

LOCALIZAÇÃO DE BASES DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA DE UM PRESTADOR DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE BOMBAS DE COMBUSTÍVEL

LOCALIZATION OF TECHNICAL ASSISTANCE FACILITIES OF A PROVIDER OF MAINTENANCE SERVICE FOR FUEL PUMPS

Miguel Afonso Sellitto* E-mail: sellitto@unisinós.br

Leandro de Oliveira* E-mail: loliveira@ipiranga.com.br

Giancarlo Medeiros Pereira* E-mail: gian@unisinós.br

Miriam Borchardt * E-mail: miriamb@unisinós.br

*Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – PPGEPS.

Resumo: O objetivo deste artigo é calcular a localização de bases de assistência técnica a postos de combustíveis de uma rede de distribuição de combustíveis fósseis e biocombustíveis no estado do Paraná. O método de pesquisa foi a modelagem quantitativa. O método de trabalho incluiu a separação dos municípios do estado do Paraná em aglomerados, pelo método k-médias. Foram obtidos sete aglomerados mais a capital. Cada aglomerado foi tratado como mercado local. Depois, pelo método do baricentro, foram calculadas as coordenadas cartesianas dos centros de gravidade das regiões. As cidades mais próximas das coordenadas calculadas foram escolhidas para sediar as bases de assistência técnica. O método minimizou o custo e o tempo de transporte até cada município. A principal contribuição de pesquisa foi a localização dos sete centros de assistência técnica.

Palavras-chave: Baricentro. Aglomerados. Assistência técnica. Logística em rede. Manutenção.

Abstracts: The purpose of this article is to calculate the location of bases of technical assistance to fuel stations of a network of distribution of fossil fuels and biofuels in the State of Paraná. The research method was the quantitative modeling. The methodology included the separation of the municipalities in the State of Paraná in clusters, supported by the k-means method. Seven clusters, beyond the capital, were defined. Each cluster was treated as a local market. Then, by the barycenter method, Cartesian coordinates of gravity centers of the regions were calculated. The cities with lower distances to the calculated coordinates were chosen to host the bases of technical assistance, which minimizes cost and time of transportation to each city of the respective region. The main contribution of this research was the location of the seven service centers.

Keywords: Centroid. Clusters. Technical Assistance. Logistics Network. Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

A problemática sobre a localização de instalações de serviço pode incluir múltiplos e variados critérios de apoio à tomada de decisão (GOMES et al., 2005). No nível estratégico, a localização pode influenciar o custo e o nível de serviço ofertado, principalmente quando se adota o formato de rede de prestadores de

serviço, como ocorre com postos de combustíveis. No nível tático, a localização pode afetar outros critérios de competição, tais como a velocidade, a responsividade e a confiabilidade dos serviços prestados (SELLITTO et al., 2011).

A localização de instalações também está ligada aos altos investimentos de instalação, que podem impactar nos custos fixos da operação logística envolvida na atividade. Espera-se que a decisão tomada sobre localização de serviços em rede seja eficaz durante longos horizontes de planejamento estratégico, pois suas decorrências geralmente são de difícil reversão. Uma vez definido, o projeto de rede determina a operação do sistema de transporte, as rotas de atendimento e a alocação de recursos permanentes para as instalações de prestação de serviço. Custos, tempos de atendimento e nível de serviço tornam-se então decorrência previsível e geralmente inevitável destas decisões (BALLOU, 2005; BOWERSOX e CLOSS, 2001; FITZSIMMONS e FITZSIMMONS, 2004).

Organizações de prestação de serviço em rede devem tomar decisões sobre o clássico problema logístico de localização de instalações, tais como ocorre em agências bancárias, atendimento médico de emergência, serviços de manutenção (BALLOU, 2005) e serviços de pós-venda associados a produtos industriais (SELLITTO et al., 2011). A localização de instalações prestadoras de serviços em rede pode afetar principalmente as dimensões estratégicas de velocidade de entrega, serviços associados e flexibilidade na operação (BORCHARDT et al., 2008). Também pode modificar o posicionamento competitivo da empresa, pode criar novas demandas de clientes e eventualmente pode contribuir para mudar o foco das operações e dos objetivos estratégicos perseguidos pela empresa (SELLITTO et al., 2011).

Alguns tipos de decisões de localização em redes de prestação de serviço são (GOMES et al., 2005): (i) escolha do número de instalações; (ii) localização de cada instalação; (iii) escolha da capacidade de cada instalação; e (iv) alocação de serviços e produtos a cada instalação da rede. Para este artigo, interessam apenas as duas primeiras decisões. A capacidade e o mix de produtos e serviços de cada posto de serviço foram determinadas por outro estudo.

