

30 de setembro a 4 de outubro
Ponta Grossa - PR - Brasil

APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA A LOCALIZAÇÃO DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NO SETOR VAREJISTA

APPLICATION OF AHP METHOD FOR A RETAIL DISTRIBUTION CENTER LOCATION

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

Marcia Danieli Szeremeta Spak, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus: Pato Branco, Brasil,
spak@utfpr.edu.br

João Carlos Colmenero, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus: Ponta Grossa, Brasil,
colmenero@utfpr.edu.br

Resumo

O setor varejista é um dos mais afetados pela competitividade do mercado, as empresas do setor buscam constantemente a redução dos preços e dos prazos de entrega dos produtos para manterem a sua posição perante os concorrentes. Um dos fatores que influenciam diretamente a competitividade dessas organizações são os elevados custos do sistema de distribuição. A fim de reduzir esses impactos no sistema de distribuição, o presente estudo tem por objetivo aplicar o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para a localização de um centro de distribuição no setor varejista. No desenvolvimento do trabalho, buscou-se identificar o melhor terreno entre três alternativas. Inicialmente foram definidos os critérios e subcritérios de influência no contexto de decisão e aplicado o método AHP para definir a melhor alternativa. Os resultados apresentados mostram que o critério “instalação” é o principal responsável para a determinação da localização do terreno. O estudo identificou a alternativa “terreno 3” como o melhor local para a instalação do centro de distribuição.

Palavras-chave: localização; centro de distribuição; tomada de decisão; AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Abstract

The retail sector is one of the most affected by market competitiveness the companies of sector constantly seek the price reduction and products delivery times to maintain their position in relation to competitors. One of the factors that directly influence the competitiveness these organizations is the high costs of the distribution system. In order to reduce these impacts on the distribution system the present study aims to apply the AHP method (Analytic Hierarchy Process) for distribution center location in retail sector. In the development of the work, it was sought to identify the best place among three alternatives. The criteria and subcriteria of influence in the decision context were initially defined and the AHP method was applied to define the best alternative. The results presented show that the “installation” criteria is mainly responsible for determining the location of the place. The study identified the alternative “ground 3” as the best location for the distribution center installation.

Keywords: location; distribution center; decision-making; AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

1. INTRODUÇÃO

O setor varejista vem se destacando após um período de ressecção econômica no Brasil. Apesar do seu crescimento, uma das dificuldades do setor varejista está ligada ao seu sistema de

distribuição, a extensa dimensão geográfica brasileira e o atendimento a diversos pontos de venda em várias regiões, aliado aos altos custos de transporte, configuram um empecilho para as organizações do setor varejista. Desta forma, torna-se necessário o planejamento adequado do sistema de distribuição.

Existem vários estudos voltados a soluções dos problemas de distribuição, entre eles destacam-se os estudos de localização de instalações, os quais tem se aprimorado nos últimos anos, apresentando diversas técnicas eficazes de solução, especificamente em relação aos centros de distribuição (CD's) que servem como intermediários no sistema de distribuição.

No setor varejista, os CD's devem ser estrategicamente localizados para atender de forma precisa os pontos de venda, manter a competitividade e reduzir os custos logísticos. A escolha do local para a instalação deve ser criteriosa, considerando que um CD é uma estrutura de grande porte e que demanda um alto investimento.

Em meio ao crescente desenvolvimento do setor varejista e tendo em vista a manutenção da eficiência operacional dessa atividade, a redução dos custos e o atendimento rápido ao cliente, torna-se essencial a localização estratégica de CD's. A definição dos locais para a instalação de um CD é uma decisão crítica, uma vez que, tanto os custos de um sistema de distribuição como o nível de serviço fornecido ao cliente são diretamente afetados pelo número, tamanho e localização dos centros de distribuição (Huijun, Ziyu e Jianjun, 2008). A localização de novas instalações parte de uma decisão estratégica, devido ao grande investimento normalmente associado a esse tipo de decisão (Melo, Nickel e Saldanha-da-Gama, 2009).

A localização estratégica dos CD's torna-se um fator determinante para a manutenção da competitividade das organizações varejistas. Para isso, é necessário o conhecimento dos fatores que influenciam o processo de localização e a utilização de uma metodologia que venha a fornecer as informações precisas para a tomada de decisão para a instalação de um CD. Tal metodologia necessita ter viabilidade em sua utilização tratando de forma simples os problemas complexos enfrentados pelos decisores, possibilitando a visualização ampla de todos os aspectos que estão em torno da decisão da localização de uma instalação de grande porte como a de um CD.

Melo et al. (2009) afirmam que existe grande dificuldade dos gestores na utilização de modelos quantitativos para o apoio a decisão estratégica, pois não existe tradição na aplicação de tais modelos devido a dificuldade na coleta de dados e a complexidade no seu desenvolvimento e aplicação. Sendo assim, o desenvolvimento de uma metodologia para a localização de CD's é importante devido à escassez de tais ferramentas no contexto empresarial.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo aplicar o método multicritério de apoio à tomada de decisão AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para identificar a melhor alternativa de localização de um centro de distribuição no setor varejista.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir apresenta-se a revisão bibliográfica que serviu de suporte para a elaboração do presente trabalho. Inicialmente, a temática localização de instalações é brevemente introduzida, na sequência o método AHP é apresentado, destacando-se o seu funcionamento. E por fim, algumas aplicações do método AHP ao contexto de localização são apresentadas.

