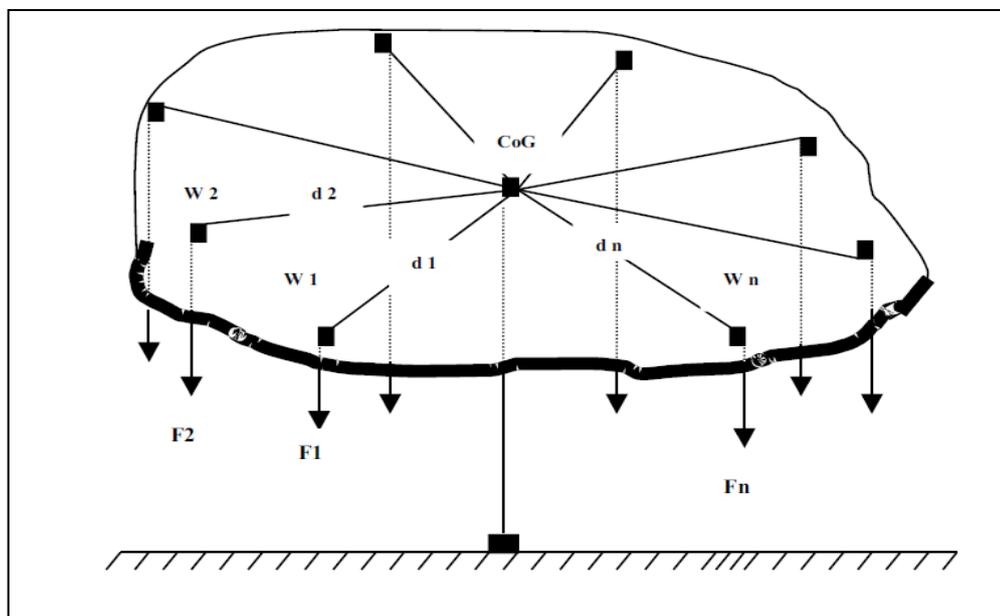


Figura 1 - Modelo Centro de Gravidade
Adaptado de Thai e Grewal (2005)

O centro de gravidade e sua equação supõem que todos os pesos dos objetos possuem uma relação mútua, e toda mudança em um destes deveria refletir-se em direção de outro para que o balanço seja mantido.

Segundo Kuo e White (2004), o centro de gravidade (baricentro) pode ser obtido pela aplicação das equações 1 e 2:

$$x^* = \left(\sum_{i=1}^n w_i a_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n w_i \right)$$
$$y^* = \left(\sum_{i=1}^n w_i b_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n w_i \right).$$

Equações 1 e 2 - Fórmula para cálculo de coordenadas do método do baricentro

Adaptado de Kuo e White (2004)

Suthampong (2012) apresenta um estudo ainda mais detalhado para a aplicação do método, enumerando os passos a serem seguidos:

Passo 1: Aplicar o mapa da área analisada em um grade com coordenadas.

Passo 2: Determinar as devidas coordenadas dos pontos de *inbound* e *outbound* a serem considerados no modelo.

Passo 3: Alocar o peso transportado à cada um dos pontos identificados (*inbound* e *outbound*).

Passo 4: Calcular o baricentro estipulando o melhor ponto para atender as necessidades de *inbound* e *outbound* com otimização de custos de transporte.

O autor ainda esclarece as variáveis aplicadas na equação 3:

$$C_x = \sum \text{dist}_x V_t / \sum V_t$$

$$C_y = \sum \text{dist}_y V_t / \sum V_t$$

Equação 3 - Variáveis aplicadas

Adaptado de Suthampong (2012)

Nas quais,

C_x = Coordenada do eixo X para a planta / centro de distribuição;

C_y = Coordenada do eixo Y para a planta / centro de distribuição;

V_t = Volume transportado;

$Dist_x$ = Distância percorrida pelas mercadorias no eixo X;

$Dist_y$ = Distância percorrida pelas mercadorias no eixo Y;

É importante levar em consideração limitações do modelo. Questões como custos fixos envolvidos na alocação da planta ou centro de distribuição, bem como a disponibilidade de rodovias não são abordados. Thai e Grewal (2005) e Suthampong (2012) sugerem que sejam realizadas modificações no resultado obtido com este modelo para se obter um resultado mais verossímil. Apesar destas limitações, Kuo e White (2004) defendem sua implementação ao invés de métodos alternativos como o MPG (*Modified Gradient Procedure* – Procedimento de Modificação Gradativa) por sua simplicidade na implementação e por sua margem de erro ao calcular o menor frete possível ser inferior à 2%.