Decisões de localização podem ser baseadas em métodos quantitativos ou qualitativos. Métodos quantitativos exigem mais esforços computacionais, geralmente apoiados por equipamentos (LORENA, 2003). Métodos qualitativos podem exigir capacidade de escolha e melhor discernimento prévio sobre as

implicações das alternativas de decisão. Segundo Ballou (2005), métodos quantitativos têm apresentado mais alta taxa de sucesso. Apesar de a seleção do local ser influenciada por fatores de oportunidade, tais como disponibilidade para arrendamento, políticas tributárias ou outros fatores circunstanciais, uma análise baseada em métodos quantitativos objetivos, tais como custos e distância, pode ser mais útil para se evitarem erros devidos a diferenças de percepção ou de preferências entre decisores (FITZSIMMONS e FITZSIMMONS, 2004).

Em operações de prestação de serviço em rede, é importante que a oferta seja adequada à necessidade do cliente, sem perda na produtividade ou perda de qualidade de seus propósitos. Dessa forma, uma rede de assistência técnica ou de prestação de serviços deve estar posicionada para oferecer a agilidade e rapidez que o mercado exige (SLACK et al., 1997), criando e fortalecendo uma relação de lealdade entre cliente e provedor de serviços (DAVIS et al., 2001).

Os problemas logísticos enfrentados pelas empresas podem envolver a otimização simultânea de múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes. A tomada de decisão quanto à localização de instalações também pode envolver múltiplos objetivos e tornar-se complexa, principalmente se crescer o número de instalações a localizar (GOMES et al., 2005). Geralmente, são necessárias ferramentas computacionais de modelagem e análise (GOMES e RIBEIRO, 2004), nem sempre entendidas ou disponíveis para as empresas, o que pode levá-las a usar métodos parciais ou manuais de apoio à decisão de localização (GOMES et al., 2005). Em condições de incerteza, é necessário empregar técnicas, tais como a simulação computacional (DEB, 2001) ou experimentação comparada de desempenho de alternativas (HARREL et al., 2002).

O objetivo deste artigo é calcular pontos de localização de bases de assistência técnica a postos de combustíveis de uma rede de distribuição de combustíveis fósseis e biocombustíveis no estado do Paraná. O cálculo envolve a determinação de cidades para esta localização. Os objetivos específicos são: dividir os municípios do estado em aglomerados; e para cada aglomerado, calcular um ponto de localização para a base de serviços. O método de pesquisa foi a modelagem quantitativa. O método de trabalho combinou a análise de aglomerados pelo método k-médias e o método dos momentos.

Aplicações similares foram encontradas na literatura e apoiaram a presente pesquisa. Dentre muitas outras, citam-se algumas. Gomes et al. (2005) estudaram

dois modelos logísticos, via problema do agrupamento capacitado (*capacitated clustering*), para localizar instalações e definir roteiros em uma cadeia de distribuição de jornais e em uma cadeia de laticínios. Palhano (2004) aplicou o mesmo método em distribuição de publicações. Sellitto et al. (2009) aplicaram o método do baricentro para localizar um centro de distribuição (CD) em uma rede de autopeças. Cândido e Vieira (2006) apresentaram argumentos que reforçam a importância de se considerar o formato de rede de empresas ao se projetarem operações de distribuição de produtos. Wang e Holguín-Veras (2008) apresentam uma estrutura de modelagem híbrida para a localização de uma planta pelo método do baricentro: localização de instalações; regionalização; baricentro real; baricentro viável; modelagem; e tomada de decisão. Lu e Dessouky (2004) abordam o problema de recolhimento e entrega de produtos com vários veículos disponíveis com o objetivo de minimizar custos de transporte. Os autores utilizaram um algoritmo de programação linear inteira chamado branch-and-cut para aperfeiçoar o modelo e resolver o problema. Galvão et al. (1999) aplicaram modelos matemáticos para a localização de instalações públicas prestadoras de serviços de saúde. Naruo (2003) usou modelos matemáticos e software para o cálculo da localização de aterros sanitários operados por consórcio, cujo objetivo era atender diversas localidades de pequeno porte. Pinedo e Abreu (2011) usaram programação linear inteira mista para estudar a localização ótima de usinas de biodiesel baseados em custo de transporte, demografia da região e oferta de matérias-primas. A análise destas aplicações ajudou a entender o problema em questão e a formular o método ora usado.

O restante do artigo está organizado em: (i) revisão bibliográfica sobre distribuição de combustíveis e sobre métodos de localização de instalações em rede; (ii) descrição da pesquisa; (iii) resultados da pesquisa; e (iv) considerações de encerramento de pesquisa, o que inclui sugestões de continuidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vários métodos de localização já foram propostos na literatura, tal como o modelo de Ardalán (PINTO et al., 2009, Matriz de Preferência Multicritério (ZAMBON et al., 2005), Método da Mediana, Análise Dimensional ou Localização de Unidades de Emergência (BRANDEAU e CHIU, 1989). Estes métodos não tiveram papel mais relevante nesta pesquisa, mas podem ser citados por sua importância no assunto.

Foram revisados estudos de localização industrial e os métodos específicos usados neste artigo: o método k-médias de análise de aglomerados, que separa um conjunto de muitos objetos em poucos aglomerados, e o método dos momentos, para localização de uma facilidade que atenda a cada um dos aglomerados anteriormente definidos, mas que só pode se localizar em um de vários pontos discretos existentes no território. Por fim, considerações de contextualização são feitas acerca da operação de varejo de combustíveis.