2.1 Localização de instalações

A questão básica que trata a teoria da localização envolve as formas de escolher um local para uma instalação, entre um número infinito de possibilidades, na medida em que este ponto seja

adequado para atender as demandas das regiões que estiverem ao redor do ponto fornecedor (Sule, 2001).

Conforme Korpela, Lehmusvaara e Nisonen (2007) a localização de instalações é um problema de projeto em nível estratégico, pois a decisão influenciará a organização por um período prolongado. Ainda, segundo Owen e Daskin (1998) decisões sobre localização de instalações são questões críticas no planejamento estratégico. Os altos custos de aquisição dos terrenos e de construção tornam o investimento de retorno a longo prazo.

Aboolian, Berman e Krass (2007) justificam que o aumento do nível dos serviços prestados pode ser adquirido através do aumento das instalações, melhoria no projeto de instalações e localização mais próxima ao cliente.

Existem várias metodologias que podem ser utilizadas na de localização de instalações que mudam conforme a complexidade do problema abordado. Entre esses, destacam-se os modelos determinísticos de otimização; modelos de simulação; modelos discretos e contínuos; modelos heurísticos e os métodos multicritérios. Os estudos de Klose e Drexl (2005) e Melo et al. (2009) apresentam uma abordagem detalhada sobre os modelos de localização existentes e suas funcionalidades.

2.2 Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Pertencente aos métodos multicritérios, o método AHP realiza uma representação hierárquica dos elementos envolvidos no processo para a melhor visualização do contexto de decisão. A abordagem do método AHP consiste na definição do problema ou objetivo, abordagem dos critérios e subcritérios que influenciam a tomada de decisão, identificação das alternativas que permitam atingir o objetivo, aplicação da comparação de pares entre os critérios para a definição das prioridades e cálculo dos índices de consistência para os critérios (Vaidya e Kumar, 2006). Nesse processo, devem ser identificadas as informações apropriadas para que o tomador de decisão possa construir corretamente as suas preferências em relação às alternativas (Tzeng e Huang, 2011).

Em síntese, os elementos da hierarquia ficam organizados conforme a Figura 1

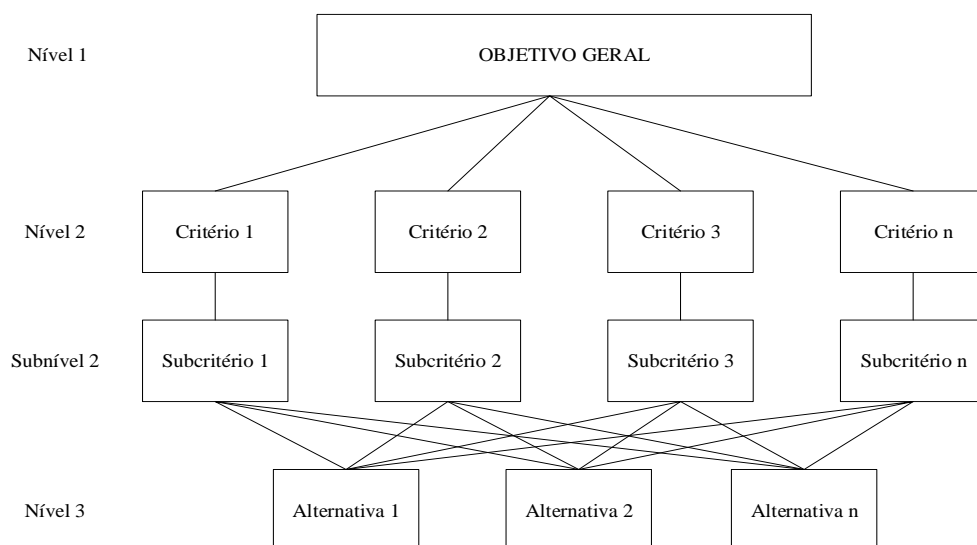


Figura 1. Estrutura hierárquica do método AHP

Fonte: Autoria própria

Após a divisão do problema em níveis hierárquicos, o método realiza a síntese dos valores e determina de forma clara uma medida global para cada uma das alternativas, estabelecendo assim a prioridade entre elas. A decomposição em níveis hierárquicos facilita a análise e definição das prioridades, e a ordenação dos critérios promove a compreensão dos decisores sobre o problema abordado (Korpela et al., 2007). O objetivo desta decomposição é visualizar a importância dos elementos entre si e em relação aos outros níveis. Neste processo o decisor realiza avaliações por meio da comparação de pares, que posteriormente é utilizada para desenvolver as prioridades gerais e então classificar as alternativas do problema (Saaty e Vargas, 2001).

A comparação par a par de cada elemento dentro do seu nível hierárquico, cria uma matriz quadrada de decisão. (Wolff, 2008). Na matriz o decisor apresenta a sua preferência entre os elementos comparados em relação ao nível superior, através de uma escala predefinida.