3 APLICAÇÃO DO MÉTODO DO BARICENTRO

A empresa estudo de caso é caracterizada como uma filial de uma multinacional que possui sede no Reino Unido. O conglomerado total emprega aproximadamente 24.000 pessoas e possui instalações em 23 países, fabricando peças automotivas. Seus produtos são projetados para praticamente todos os principais fabricantes mundiais de veículos leves, agrícolas e equipamentos para construção, aeronaves e motores. A unidade que serviu como estudo de caso está situada na região metropolitana de Porto Alegre no sul do Brasil. A empresa fornece para a maioria das montadoras no Brasil e Argentina, tendo em torno de 80% de participação do mercado e contando com 1.200 funcionários.

Atualmente ela enfrenta dificuldades que restringem sua operação com o crescente processo de urbanização nos arredores de sua unidade, tais como questionamento de seu horário de operação e complicações no recebimento e escoação de sua produção, sendo assim necessário estudos para avaliar o melhor local para realocação de sua unidade industrial. Dessa forma, o método do baricentro foi aplicado compilando os dados de *inbound* e

outbound da empresa. É importante ressaltar as premissas consideradas no momento da aplicação do método. As mesmas são listadas abaixo:

- a) A nova localização da planta foi restrita ao território brasileiro.
- b) Fornecedores ou clientes internacionais que não têm suas cargas transportadas no modal rodoviário tiveram suas coordenadas e volumes atribuídos à localização do porto de Rio Grande (unidade portuária utilizada atualmente pela empresa para transações no mercado internacional).
- c) A variável “custo por kg” foi isolada do método pelo fato de ser constante para todas as origens e destinos (diferenciação focada na distância).
- d) O *incoterm* ou modalidade de pagamento do frete (pago pela empresa ou fornecedor/cliente) foi desconsiderado. Atribuiu-se que todos os fretes compõem o custo de operação da empresa. Caso a empresa não seja responsável por um dos fretes considerados, a otimização de sua localização apresenta igualmente uma lucratividade à longo prazo, no momento em que seus clientes/fornecedores teriam seus custos reduzidos e a competitividade da cadeia aumentaria.

3.1 Análise Inbound

A análise *inbound* partiu do agrupamento dos fornecedores por cidade e seu volume em Kg calculado para os materiais adquiridos no ano de 2014. Estipulou-se ainda a localização destes fornecedores posicionando uma grade sobre um mapa que abrange Brasil e América Latina. O ponto 0 considerado foi a cidade de Porto Alegre no sul do Brasil, onde a planta do fabricante de autopeças está atualmente sediada. As premissas estabelecidas por Suthampong (2012) serviram de base para a elaboração da Tabela 1, que expõe o agrupamento desses dados.

Percebe-se por meio desta análise que o principal fornecedor está localizado na cidade de Charqueadas fornecendo um volume anual de 28.000.000 kg (75% do volume comprado). Os demais fornecedores nacionais apresentam uma grande concentração na área centro-oeste, principalmente no estado de São Paulo. Os materiais importados apresentam uma pequena participação frente ao volume total adquirido (14%). Para efeitos de cálculo, estes materiais

importados tiveram sua origem alocada no porto utilizado pela empresa para realizar suas importações (Porto de Rio Grande). O número de importações aéreas realizada no ano de 2014 não apresenta expressividade para ser incluído na análise e por este motivo foi excluído do estudo.

Cidade	País	Peso Transportado (Kg)	Coordenada X (km)	Coordenada Y (km)
Alphaville	Brasil	559.005	445	737,5
Americana	Brasil	308.867	387,5	810
Charqueadas	Brasil	28.000.000	-40	10
Diadema	Brasil	35.914	462,5	707,5
Joinville	Brasil	338.980	237,5	410
Monte Alto	Brasil	226.165	277,5	975
Rio de Janeiro	Brasil	85.975	797,5	772,5
Rio Grande	Fornecedores internacionais modal marítimo	5.101.017	-90	-207,5
São José dos Pinhais	Brasil	59.302	202,5	502,5
Sorocaba	Brasil	125.036	377,5	730
Taubaté	Brasil	2.510.026	22,6	31,1

Tabela 1 - Volume *inbound* 2014 por localidade

Fonte: Os autores

Caso considerássemos somente a localização dos fornecedores e o volume adquirido, a localização ideal pelo modelo do baricentro, conforme os dados da Tabela 1, seria nas coordenadas X 13,26 km e Y 64,47. Tal resultado posicionaria a nova planta na localidade de Nova Petrópolis, na serra gaúcha, demonstrando a forte influência do fornecedor localizado em Charqueadas sobre o resultado obtido pelo método aplicado.