2.1 Estudos de localização de instalações industriais

Os primeiros métodos de localização industrial que se têm notícia tratavam da problemática das localizações agrárias e agro-industriais e foram desenvolvidos por economistas rurais e geógrafos, tais como Johann Heinrich Von Thünen e August Lösch. Alfred Weber foi o primeiro estudioso de localização industrial a considerar planos cartesianos na modelagem do problema. Tais estudos datam do início do século XX (PINEDO e ABREU, 2011). O objetivo de Weber era reduzir custos de operação de uma instalação industrial. Para isto, ele tentou localizar instalações de modo a reduzir custos de transporte no abastecimento de matéria-prima e de outros insumos requeridos pela atividade, e na distribuição de produto acabado. Weber considerava não apenas o mercado consumidor do produto, mas também os fornecedores de materiais e serviços para a operação e a disponibilidade de outros fatores, tais como mão-de-obra, recursos naturais e recursos energéticos (FITZSIMMONS e FITZSIMMONS, 2004). Mais recentemente, restrições ambientais, segurança do entorno e remediação ambiental (SELLITTO et al., s.d.) e atividades de pós-venda passaram a influenciar a localização industrial (BORCHARDT et al., 2010). Estudos de localização industrial ganharam notável impulso com a introdução de computadores de grande porte na gestão empresarial, já que muitos dos métodos necessitam de múltiplas iterações e expressiva capacidade de processamento para chegar a resultados aproveitáveis (BALLOU, 2005).

Problemas de localização podem ser tipificados em: (i) localização de uma ou mais facilidades no plano com espaço infinito de soluções, (ii) localização de uma ou mais facilidades no plano com espaço finito de soluções e (iii) localização de uma ou mais facilidades em redes. Modelos do tipo (i) admitem qualquer ponto do plano como solução possível. Com isto, pode ocorrer que o modelo aponte como solução

um local inviável, tal como uma região montanhosa ou pantanosa. Neste caso, uma solução aproximada deve ser buscada. Modelos do tipo (ii) só admitem como solução alguns pontos previamente escolhidos, tais como cidades ou localidades com infra-estrutura adequada à instalação: eventuais pontos ótimos podem ser inviáveis por outros motivos. Por fim, modelos do tipo (iii) admitem vértices (localidades) e arestas (rodovias) como soluções possíveis. A diferença em relação aos modelos anteriores é que eventualmente a facilidade possa se localizar ao longo de uma rodovia (GALVÃO et al., 1999). Modelos de rede podem ser representados por grafos direcionados ou não-direcionados (PINEDO e ABREU, 2011).

O problema a que este artigo se propõe a resolver é do tipo (ii). Em uma dada região, o universo de soluções se restringe a alguns municípios. Um dentre estes municípios será escolhido como sede da base de assistência técnica que deve atender aos postos de gasolina da região.

Outro modo de tipificar problemas de localização é segundo o interesse da rede, combinado com o tipo de propriedade, pública ou privada. No setor privado o interesse geralmente está ligado à maximização de lucro ou minimização de custo. No setor público, o objetivo geralmente está ligado à maximização de um benefício, tal como acesso a um hospital, ou à minimização de um ônus para a sociedade, tal como distância de uma estação de bombeiros (GALVÃO et al., 1999).

Problemas de localização também podem ser divididos em problemas de cobertura e problemas de localização de medianas (LORENA et al., 2001).

Uma solução para um problema de cobertura deve garantir que toda localização em uma dada área esteja a uma distância menor do que um limite aceitável. O limite pode ser dado em quilômetros ou em tempo médio para percorrer a distância. Por exemplo, ao se localizar um hospital, é preciso que todo morador da região de cobertura esteja a menos de 20 km ou de 30 minutos do mesmo (LORENA, 2003). Uma área é considerada coberta quando qualquer ponto pertencente a esta área está a uma distância menor do que a distância crítica de pelo menos uma das facilidades existentes na área (GALVÃO et al., 1999). Uma solução para o problema da localização de medianas deve localizar uma ou mais facilidades em uma região minimizando a soma de todas as distâncias de cada ponto de demanda à facilidade mais próxima (LORENA et al., 2001).

O problema resolvido neste artigo tem as duas características: houve a imposição de uma distância máxima a partir de cada facilidade; e esta foi calculada

de modo a minimizar a distância total percorrida.

2.2 Método *k*-médias para as sub-regiões

O método *k*-médias é um dos métodos pelos quais é possível fazer uma análise de aglomerados (*cluster analysis*). A análise agrupa objetos individuais, descritos por uma ou mais variáveis, de tal modo que os objetos de um mesmo grupo sejam parecidos entre si e diferentes dos objetos dos outros grupos. É objetivo da análise maximizar a homogeneidade dentro dos grupos e a heterogeneidade entre os grupos (RODRIGUES e SELLITTO, 2009).