2.2.1 Escala fundamental

Após a hierarquização do problema, realiza-se os julgamentos comparativos que consistem em determinar a intensidade de um elemento de um nível em relação à sua importância para um elemento no nível superior, esses julgamentos são realizados por comparações par a par, medindo a intensidade de sua importância (Nogueira, 2010). A comparação pareada das alternativas é realizada com base em uma escala numérica que vai de 1 a 9 ou da respectiva escala qualitativa, denominada Escala Fundamental, conforme apresentado na Tabela 1. Essa escala é empregada para comparar a importância dos pesos dos critérios (Tzeng e Huang, 2011).

Intensidade	1	3	5	7	9	2, 4, 6, 8
Descrição	Igual	Moderado	Forte	Muito forte	Absoluto	Valores Intermediários

Tabela 1. Escala fundamental do AHP
Fonte: Adaptado de Tzeng e Huang (2011)

Na escala fundamental, o número um indica que os dois elementos comparados apresentam igual importância e o número nove indica que o primeiro elemento é absolutamente mais importante que o segundo.

2.2.2 Matriz de preferências

Após a realização das comparações pareadas, os resultados obtidos são inseridos em uma matriz A quadrada $n \times n$. O preenchimento da matriz é realizado por linhas, onde a diagonal principal é preenchida com o valor 1, representando a comparação de um elemento por ele mesmo. Na linha 1 são inseridas as importâncias que o elemento dessa linha tem em relação a cada elemento de todas as colunas e assim sucessivamente.

De forma geral, cada um dos julgamentos representa a dominância do elemento linha sobre o elemento coluna. Se o elemento A_i (linha) tiver igual importância ao elemento A_j (coluna), o valor considerado a esse par é 1. Caso o elemento A_i seja mais importante ao elemento A_j esse assume um valor de 2 a 9 dependendo o grau de importância. Caso contrário, se o elemento A_i for menos importante ao elemento A_j , assume-se o grau de importância inverso, ou seja: $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{9}$, justificando os valores inversos de a_{ij} e a_{ji} (Wolff, 2008). Cada comparação gera uma matriz $n \times n$ conforme a Figura 2.

$$\begin{array}{c}
 A_1 \quad A_n \\
 C \\
 A_1 \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & x & \dots & z \\
 1 & 1 & \dots & \vdots \\
 x & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 1 & 1 & \dots & 1 \\
 \frac{1}{y} & \frac{1}{z} & \dots & 1
 \end{bmatrix}$$

Figura 2. Exemplo de matriz de comparação
Fonte: Adaptado de Wolff (2008)

Sendo a_{ij} o valor obtido da comparação pareada do elemento i com o elemento j , a matriz formada é a matriz A , onde $A = (a_{ij})$. A matriz A é uma matriz recíproca tal que $a_{ji} = 1/a_{ij}$, onde, se os julgamentos fossem perfeitos em todas as comparações, seria possível verificar que $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$ para qualquer i, j, k . Desta forma, a matriz A se torna consistente (Gomes, Araya e Carignano, 2004).

Tais matrizes serão sempre recíprocas e positivas e as comparações pareadas são realizadas em todos os níveis hierárquicos. O procedimento se repete para todos os elementos do nível em relação a todos os elementos do nível superior.

2.2.3 Cálculo dos autovetores

A resolução da matriz resulta no autovetor de prioridades, expressando assim a importância relativa de cada critério. O cálculo consiste em elevar a matriz a uma potência relativamente alta, dividindo a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, assim, normalizando os resultados. Esta operação deverá ser realizada até que a diferença do resultado normalizado na última operação seja mais próximo do resultado da próxima operação (Abreu, Granemann, Gartner e Bernardes, 2000).

O autovetor apresenta a medida de consistência de uma matriz. Onde n é o número de elementos a serem comparados, λ_{max} é o autovetor de A , e w o vetor de prioridades. Sendo os julgamentos perfeitamente consistentes têm-se $\lambda_{max} = n$ e $a_{ij} = w_i/w_j$ (Gomes et al., 2004). A matriz será consistente toda vez que os elementos transpostos na matriz sejam inversos.

Contudo, comumente verifica-se alguma inconsistência nos julgamentos, sendo assim a inconsistência pode ser medida por $\lambda_{max} - n$. Ou seja, quanto mais próximo estiver o valor de λ_{max} de n maior será a consistência dos julgamentos.

Uma matriz quase consistente $A = (a_{ij})$ representa uma pequena conturbação multiplicativa da matriz consistente $W = w_i / w_j$ e tem um autovetor x , que por sua vez é uma pequena perturbação do autovetor w da matriz consistente (Wolff, 2008).

O cálculo do autovetor é representado por:

$$Aw = \lambda_{max} \times w$$

Onde $w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$ é o vetor principal de λ_{max} e é o autovalor máximo correspondente.

2.2.4 Consistência dos julgamentos

A consistência é um indicador de que os julgamentos são coerentes. Segundo Saaty e Vargas (2001) pequenas variações em a_{ij} implicam em pequenas variações em λ_{max} onde o desvio do

autovetor em relação a n é considerado uma medida de consistência. Sendo assim, A é consistente somente se $\lambda_{max} \geq n$.