3.2 *Análise outbound*

O agrupamento dos volumes transportados nas vendas da empresa no ano de 2014 bem como a localização dos clientes se utilizou do mesmo método apresentado para o desenvolvimento da análise *inbound*. A mesma grade foi posicionada sobre o mapa utilizado na primeira análise e se determinou as coordenadas dos clientes com relação à localização da planta na cidade de Porto Alegre.

Como resultado da análise, evidencia-se que a grande maioria dos clientes está localizada no mercado nacional e no estado de São Paulo, seguindo o mesmo padrão dos fornecedores, com exceção do fornecedor de Charqueadas. A semelhança entre a análise *inbound* e *outbound* se estende no âmbito internacional. O volume exportado pelo modal marítimo apresenta uma pequena parcela quando comparado ao volume total fornecido (5,52%). Dentre estes clientes internacionais, somente um país é atendido pelo modal rodoviário (Argentina), sendo os demais atendidos pelo modal marítimo partindo do porto de Rio Grande. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 2:

Cidade	País	Peso Transportado (Kg)	Coordenada X (km)	Coordenada Y (km)
Alvear	Argentina	1.121.819	-522,5	87,5
Betim	Brasil	6.675.821	727,5	1105
Buenos Aires	Argentina	4.800.554	-675	-528,5
Camaçari	Brasil	2.051.569	1382,5	1905
Caxias do Sul	Brasil	4.653	5	100
Goiana	Brasil	8.408	212,5	1482,5
Gravatá	Brasil	2.980.077	20	12,5
Belo Horizonte	Brasil	11.166	757,5	1120
Indaiatuba	Brasil	130.724	395	775
Paulínia	Brasil	811.017	415	810
Piracicaba	Brasil	850.772	352,5	812,5
Porto Real	Brasil	137.848	705	835
Resende	Brasil	4.630	697,5	827,5
Rio Grande	Clientes Internacionais modal marítimo	1.730.298	-90	-207,5
São José dos Pinhais	Brasil	2.463.912	202,5	525
São Bernardo do Campo	Brasil	4.072.589	475	705
São Caetano do Sul	Brasil	1.039.514	475	712,5
São José dos Campos	Brasil	221.316	537,5	755
Sorocaba	Brasil	911.754	377,5	730
Taubaté	Brasil	1.322.295	575	777,5

Tabela 2 - Volume *outbound* 2014 por localidade

Fonte: Os autores

De forma semelhante à análise *inbound*, se calculou a localização ideal com base somente nos dados *outbound*. O resultado obtido pela aplicação do método do baricentro apontou as coordenadas X 278,14 e Y 538,56 que se situam na Ilha do Robelo, no Paraná, em uma área de preservação. Por questões práticas se realocou o resultado por aproximação da cidade mais próxima com condições de sediar uma atividade industrial, na cidade de Paranaguá.

3.3 Cálculo do Modelo

A nova localização ideal do fabricante de autopeças foi obtida ao aplicar o método baricentro sobre os dados compilados na análise *inbound* e *outbound* mas de forma conjunta. Abaixo, as equações 3 e 4 resumem os cálculos realizados:

$$C_x = [(565 \times 2.125.135) + (277,5 \times 226.165) + (\text{dist } n \times \text{peso } n) \dots] / (2.125.135 + 226.165 + \text{peso } n \dots) \quad (\text{equação 3})$$

$$C_y = [(777,5 \times 2.125.135) + (975 \times 226.165) + (\text{dist } n \text{ y peso } n) \dots] / (2.125.135 + 226.165 + \text{peso } n \dots) \quad (\text{equação 4})$$

Como resultado foram obtidas as seguintes coordenadas:

$$C_x = 134,13 \text{ km}$$

$$C_y = 280,81 \text{ km}$$

Estas coordenadas correspondem à localização do município de Petrolândia, no estado de Santa Catarina.