Malhotra (2004) aponta seis etapas que devem ser seguidas em análises de aglomerados: (i) formulação do problema; (ii) escolha das grandezas que darão uma medida de similaridade entre objetos; (iii) escolha do processo pelo qual a aglomeração será feita; (iv) escolha do número de aglomerados que serão considerados; (v) execução da aglomeração; e (vi) avaliação e interpretação subjetiva da validade da aglomeração obtida.

O método *k*-médias vai designando objetos aos agrupamentos, segundo um número previamente escolhido de aglomerados. Escolhe-se uma semente como o centro inicial de aglomerado. A partir da semente, todos os objetos dentro de uma distância de referência são incluídos no aglomerado. Em seguida, outra semente de aglomerado é escolhida e a designação continua até que não reste objeto isolado. Eventualmente, alguns objetos mais próximos das fronteiras entre aglomerados podem ser realocados se estiverem mais próximos do centro de outro aglomerado (HAIR et al., 2005).

2.3 Método dos Momentos

O método dos momentos é mais bem entendido se antes se abordar o método do centro de gravidade (ou baricentro). Este método usa uma técnica quantitativa de decisão sobre localização de instalações, cujo objetivo é minimizar os custos totais de transporte decorrentes da operação que vier a ser localizada em um território contínuo. Em alguns tipos de problemas, já mencionados, o cálculo matemático bruto, tal como feito pelo cálculo do baricentro, pode indicar uma posição inviável no território. Neste caso, o resultado pode ser usado como ponto de

partida para uma nova iteração ou escolhe-se uma localização próxima viável, a partir de um conjunto finito de possibilidades, o que passa a caracterizar o método dos momentos (BALLOU, 2005).

Cada solução acarreta um valor para o custo do transporte, dado pela soma dos custos de transporte para todas as localidades da região. A localização ótima da instalação do prestador de serviço, ou seja, a localização que minimiza os custos de transporte é análoga ao centro de gravidade ponderado dos pontos para onde ou de onde os bens são transportados. O método pode ser aplicado diretamente a uma planta única ou em partes, quando a região é dividida em sub-regiões. Neste caso, cada sub-região é tratada como se fosse única, resultando uma rede de prestadores de serviço que atendem a toda a grande região com custo de transporte o mais baixo possível (DAVIS et al., 2001).

O método associa pontos no plano cartesiano a localidades geográficas e calcula a localização no plano que minimiza o somatório das distâncias multiplicadas pelo volume de carga e pelo custo unitário do transporte (referente ao transporte de uma unidade de carga a uma unidade de distância), ou seja, o custo total de transporte (BOWERSOX e CLOSS, 2001). A localização no plano cartesiano é convertida em localização geográfica. Caso a localização calculada não seja viável na prática, busca-se a localização viável mais próxima ou usa-se a localização calculada como ponto de partida para nova iteração (MOREIRA, 2001).

O método do baricentro é conhecido por várias outras denominações: centro de gravidade exato, p -gravidade, método do mediano ou método centroide (BALLOU, 2005). Em essência, seu objetivo consiste em localizar bases ou centros no território de tal modo que haja minimização do custo total de transporte TC entre este centro e os pontos que serão servidos na região. Este custo total é a soma dos produtos entre o volume de carga transportada V_i , o custo unitário de transporte R_i e a distância percorrida d_i (eq. 1).

$$MinTC = \sum V_i R_i d_i \text{ (eq. 1)}$$

As variáveis de decisão do problema são as coordenadas do centro x_i e y_i . Volume, distância e custo unitário são parâmetros do problema. Para a minimização, usa-se a função distância Euclidiana entre pontos. Não se adotou a distância

rodoviária pela dificuldade em obter todos os dados e por estes variarem, conforme a situação das estradas (desvios são frequentemente utilizados). Ademais, usualmente, distâncias rodoviária e euclidiana são próximas e proporcionais.

O método se vale do conceito de regionalização: divide um mercado em mercados menores, as sub-regiões, ou mercados locais; e toma-se o mercado local como se fosse concentrado em um único centro de gravidade local (FONSECA e SILVA, 2005). Para cada mercado local ou sub-região, o cálculo envolve as etapas:

1. Determinar as coordenadas X_i , Y_i , os volumes e os custos unitários de transporte para todo ponto do mercado local;
2. Calcular a localização do baricentro local pelas equações 2 e 3:

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i R_i X_i}{\sum V_i R_i} \quad (\text{eq. 2})$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum V_i R_i Y_i}{\sum V_i R_i} \quad (\text{eq. 3})$$

Em que:

\bar{X} , \bar{Y} = Coordenadas do baricentro local;

X_i , Y_i = Coordenadas dos pontos da rede;

V_i = Volume de carga no ponto i ;

R_i = Custo de transporte até o ponto i .