Desta forma, calcula-se o grau da perturbação da matriz A por meio do índice de inconsistência (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Onde n é o número de alternativas, ou a ordem da matriz A .

Na aplicação do método, a inconsistência é um fator mensurável e aceito tendo em vista a utilização de julgamentos humanos. Sendo assim a inconsistência serve de alerta para os tomadores de decisão e não é necessariamente um fator indesejável.

A razão de consistência RC é a razão entre o índice de inconsistência IC e o índice de inconsistência aleatória IR. Saaty (1986) propõe o cálculo da razão de consistência (RC) por meio da equação:

$$RC = IC/IR$$

O IR é derivado de uma grande amostra de matrizes recíprocas geradas aleatoriamente utilizando a escala 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9 (Tzeng e Huang, 2011). O IR para os diferentes tamanhos de matrizes é apresentado na Tabela 2.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51

Tabela 2. Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n

Fonte: Adaptado de Tzeng e Huang, 2011

Quanto maior for o RC, maior é a inconsistência. Se $n = 2$ o RC é nulo, quando $n = 3$ o RC deve ser inferior a 0,05; quando $n = 4$, o RC deve ser menor que 0,09 e para $n > 4$ o $RC \leq 0,10$ sendo esse o limite aceitável de inconsistência na aplicação do método (Liberatore e Nydick, 1997).

2.2.5 Aplicações do método AHP em estudos de localização de instalações

O método AHP é utilizado em vários estudos de tomada de decisão para localização de instalações. Xiaohua (2008) aplicou o método AHP para a localização de lojas de conveniência na China. Lorentz (2008) utilizou o AHP para a identificação de um local para a instalação de uma indústria do ramo alimentício na Rússia. Ho, Lee e Ho (2008) implementaram o método para a localização de armazéns de uma indústria chinesa de computadores. Cebi e Zeren (2008) aplicaram o método AHP para definir o local de uma agência bancária na Turquia.

Além de estudos de localização com a utilização única do método AHP, várias abordagens conjuntas com outros métodos são utilizadas. Durak, Yildiz, Akar e Yeminici (2017) utilizaram o método AHP em conjunto com o método VIKOR para a localização de um centro de distribuição para o setor varejista na Turquia. Gao, Yoshimoto e Ohmori (2011) utilizaram o método AHP em conjunto com um modelo de programação linear inteira para a localização de supermercados. Guanghua e Zhanjiang (2010) utilizaram o método AHP em conjunto com o problema da árvore de Steiner para localizar centros de distribuição para uma empresa de comércio eletrônico.

Ho e Emrouznejad (2009) aplicaram o método AHP combinado com a programação por metas para escolher o melhor conjunto de armazéns para uma rede de distribuição. Hua-Dong (2010) aplicou o método AHP conjuntamente ao método DEA para a localização de centros de reciclagem. Kayikci (2010) desenvolveu um modelo conceitual para localização de instalações

utilizando o método AHP e redes neurais artificiais. Li e She (2010) aplicaram o método AHP em conjunto com o método de entropia para localização de lojas de varejo. Wang e Liu (2007) aplicaram a metodologia AHP juntamente com o método TOPSIS para a localização de centros logísticos.

Além de estudos direcionados a localização de instalações a pesquisa de Vaidya e Kumar (2006) apresentou diferentes aplicações do método AHP que envolvem desde áreas de cunho pessoal até variações entre os campos da medicina, administração, política, engenharia e esportes.

3. METODOLOGIA

A presente metodologia foi estruturada seguindo as etapas apresentadas na Figura 3.

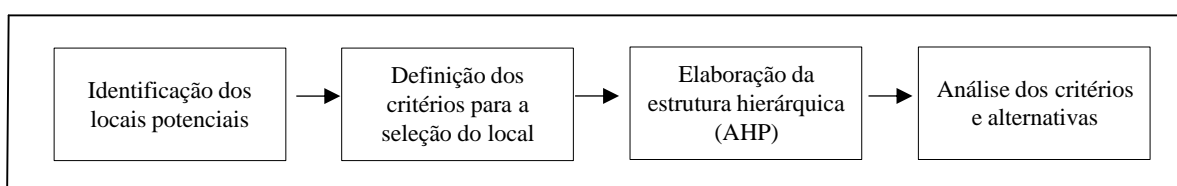


Figura 3. Estrutura metodológica

Fonte: Autoria própria

Cada uma das etapas é desenvolvida conforme descrito a seguir:

- Identificação dos locais potenciais na cidade escolhida

Consiste na identificação dos terrenos na cidade escolhida que sejam viáveis, tendo em vista o tamanho da estrutura necessária para a instalação de um CD.

- Definição dos critérios para a seleção do local

Nessa fase, foram identificados os critérios e subcritérios relevantes para a seleção do local para a instalação do CD. Os critérios propostos têm por base a literatura consultada e a experiência de especialistas da área.

1º Critério: Instalação (Yang e Lee, 1997): representa a análise dos custos de aquisição do terreno e as etapas da construção predial e todos os processos juntamente a ela envolvidos. É Composto pelos subcritérios:

(I) Subcritério: Tamanho do Terreno: tendo em vista que a estrutura de um CD é de grande porte, é importante a consideração do tamanho do terreno. Outra questão ligada ao tamanho do terreno é a possibilidade de um aumento futuro das instalações.