4 ANÁLISE QUALITATIVA

Petrolândia, localizada no interior do estado de Santa Catarina, é um município com atividade econômica basicamente rural. A atividade industrial está em fase inicial de implementação, com o desenvolvimento de uma indústria local têxtil empregando em torno de cem funcionários. A mão de obra local é pouco especializada, sendo a atividade rural desenvolvida basicamente no âmbito familiar. Desta forma, se buscou nas proximidades outra localidade que atenda as necessidades da empresa sob uma ótica qualitativa dentro de um raio de 75 km. Como resultado, se identificou o município de Lages, no estado de Santa Catarina,

como localização alternativa. A análise qualitativa do município de Lages é apresentada no Quadro 3 de acordo com as dimensões exploradas na revisão de literatura.

Dimensão	Descrição	Análise
Espacial	Jurisdição	Lages, Santa Catarina
Demográfica	Características sociais e humanas em uma determinada área.	População de origem europeia. IDH 0,77
Física	Características geológicas, biológicas e geográficas de uma região.	68 habitantes por km quadrado
Profissional	Características da mão de obra	Mão de obra especializada nos segmentos de agropecuária, comércio, metal mecânico, autopeças, produção de alimentos e petrolífero.
Acessibilidade	Característica das vias de acesso	Acessos Principais: BR-282, BR-116 e SC-438.
Fiscal	Característica dos tributos	ICMS 17%
Temporal	Espaço de tempo onde as dimensões acima são apuradas.	Dados de 2015

Quadro 3 - Dimensões qualitativas para seleção da localização de uma planta industrial – município de

Lages

Fonte: dados do site da Prefeitura de Lages (2015).

Pode-se observar com base nesta análise que o município de Lages possui uma estrutura demográfica similar ao município de Porto Alegre, com forte presença de população de origem italiana e alemã. A densidade populacional é outro aspecto favorável, resultando em uma taxa de ocupação de somente 68 habitantes por km quadrado, consideravelmente inferior ao de Porto Alegre (2.837,52 habitantes por km quadrado).

A dimensão profissional apresenta disponibilidade de mão de obra qualificada nos segmentos metal mecânico e de autopeças, o que facilitaria a contratação por parte da empresa. O quesito acessibilidade sugere um resultado positivo da mesma forma. O município de Lages pode ser acessado por três grandes rodovias, sendo duas delas federais (BR-282 e BR-216) e um estadual (SC-438). Tal estrutura facilitaria as operações de *inbound* e *outbound*.

Por último, a dimensão fiscal não sofre alteração no que diz respeito ao principal tributo estadual (ICMS). Em ambos os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a alíquota é de 17%. Porém, a empresa pode-se valer de incentivos fiscais e tributários. Santa Catarina, de acordo com a Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (2015), é o Estado que mais concede incentivos fiscais e tributários (80,2% do total de municípios) na região Sul, seguido pelo Paraná (com 74,7%) e Rio Grande do Sul (com 72,2%).

Os estímulos oferecidos vão desde a isenção total ou parcial do Imposto sobre Serviços de qualquer Natureza (ISSQN) e do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU), à regimes especiais tributários. A entidade também cita o fato de que Santa Catarina vem atraindo empresas de diversos setores principalmente por se destacar nas alternativas de benefícios e incentivos fiscais oferecidos pelo Estado. Destacam-se programas como o Pró-Emprego, Prodec e Regimes Especiais TTD (Tratamentos Tributários Diferenciados).

Tais regimes possibilitam a diminuição da alíquota de ICMS, chegando a passar de 17% para 3% em alguns casos, o que acaba gerando um resultado expressivo para a empresa, atrelado ao seu volume de produção e importação/exportação.

5 CONCLUSÃO

A utilização do método do baricentro para seleção da melhor localização de uma planta industrial é útil na esfera quantitativa para uma empresa voltada estrategicamente para custos. Abrange tanto a localização de clientes como fornecedores e sua aplicabilidade é simples, não demandando ferramentas elaboradas para cálculo. Entretanto, esta ferramenta não leva em consideração, no seu cálculo, aspectos qualitativos importantes para o desenvolvimento de atividades de qualquer indústria, tais como densidade populacional, mão de obra qualificada, infraestrutura e características tributárias. Tal afirmação é verdadeira ao se analisar o resultado obtido neste estudo ao se aplicar o método do baricentro. Por mais que o município de Petrolândia esteja localizado no ponto ideal para otimizar custos das operações *inbound* e *outbound* da empresa, a precariedade dos aspectos qualitativos levantados dificultaria o desenvolvimento das atividades da indústria, possivelmente gerando custos

extras que poderiam vir a ultrapassar os ganhos obtidos com o resultado do método do baricentro.