O método do baricentro se aplica a problemas de localização anteriormente mencionados como tipo (i). Neste tipo de problema, qualquer ponto do plano pode ser selecionado como solução do problema. Caso apenas certas localidades possam ser solução, como quando apenas poucas cidades têm estrutura adequada para a operação, o método deve ser adaptado, passando a chamar-se método dos momentos. Para cada cidade possível, calcula-se o produto entre custo unitário de transporte, quantidade a ser transportada e distância. Esta grandeza é chamada de momento. A seguir, somam-se todos os momentos de cada cidade, obtendo o momento geral. A cidade que tiver o menor momento geral é a escolhida como sede da instalação (AQUILANO et al., 2000). No caso em estudo, existe restrição de

localidade: apenas alguns pontos no plano correspondem a cidades e mesmo assim, nem toda cidade da região poderia ser escolhida como sede, dado que existe uma exigência de infra-estrutura para a operação, que deverá ser usada pelo técnico no local determinado. Logo, calculado o baricentro, inspecionam-se as cidades próximas e escolhe-se aquela com melhores condições para a instalação da operação.

2.4 Operações em Varejo de Combustíveis

A função distribuição de combustíveis é composta basicamente por dois tipos de atividade: o transporte e a armazenagem de combustíveis. Parte da função armazenagem é executada nas bases das empresas distribuidoras e parte é compartilhada com o varejo de combustíveis fósseis e biocombustíveis, pois os postos de venda têm capacidade para manter estoques suficientes para alguns dias de venda, antes de requererem reposição (LORENZETT e ROSSATO, 2010).

Um tipo de decisão que afeta os resultados da função distribuição no setor de combustíveis é a localização dos postos de venda a varejo. Desta decisão decorrem muitos dos resultados de desempenho da operação, tais como custos e nível de atendimento a demandas de varejistas. O setor de varejo de combustíveis tornou-se importante e estratégico para os resultados econômicos da nação, haja vista que os transportes no Brasil são predominantemente rodoviários e dependentes de combustíveis fósseis e biocombustíveis (BARROS, 2006).

Postos de combustíveis podem ser urbanos, em meio às cidades, ou rodoviários, às margens das estradas. As atividades usualmente observadas em postos de venda a varejo de combustíveis são: armazenamento de combustíveis; Abastecimento de veículos; Lavagem de veículos; lubrificação de veículos; lojas de conveniência (LORENZETT e ROSSATO, 2010). Postos de combustíveis possuem basicamente as seguintes instalações: unidades de abastecimento de veículos (bomba de gasolina); tanques de combustíveis, usualmente sob o solo; pontos de descarga de combustíveis; tanques para recolhimento e guarda de lubrificantes usados, também usualmente sob o solo; tubulações enterradas que comunicam pontos de descarga, reservatórios e bombas de abastecimento; instalações administrativas; lojas de conveniência; centros de lubrificação e lavagem e filtragem de diesel; sistema de drenagens, e equipamentos de proteção e controle de

vazamentos e segurança (SANTOS, 2005).

Observa-se que há importante aporte de tecnologia em postos de combustível. Tal tecnologia implica a necessidade de serviços de manutenção. Os principais serviços são: aferição metrológica dos medidores de vazão de combustível, revisão mecânica dos sistemas de carga e descarga de combustível, revisão eletromecânica da bomba de combustível, e revisão ambiental e de segurança da instalação e do reservatório de combustível sob o posto.

Este artigo trata da localização da base de oferta de tais serviços.

3 A PESQUISA

A operação estudada é centralizada em base localizada no município de Canoas, no Rio Grande do Sul, de onde são comandadas as operações de distribuição de combustível para as regiões Sul e Sudeste e a manutenção de equipamentos na região sul do Brasil.

A base conta com cerca de 110 funcionários, sendo 47 na manutenção. O faturamento anual gira em torno de dois bilhões de reais. Estrategicamente, o setor de manutenção não visa ao lucro originado de seus serviços. Seu papel é prestar serviços agregados ao produto. O setor de manutenção de equipamentos possui dois focos: serviços internos em bombas de combustível; e externos, em postos de serviço. A manutenção interna caracteriza-se como uma oficina de reforma (situada em Canoas) que desmonta bombas desmobilizadas e as recupera para nova utilização. A manutenção externa (foco deste artigo) caracteriza-se como serviço de atendimento aos clientes diretamente nos postos de combustível por técnicos que residem em locais que minimizem o tempo de atendimento. Estes técnicos só visitam um posto de combustível se houver chamado (manutenção de emergência). Outras empresas de distribuição de combustíveis terceirizam este serviço.

3.1 Metodologia

O método de pesquisa foi a modelagem quantitativa. Quanto à natureza, pode ser considerada pesquisa aplicada, pois seus resultados foram empregados na solução de um problema: o conhecimento gerado teve aplicação prática na solução de um problema específico. Quanto à abordagem, esta pesquisa pode ser

qualificada como quantitativa, pois se utilizaram dados quantificados para aplicação do modelo (SILVA e MENEZES, 2001). No que se refere à dimensão temporal da pesquisa, esta tem corte transversal com análise longitudinal de todo o período de 2009, isto é, envolve a coleta de dados em um único momento no tempo e descreve o fenômeno no momento em que os dados foram coletados (POLLIT et al., 2004).