(II) Subcritério: Custo do Terreno (Xiaohua, 2008; Li e She, 2010): refere-se ao custo por metro quadrado (R\$/m²) para aquisição do terreno. A ponderação desse item deve ser realizada quando não existe a possibilidade de doações de terrenos por parte dos órgãos governamentais.

(III) Subcritério: Edificação Predial (Li e She, 2010): refere-se ao custo por metro quadrado (R\$/m²) da construção civil, onde devem estar inclusos a preparação do terreno, montagem de paredes e colunas, piso, teto, pátio para estacionamento dos caminhões, projeção de docas e rampas, escadas, entre outros.

2º Critério: Acessibilidade (Yang e Lee, 1997; Gao et al., 2011; Tian-Cheng, Yan, Pei-Hong e Xiangpeng, 2009): consiste na análise das ligações terrestres da região e sua situação em relação ao acesso e restrição de veículos. Apresenta os seguintes subcritérios:

(I) Subcritério: Sistema viário (Xiaohua, 2008): na escolha do local, devem ser analisadas as questões relativas aos tipos de acesso ao local, verificação das condições das ruas, como a

existência de vias asfaltadas, a largura das ruas, o sentido do tráfego, a existência de acostamentos e estacionamentos e também, a proximidade com as rodovias da região.

(II) Subcritério: Restrições de veículos: Deve ser verificado junto a administração pública local as possíveis restrições a acesso de veículos, circulação de veículos de grande porte, restrições de horários para a circulação dos veículos, existência de viadutos e fiação de rede elétrica ou outras estruturas que não possuam altura adequada para a circulação dos veículos de grande porte.

3º Critério: Serviços de apoio: trata-se de serviços necessários para o funcionamento do CD. Devem ser avaliadas as regiões que tenham disponibilidade desses serviços, conforme os seguintes subcritérios:

(I) Subcritério: Mão de obra (Demirel, Demirel e Kahraman, 2010; Viswanadham e Kameshwaran, 2007; Ho et al., 2008): a análise da mão de obra inclui a disponibilidade de pessoal, qualificação e custo de mão de obra. Este item é relacionado a contratação de funcionários para atuarem no CD em atividades diretamente relacionadas com a armazenagem e expedição das mercadorias. As tarefas que caracterizam este tópico se identificam por: carga e descarga dos produtos do caminhão, controle da frota de caminhões, administração dos estoques, conferência do carregamento, faturamento, gestão de inventário e controle de operações.

(II) Subcritério: Manutenção predial: consiste na verificação da existência de empresas especializadas em serviços de limpeza, pintura e conservação da infraestrutura predial e segurança patrimonial de forma que o patrimônio tenha a funcionalidade e segurança necessária.

4º Critério: Infraestrutura (Yang e Lee, 1997; Viswanadham e Kameshwaran, 2007; Xiaohua, 2008; Lorentz, 2008): devem ser analisadas a disponibilidade da infraestrutura local, como a existência de recursos básicos: luz, água, esgoto e coleta de lixo.

- Elaboração da estrutura hierárquica

Nessa fase foi definida uma nova estrutura hierárquica composta pelos critérios, subcritérios e alternativas definidas para a identificação do local ideal para a instalação do CD. A estrutura hierárquica é apresentada na Figura 4.