Evidencia-se pelas análises apresentadas no artigo, que o método do baricentro demanda a complementação de outro método para eficaz localização de uma unidade industrial. Sugere-se como tema de pesquisa futuro, a sinergia dos dois métodos propostos sob uma ótica quantitativa única, empregando uma forma de cálculo que quantifique a análise qualitativa.

Originals recebidos em: 28/02/2016

Aceito para publicação em: 31/07/2017

RELOCATION OF AN AUTO PARTS MANUFACTURER USING THE CENTER OF GRAVITY METHOD AND QUALITATIVE ANALYSIS

ABSTRACT: The article presents a study to reallocate an industrial unit of the auto parts sector located in the metropolitan region of Porto Alegre in southern Brazil. The company supplies most automakers in Brazil and Argentina, with around 80% of the market share and 1,200 employees. Currently, it faces difficulties that restrict its operation with the growing urbanization process in the surroundings of its unit, such as questioning its operating hours and complications in receiving and draining its production. The process of studying the location of the alternative unit is divided into two parts. The first establishes the best location based on quantitative center of gravity method, following the orientation for costs of the company and the sector. In a second step, a qualitative study of the new location is realized, resorting to data such as population density to avoid that the present problems exposed above are repeated.

Keywords: Industrial reallocation. Auto parts sector. Center of gravity method. Qualitative study.

REFERÊNCIAS

BUYUKSAATÇI, S. e ESNAF, S. **Carbon Emission Based Optimisation Approach for the Facility Location Problem**, The Online Journal of Science and Technology- January 2014, Volume 4, Issue 1.

DOMINGUES, J. et al. **Uma metodologia de apoio à decisão de adoção e cálculo da localização de centros de distribuição de produtos de fabricação seriada**, XXIII Encontro Nac. De Eng. De Produção – Ouro Preto, MG, Brasil, 2003.

DUBKE, A.F. **Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja**, Tese (doutorado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. Disponível em <<http://fiesc.com.br/central-de-midias/publicacoes>>. Acesso em 15/12/2015.

KLOSE, A. e DREXL, A. **Facility location models for distribution system design**, European Journal of Operational Research, 2004.

KON, A. **Economia Industrial**, São Paulo: Nobel, 1994.

KUO, C. e WHITE, R.E. **A Note on the Treatment of the Center-of-Gravity Method in Operations Management Textbooks**, Decision Sciences Journal of Innovative Education, Volume 2 Number 2, 2004.

PEREIRA, G. M., SELLITTO, M. A., BORCHARDT, M., & GEIGER, A. **Procurement cost reduction for customized non-critical items in an automotive supply chain: An action research project**. *Industrial Marketing Management*, v. 40, n. 1, p. 28-35, 2011.

Prefeitura de Lages. Disponível em <www.lages.sc.gov.br/lages/>. Acesso em 17/08/2015.

SIQUEIRA, P. e CALEGARIO, C. **Determinantes da localização das plantas industriais do setor sucroalcooleiro no estado de Goiás**, XXII Encontro Nac. De Eng. De Produção – Bento Gonçalves, RS, Brasil, 2012.

SLACK, N. et. al. **Administração da produção**, São Paulo: Atlas, 1996.

SUTHAMPHONG, A. **Identifying an optimal facility location for a factory**, Assumption University, Department of Industrial Management, 2012.

TEROUHID, S.A et. al. **Towards Sustainable Facility Location – A Literature Review**, *Journal of Sustainable Development*; Vol. 5, No. 7, 2012.

THAI, V. e GREWAL, D. **Selecting the location of distribution centre in logistics operations: A conceptual framework and case study**, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, Vol. 17 Iss 3 pp. 3 – 24, 2005.

YANG, L. et al. **Logistics distribution centers location problem and algorithm under fuzzy environment**, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 208, 2007, p.303 – 315.