O método de trabalho usou o método *k*-médias de aglomeração e o método dos momentos para a localização de cidades que sediarão as bases de assistência técnica para postos de combustíveis no estado do Paraná. As grandezas que medem a similaridade entre as cidades do Paraná foram a distância entre si e a distância até Canoas. Foi usado o software SPSS. A capital ficou de fora, sendo tratada como região única, dada sua importância.

O método *k*-médias não é exato ou otimizador e sua aplicação pode conter alguma subjetividade ou produzir uma solução boa, mas não necessariamente ótima (HAIR et al., 2005). O uso de baricentros é adequado quando o volume potencial de entregas ou chamadas em um ponto obedece à distribuição normal. Além da facilidade de tratamento matemático, pelo teorema do limite central a soma das entregas individuais tende à distribuição normal quando o número de pontos envolvidos cresce. Existem vantagens em se trabalhar com grandes amostras. Nestes casos, a violação do pressuposto de que a população seja normal é menos crítica para os testes estatísticos, intervalos de confiança e estimação de parâmetros (SELLITTO et al., 2009).

A empresa impôs três restrições estratégicas para a definição das instalações: a capital deveria ser atendida por uma base exclusiva; nenhuma base deveria atender a mais de 600 bicos e 80 clientes; e nenhuma localidade do estado deveria ficar a mais de 200 km de uma base. Tais medidas, segundo a empresa, garantem atendimento no mesmo dia do chamado, conforme experiência adquirida nos demais estados sulinos.

Como o método *k*-médias não é exato, várias soluções foram examinadas e eventualmente corrigidas manualmente para que se obtivesse algum equilíbrio no número de bicos atendidos e no volume de combustível vendido em cada região. A melhor opção oferecida pelo software apontou que seriam necessários oito aglomerados, ou sub-regiões, a capital e mais sete mercados locais. A distância máxima dentro de uma região foi de 200 quilômetros. A composição de cada mercado local será discutida na sequência da pesquisa.

Para o cálculo dos baricentros locais, foram consideradas as equações 6 e 7, adaptadas a partir das equações 4 e 5. Tais equações excluem qualquer otimização em relação ao município de Canoas/RS. O cálculo de baricentros ajudou a localizar geograficamente as diversas regiões.

$$G_x = \frac{\sum_i x_i b_i v_i}{\sum_i b_i v_i} \quad (\text{eq. 4})$$

$$G_y = \frac{\sum_i y_i b_i v_i}{\sum_i b_i v_i} \quad (\text{eq. 5})$$

Nas quais:

b_i = Quantidade de bicos;

v_i = Volume de vendas (m^3);

x_i = Coordenada cartesiana horizontal do i -ésimo cliente;

y_i = Coordenada cartesiana vertical do i -ésimo cliente.

$G_{x,y}$ = Coordenadas do baricentro local.

A escolha de b_i (quantidade de bicos) e v_i (volume de vendas) como parâmetros do problema de decisão deve-se ao fato de que, em um cliente com maior volume de vendas e maior número de bicos, há uma maior probabilidade de chamados de manutenção. O custo de transporte, originalmente considerado pelo método, é substituído pelo custo da venda perdida, que pode penalizar o cliente se este ficar com bicos inativos (grandes filas desestimulam motoristas a abastecer, forçando-os a procurar outro posto de serviços). Para as sete regiões, aplicaram-se as equações a fim de encontrar o ponto ótimo para a instalação da sede da assistência técnica local. As variáveis de decisão são as coordenadas cartesianas das cidades-sede das bases de assistência técnica.

O modelo de dados para o método do baricentro logístico inclui: distâncias espaciais calculadas por métrica euclidiana, com coordenadas cartesianas importadas do *software* Google Earth (latitude e longitude correspondem ao marco zero do município); volume de vendas e número de bicos obtidos do sistema de Business Intelligence da empresa. Não foi utilizado ajuste quanto ao modelo de

equipamento em campo ou diversidade do produto, considerando-se um produto médio para efeito de cálculo.

4 RESULTADOS

A aplicação do método resultou em sete regiões, mais a cidade de Curitiba. Dentro das regiões, o método apontou uma cidade-sede. Foram respeitados os limites de postos (clientes) e bicos conforme limite médio já existente para Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As sedes das assistências técnicas definidas para o estado do Paraná foram: Piraquara, Irati, Cascavel, Toledo, Londrina, Maringá e Santo Antônio da Platina.

A Tabela 1 sintetiza informações das regiões.

Tabela 1 - Informações sobre a solução adotada

Região	Sede	Número de Bicos	Volume (m³/mês)	Número de Postos	Número de cidades	Bicos por postos	Postos por cidade
1	Piraquara	533	15.500	57	16	9,4	3,6
2	Irati	531	18.500	61	22	8,7	2,8
3	Cascavel	515	19.000	72	38	7,2	1,9
4	Toledo	471	17.000	61	21	7,7	2,9
5	Londrina	543	19.000	75	22	7,2	3,4
6	Maringá	569	17.500	78	35	7,3	2,2
7	S. Ant. da Platina	463	16.500	56	25	8,3	2,2

Fonte: Elaborado pelos autores

A tabela apresenta o número da região, a cidade-sede, o número de bicos da região, o volume aproximado médio de combustível comercializado na região, o número de postos de atendimento servidos na região, o número de cidades incluídas na região, e dois indicadores acerca do tipo de cliente: o número médio de bicos por posto e o número médio de postos por cidade.