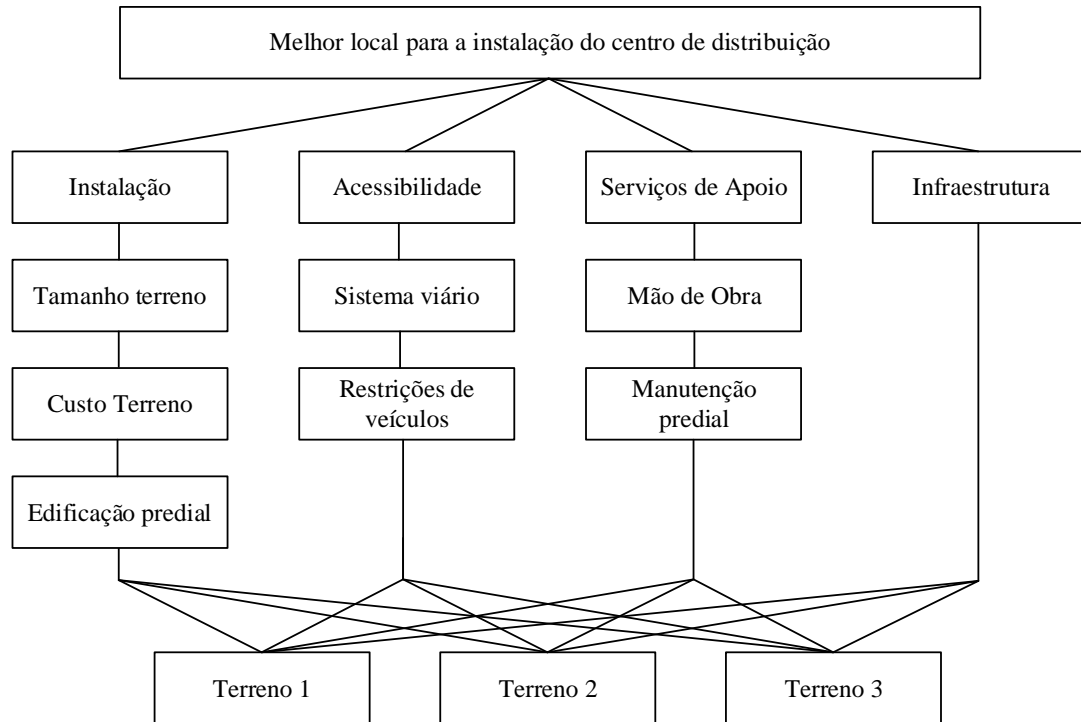


Figura 4. Estrutura hierárquica para a localização do terreno

Fonte: Autoria própria

- Análise dos critérios e alternativas

Após a definição da estrutura hierárquica, aplica-se um questionário aos decisores, para a comparação entre pares de elementos em cada nível da estrutura e determinação do grau de importância dos critérios, subcritérios e alternativas para a decisão da localização do CD. A análise dos dados coletados foi realizada pelo *software Expert Choice*, determinando a melhor alternativa de localização.

4. RESULTADOS

Visando apresentar uma aplicação prática da metodologia proposta, abordou-se um problema de localização de um CD em uma rede varejista de móveis e eletrodomésticos denominada empresa Beta. A empresa Beta possui participação de mercado nos estados do Paraná e Santa Catarina na região Sul do Brasil. A empresa, até o momento da aplicação da pesquisa possuía 159 lojas, sendo 127 no estado do Paraná, 32 em Santa Catarina. Para o abastecimento das lojas e atendimento aos clientes, a empresa possuía três centros de distribuição: um na região metropolitana de Curitiba – PR, um em Joinville – SC e o principal na cidade de Ponta Grossa – PR.

A rede varejista detém algumas restrições em seu sistema de distribuição principalmente relacionada à extensão territorial, localização dos fornecedores e o número de cidades atendidas no estado do Paraná. Nesse sentido, busca-se localizar um CD no estado do Paraná, visando a melhoria do sistema de distribuição da empresa Beta, para isso, determinou-se como alternativa preliminar a cidade de Arapongas – PR, motivada possivelmente pela proximidade com os fornecedores.

Foram identificados os terrenos potenciais para a instalação do CD na cidade identificada: Arapongas. Tendo em vista o tamanho da estrutura necessária para a instalação de um CD, foram considerados três terrenos conforme a descrição a seguir:

(A) Terreno 1: Localizado no parque industrial, possui 2.400 metros quadrados de área. Valor: R\$ 300.000,00.

(B) Terreno 2: Localizado no parque industrial, possui 5.000 metros quadrados de área. Valor do terreno R\$ 350.000,00.

(C) Terreno 3: Localizado no parque industrial, possui 7.400 metros quadrados de área. Valor R\$ 885.000,00.

Com a identificação dos terrenos, utilizou-se a estrutura hierárquica da Figura 4 para a análise, ponderação e tomada de decisão, que foi realizada por dois decisores da organização analisada.

A Tabela 3 apresenta a avaliação dos critérios e subcritérios e seus respectivos pesos.

Critérios	Subcritérios
Instalação (0,470)	Tamanho do terreno (0,295)
	Custo do terreno (0,583)
	Edificação predial (0,122)
Acessibilidade (0,221)	Sistema viário (0,750)
	Restrição de veículos (0,250)
Serviços de apoio (0,075)	Mão de obra (0,817)
	Manutenção predial (0,183)
Infraestrutura (0,234)	-

Tabela 3. Pesos dos critérios e subcritérios para a localização da CD

Fonte: Autoria própria

Os resultados mostram que o critério mais importante para a escolha do terreno é a instalação com 47%, este índice é influenciado principalmente pelos custos de aquisição do terreno e ao tamanho do terreno. Em segundo lugar com maior importância aparece o critério infraestrutura com 23,4%, representado pelos serviços básicos de saneamento, posteriormente identifica-se o critério acessibilidade com 22,1%, fator preponderante quando considerado a circulação de veículos de grande porte, característica da atividade. E finalmente o critério serviços de apoio com 6,4%. O índice de inconsistência gerado na análise dos critérios foi de 0,03, estando dentro do limite tolerado pelo método $AHP \leq 0,10$.

Na análise dos subcritérios, nota-se que em relação ao critério instalação, o subcritério custo do terreno é o item com maior importância (58,3%). Com relação ao critério acessibilidade, o subcritério sistema viário apresentou a maior importância com 75%. Quanto ao critério serviços de apoio, o subcritério mão de obra obteve predominância com 81,7% de importância. O índice de inconsistência gerado no critério instalação foi de 0,04. As demais ponderações não apresentaram inconsistência, pois para os critérios acessibilidade e serviços de apoio os subcritérios são pares.

Na Tabela 4 são apresentadas as combinações dos julgamentos das alternativas em relação aos critérios.