Excetuando a capital, as demais regiões apresentam certo equilíbrio na solução adotada. As regiões com maior e menor número de bicos têm 569 e 463 bicos, respectivamente, um intervalo de cerca de 18,6% do maior valor. O mesmo se observa em relação ao volume médio aproximado de combustível comercializado por região. Os maiores volumes são respectivamente 15.500 e 19.000 m³ por mês, um intervalo de cerca de 18,4% do maior volume. Os valores observados nas áreas selecionadas foram considerados equilibrados e satisfatórios para o objetivo da empresa, mesmo que o método usado não seja otimizante e portanto não haja

garantia de que não haja solução melhor.

O número médio de bicos por postos e de postos por cidade se mostraram equilibrados. Observe-se que este valor não influenciou no método de cálculo, sendo um parâmetro que caracteriza o tipo de posto instalado e o tipo de cidade encontrada na região.

A Tabela 2 apresenta as distâncias euclidianas, medidas com apoio do software Google Earth, entre Canoas e as cidades-sede. Como dentro de cada região, não existe distância maior do que 200 km, por definição de projeto, a configuração atende ao que a empresa esperava.

Tabela 2 - Distância euclidiana de Canoas às cidades-sede

Região	Sede	Distância euclidiana até Canoas
1	Piraquara	540
2	Irati	500
3	Cascavel	600
4	Toledo	620
5	Londrina	740
6	Maringá	720
7	S. Ant. da Platina	740

Fonte: obtido do Google Earth

A Figura 1 apresenta e sintetiza a solução adotada. Na figura, observa-se a posição da sede da empresa, em Canoas, no RS, e também a posição das sete cidades-sede de bases, no Paraná.

Figura 1- Mapa representativo da solução



Fonte: Adaptado de Google Earth

5 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste artigo foi calcular pontos de localização de bases de assistência técnica a postos de combustíveis de uma rede de distribuição de combustíveis fósseis e biocombustíveis no estado do Paraná. Os objetivos específicos foram: dividir os municípios do estado em aglomerados; e para cada aglomerado, calcular um ponto de localização para a base de serviços. A metodologia de pesquisa foi a modelagem quantitativa.

O primeiro objetivo específico foi alcançado com apoio da análise de aglomerados. Foi usado o método *k*-médias. A análise foi executada com apoio do software SPSS. O segundo objetivo específico foi alcançado com apoio do método dos momentos. Os resultados dos cálculos do baricentro apontaram cidades-sede para as sete regiões que, junto com a capital, formam as oito cidades sede dos

técnicos de manutenção de equipamentos.

Implicações gerenciais advêm da pesquisa. A principal delas é que se obteve uma solução para o problema do atendimento de emergência, dada a facilidade que a localização da sede oferece para que rapidamente se chegue a qualquer ponto dentro de uma região. Para este segmento de mercado, o varejo de combustíveis, é importante que o atendimento corretivo a bombas de combustível seja rápido devido a este ser o equipamento vital para o funcionamento do ponto de venda e, por consequência, do faturamento do cliente.

A pesquisa deixa oportunidades. Como continuidade de pesquisa, propõe-se o uso de software logístico específico para automatização do método empregado levando em conta as mesmas variáveis empregadas neste artigo. A análise de aspectos relacionados a custos logísticos, taxa de falhas e modelo de bombas por postos também é remetida à continuidade das pesquisas.

RECONHECIMENTO

Parte da pesquisa foi financiada pelo CNPq.

REFERÊNCIAS

AQUILANO, N.; CHASE, R.; DAVIS, M. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

BARROS, P. **Diagnostico ambiental para postos de abastecimento de combustíveis DAPAC**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. UNIVALI, Itajai: 2006.

BORCHARDT, M.; SELLITTO, M.; PEREIRA, G. Serviços de pós-venda para produtos fabricados em base tecnológica. **Produção Online**, v.8, n.1, p.1-25, 2008.
<http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v8i2.121>

BORCHARDT, M.; SELLITTO, M.; PEREIRA, G. Sistemas produto-serviço: referencial teórico e direções para futuras pesquisas. **Produção Online**, v.10, n.4, p.818-836, 2010.
<http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v10i4.510>

BOWERSOX, D. J.; CLOSS D. J. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2001.
BRANDEAU, M.; CHIU, S. An overview of representative problems in location research. **Management Science**, v.35, n.6, p.645-674, 1989.
<http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.35.6.645>

CÂNDIDO, G.; VIEIRA, L. Aplicação dos conceitos de redes interorganizacionais no setor varejista: uma proposta de aplicação dos conceitos de *brokers* e operadores logísticos em empresas distribuidoras de alimentos. **Produção Online**, v.6, n.2, p.1-23, 2006.
<http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v6i2.286>

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da administração da produção**.
Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 2-20, jan./mar. 2015.