Alternativa	Instalação	Acessibilidade	Serviços de apoio	Infraestrutura	Ponderação final
Terreno 1	0,342	0,222	0,346	0,158	0,285
Terreno 2	0,347	0,271	0,327	0,166	0,297
Terreno 3	0,311	0,506	0,327	0,675	0,418

Tabela 4. Pesos dos critérios em relação as alternativas

Fonte: Autoria própria

Na análise dos julgamentos dos critérios em relação às alternativas, verifica-se que o terreno 2 obteve a maior pontuação com 34,7% em relação ao critério instalação. A maior influência para esse resultado é dada pelo valor dos terrenos, já que o fator custo foi definido pelos decisores como o subcritério de maior peso quanto ao critério instalação, na análise dos critérios.

Quanto ao critério acessibilidade, o terreno 3 obteve a maior importância relativa com 50,6%, esse resultado está relacionado principalmente à existência de asfalto para acesso ao terreno.

Em relação ao critério serviços de apoio, o terreno 1 apresentou a maior importância (34,6%). A preferência pelo terreno 1 é apresentada por ser o menor terreno, fato que, deixando de ser considerado os outros critérios, representa o menor custo quanto à manutenção.

Na análise do último critério, infraestrutura, observa-se que o terreno 3 novamente apresentou a maior importância com 67,5%, influenciado por ser a alternativa que possui asfalto e sistema de esgoto, o que o diferencia dos demais terrenos.

Através da análise e ponderação final de todos os julgamentos dos decisores, definiu-se o terreno 3 como o melhor local para a instalação do CD, obtendo no geral 41,8% da preferência. O segundo colocado foi o terreno 2 com 29,7% e logo em seguida com uma pequena diferença, o terreno 1 com 28,5%.

O terreno 3 obteve destaque em consequência da existência de asfalto para acesso ao terreno, a existência de todos os recursos de saneamento básico e por ser o maior terreno entre as três alternativas, sendo esse um fator considerado importante quando analisado as perspectivas futuras da organização em relação à expansão da estrutura.

CONCLUSÃO

O presente estudo aplicou o método AHP de apoio à tomada de decisão para a localização de centros de distribuição. A metodologia partiu da escolha de uma cidade, definição dos terrenos potenciais para a instalação de um centro de distribuição, definição dos critérios e subcritérios de tomada de decisão, definição da estrutura hierárquica e aplicação do método AHP por meio da análise dos critérios e subcritérios em relação aos terrenos escolhidos para a tomada de decisão e escolha do terreno ideal.

A utilização do método AHP permitiu transformar todas as informações qualitativas e quantitativas em números, tornando a decisão da localização objetiva.

Na aplicação da metodologia para a localização de um CD em uma empresa varejista de móveis e eletrodomésticos, definiu-se a cidade por meio das estratégias da organização, sendo a cidade escolhida: Arapongas – PR, a cidade apresenta um dos maiores PIB's (Produto Interno Bruto) na região norte central do Paraná, além de possuir um baixo custo de aquisição dos terrenos, e por ser essa a cidade detentora de vários fabricantes e fornecedores de móveis, estofados e colchões.

Na definição do melhor terreno para a instalação do CD o critério de maior peso foi à instalação, a qual engloba os maiores custos. O “terreno 3” apresentou-se como a melhor alternativa, sendo

a decisão influenciada por ser esse o maior terreno, ter acesso asfaltado e possuir infraestrutura completa dos recursos de saneamento básico.

A proposta do modelo desenvolvido teve o intuito de contribuir de forma ampla para qualquer organização varejista e pode ser adaptado à diversos contextos organizacionais.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Aboolian, R., Berman, O., Krass, D. (2007) Competitive facility location and design problem. *European Journal of Operational Research* (182:1), pp. 40-62.
- Abreu, L. M., Granemann, S. R., Gartner, I., Bernardes, R. S. (2000) Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (4:2), pp. 257-262.
- Banville, M., Landry, M., Martel, J. M., Boulaire, C. (1998) A stakeholder approach to MCDA. *System Research and Behavioral Science* (15:1), pp. 502-519.
- Cebi, F., & Zeren, Z. (2008) A decision support model for location selection: Bank branch case. *Proceedings of the International Conference on Management of Engineering e technology: PICMET 2008*, pp. 1069-1074. Cape Town, South Africa,
- Chi, S. C., & Kuo, R. J. (2001) Examination of the influence of fuzzy analytic hierarchy process in the development of an intelligent location selection support system of convenience store. *Proceedings of the International Conference on IFSA World Congress and 20th NAFIPS*, pp. 1312-1316. Vancouver.
- Demirel, T., Demirel, N., Kahraman, C. (2010) Multi-Criteria Warehouse Location Selection. Using Choquet Integral. *Expert Systems with Applications* (37:5), pp. 3943-3952.
- Durak, I., Yildiz, M. S., Akar, Y. O., Yeminici, A. D. (2017) Warehouse site selection in retail sector: an application of AHP (analytical hierarchy process) and VIKOR methods. *International Journal of Business and Management Invention* (6:12), pp. 65-73.
- Gao, Z., Yoshimoto, K., Ohmori, S. (2011) Application of integrative analytic hierarchy process and 0-1 integer programming to retail stores location in logistic system. *Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*, pp. 584-586. Yunnan.
- Gomes, L. F. A. M., Araya, M. C. G., Carignano, C. (2004) *Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão*. São Paulo: Pioneira Thompson Learning.
- Guanghua, W., & Zhanjiang, S. (2010) Application of AHP and steiner tree problem in the location-selection of logistics distribution center. *Proceedings of the 2nd International Conference on Networking and Digital Society (ICNDS)*, pp. 290-293. Wenzhou.
- Ho, W., & Emrouznejad, W. (2009) Multi-criteria logistics distribution network design using SAS/OR. *Expert Systems with Applications* (36:3), pp. 7288-7298.
- Ho, W., Lee, C. K. M., Ho, G. T. S. (2008) Optimization of the location-allocation problem in a customer-driven supply chain. *Operations Management Research* (1:1), pp.69-79.
- Hua-Dong, G (2010) Location selection of recycle center by combining AHP and DEA methodologies. *Proceedings of the International Conference on Logistics systems and Intelligent management*, pp. 884-888. Harbin.