Porto Alegre: Bookman, 2001.

DEB, K. **Multi-objective optimization using evolutionary algorithms**. John Wiley and Sons, 2001.

FITZSIMMONS, J.; FITZSIMMONS, M. **Administração de serviços**. Porto Alegre: Porto Alegre: Bookman, 2004.

FONSECA, A.; SILVA E. Planejamento do sistema logístico de distribuição de leite. **Cadernos do CEAM - Estudos Rurais**, v.5, n.20, p.11-27, 2004.

GALVÃO R.; NOBRE, F.; VASCONCELLOS, M. Modelos matemáticos de localização aplicados à organização espacial de unidades de saúde. **Revista de Saúde Pública**, v.33, n.4, p.422-34, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101999000400014>

GOMES, C.; RIBEIRO, P. **Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação**. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

GOMES, M.; PALHANO, A.; SILVA, I. Uma avaliação de modelos de cadeias logísticas da entrega de jornais a assinantes e coleta de leite a granel. **Produção Online**, v.5, n.1, p.1-26, 2005. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v5i1.330>

HAIR, J.; TATHAM, R.; ANDERSON, R.; BLACK, W. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HARREL, C.; MOTT, J.; BATEMAN, R.; BOWDEN, R.; GOGG, T. **Simulação: otimizando sistemas**. São Paulo: Instituto IMAM, 2002.

LORENA, L. Análise espacial de redes com aplicações em sistemas de informações geográficas. **Produção Online**, v.3, n.2, p.1-24, 2003. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v3i2.623>

LORENA, L.; SENNE, E.; PAIVA, J.; PEREIRA, M. Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas. **Gestão & Produção**, v.8, n.2, p.180-195, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2001000200006>

LORENZETT, D.; ROSSATO, M. A gestão de resíduos em postos de abastecimento de combustível. **Gestão Industrial**, v.6, n.2, p.110-125, 2010. <http://dx.doi.org/10.3895/S1808-04482011000300001>

LU, Q.; DESSOUKY, M. An exact algorithm for the multiple vehicle pickup and delivery problem. **Transportation Science**, v.38, n.4, p.503-514, 2004.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MOREIRA, D. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001.

NARUO, M. **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes. USP, São Carlos: 2003.

PALHANO, A. **Novos métodos de agrupamento capacitado e roteamento generalizado aplicados na distribuição de jornais a assinantes**. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, CEFET-CE, Fortaleza: 2004.

PINEDO, K.; ABREU, Y. Determinação de pontos ótimos para localização e implantação de
Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 1, p. 2-20, jan./mar. 2015.

usinas de biodiesel no estado do Tocantins. **Produção Online**, v.11, n.4, p.1160-1181, 2011. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v11i4.828>

PINTO, J.; FALANI, S.; GURGEL, A.; FERREIRA, R. Localização de uma unidade de pré-tratamento de óleo e gordura residual de fritura para produção de biodiesel. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009. **Anais...** Salvador:ABEPRO, 2009.

POLLIT, D.; BECK, C.; HUNGLER, B. **Fundamentos de pesquisa: métodos, avaliação e utilização.** Porto Alegre: Artmed, 2004.

RODRIGUES, D.; SELLITTO, M. Análise do desempenho de fornecedores de uma empresa de manufatura apoiada em análise de aglomerados. **Produção**, v.19, n.1, p.55-69, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132009000100005>

SANTOS, R. **A gestão ambiental em posto revendedor de combustíveis como instrumento de prevenção de passivos ambientais.** Dissertação de Mestrado em Sistemas de Gestão do Meio Ambiente, UFF, Niterói: 2005.

SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G.; PACHECO, D. Gestão de cadeias de suprimentos verdes: quadro de trabalho e direção para futura pesquisa. **Produção Online**, v.13, n.1, p.351-374, 2013. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v13i1.1181>

SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G.; SILVA, B. Avaliação de duas alternativas para distribuição de autopeças considerando centros de distribuição –CD's. **INGEPRO**, v.01, n.01, p.01-17, 2009.

SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G.; SILVA, M. Prioridades estratégicas em serviços de pós-venda de uma empresa de manufatura de base tecnológica. **Gestão & Produção**, v.18, n.1, p.131-144, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2011000100010>

SILVA, E. L.; MENEZES E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.

WANG, Q.; HOLGUIN-VERAS, J. An investigation on the attributes determining trip chaining behavior in hybrid micro-simulation urban freight models. **Transportation Research Record**, v. 2066, p.1-8, 2008.

ZAMBON, K.; CARNEIRO, A.; SILVA, A.; NEGRI, J. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.2, p.183-199, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382005000200002>



Artigo recebido em 07/07/2012 e aceito para publicação em 12/02/2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v15i1.1371>