- Huijun, S.; Ziyou G.; Jianjun W. (2008) A bi-level programming model and solution algorithm for the location of logistics distribution centers. *Applied Mathematical Modelling* (32:4), pp.610-616.
- Kayikci, Y. (2010) A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions. *Procedia Social and Behavioral Sciences* (2), pp. 6297-6311.
- Klose, A., & Drexl, A. (2005) Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research* (162:1), pp. 4-29.
- Korpela, J., Lehmusvaara, A., Nisonen, J. (2007) Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies. *International Journal of Production Economics* (108:1-2), pp.135-142.
- Korpela, J., & Tuominen, M. (1996) A decision aid in warehouse site selection. *International Journal of Production Economics* (45:1-3), pp.169-180.
- Li, T., & She, L. (2010) Retail location decision-making based on the combination of AHP and Entropy Weight. *Proceedings of the 3th International joint conference on Computational Science and Optimization (CSO)*, pp. 136-139. Huangshan. Anhui.
- Liberatore, M. J., Nydick, R. L. (1997) Group decision making in higher education using the analytic hierarchy process. *Research in Higher Education* (38:5), pp.593-614.
- Lorentz, H. (2008) Production locations for the internationalizing food industry: case study from Russia. *British Food Journal* (110:3), pp. 310-334.
- Melo, M. T., Nickel, S., Saldanha Da Gama, F. (2009) Facility location and supply chain management – A review. *European Journal of Operational Research* (196:2), pp. 401-412.
- Nogueira, C.W. (2010) *O enfoque da logística humanitária na localização de uma central de inteligência e suporte para situações emergenciais e no desenvolvimento de uma rede dinâmica*. 273 f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. (disponível em:<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=185869>).
- Oliveira, D. B. B., Rodrigues, J. P., Silva, L. F., Oliveira, P. T. S. (2012) Multi-criteria analysis in the strategic environmental assessment of the sugar and alcohol sector. *Acta Scientiarum Technology* (34:3), pp.303-311.
- Owen, S. H., & Daskin, M. S. (1998) Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research* (111:3), pp.423-447.
- Roy, B., Vanderpooten, D. (1996) The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works. *Journal of Multicriteria Decision Analysis* (5:1), pp.22-38.
- Saaty, T. L. (1986) Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science* (32:7), pp. 841-855.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001) *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Kluwer Academic Publishers.
- Silva, F. J. A., Souza, R. O. (2011) AHP na seleção de caminhões coletores-compactadores de resíduos sólidos. *Acta Scientiarum Technology* (33:3), pp. 259-264.
- Sule, D. R. (2001) *Logistics of Facility Location and Allocation*. Marcel Dekker, INC.
- Tiang-Cheng, S., Yan, Z., Pei-Hong, L., Xiangpeng, T. (2009) Empirical analysis of Chinese urban residential micro-location. *Proceedings of the International conference on Management and Service Science (MASS)*, pp. 1-4. Wuhan.
- Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011) *Multiple attribute decision making: methods and applications*. New York: CRC Press. Taylor & Francis Group.

- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006) Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research* (169:1), pp. 1-29.
- Viswanadham, N., & Kameshwaran, S. (2007) A decision framework for location selection in global supply chains. *Proceedings of the Conference on Automation Science and Engineering*, pp. 704-709. Scottsdale.
- Xiaohua, M. (2008) An empirical research on selecting location of chain convenience store. *Proceedings of the 4th International conference on Wireless communications, networking and mobile computing. WiCom, 2008*, pp. 1-6. Dailian.
- Yang, J., & Lee, H. (1997) An AHP decision model for facility location selection. *Facilities* (15: 9-10), pp. 241-254.
- Wang, S., & Liu, P. (2007) The evaluation study on location selection of logistics center based on fuzzy AHP and TOPSIS. *Proceedings of the International conference on Wireless communications, networking and mobile computing. WiCom, 2007*, pp. 3779-3782. Shanghai.
- Wolff, C. S. (2008) *O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação*. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. (disponível em: < http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/12401/12401_1.PDF).