



UM MODELO DE LOCALIZAÇÃO BASEADO NA METODOLOGIA *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP) PARA FORNECEDORES DE AUTOPEÇAS DA CADEIA AUTOMOTIVA DO ESTADO DA BAHIA

A MODEL FOR LOCATION BASED ON ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) METHOD FOR AUTO PARTS SUPPLIERS OF AUTOMAKER IN THE STATE OF BAHIA

Bruno Leonardo Santos Menezes

SENAI/CIMATEC Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia - Bahia),

brunomubarak@gmail.com

Valter de Senna

SENAI/CIMATEC Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia - Bahia),

valter.senna@gmail.com

Renelson Ribeiro Sampaio

(SENAI/CIMATEC Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia - Bahia),

renelson.sampa@gmail.com

Marcio Nakayama Miura

UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná

adm.parana@gmail.com

Submissão: 28/08/2013

Aprovação: 05/11/2014

RESUMO

Uma multinacional do setor automotivo anunciou oficialmente que se instalará no estado da Bahia. O empreendimento, que prevê investimentos de aproximadamente R\$20 milhões, tem potencial para atrair cerca de quatrocentas novas indústrias de autopeças. Esta pesquisa tem como objetivo apresentar a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como suporte a um modelo de decisão de escolha de localização de fábricas de autopeças no estado da Bahia, com a chegada de uma nova montadora de veículos na região de Camaçari, valendo considerar que cada cidade apresenta características que modificam a importância relativa de cada fator de localização no tempo. A análise por especialistas envolve considerar um grande número de fatores, sendo o método AHP eficiente para determinar a importância de cada aspecto e reduzir a subjetividade neste processo. A localização ótima deste conjunto de

Revista Economia & Gestão – v. 14, n. 37, out./dez. 2014

organizações, utilizando um método confiável, pode reduzir gastos em toda a cadeia de suprimentos e, conseqüentemente, aumentar a vantagem competitiva e os benefícios econômicos e sociais.

Palavras-chave: Teoria da localização. Analytic Hierarchy Process. Setor automotivo.

Abstract

A multinational automaker officially announced that it will build a factory in the State of Bahia. The expected to invest approximately R\$ 20 million in state and attracting nearly four hundred new auto parts industry. This study's main objective is to apply the methodology Analytic Hierarchy Process (AHP) as decision support localization of auto parts suppliers' factories in Bahia with the arrival of a new carmaker in the region of Camaçari. Each city presents characteristics that modify the relative importance of each factor of location in time. The analysis by experts involves considering a number of factors, the AHP is efficient to determine the importance of each aspect and reduce subjectivity in this process. The location of this great set of organizations using a reliable method can reduce expenses across the industry supply chain and consequently increase competitive advantage and economic and social benefits.

Keywords: Location theory. Analytic Hierarchy Process. Automotive sector.

1 Introdução

No ano de 2011 uma empresa chinesa fabricante de automóveis e chassis de ônibus anunciou oficialmente a construção de uma fábrica na cidade de Camaçari, no estado da Bahia. Estima-se que a nova fábrica atrairá cerca de quatrocentos novos fornecedores, além de investimentos de fornecedores de autopeças e reposições da ordem de R\$20 milhões (REBOUÇAS, 2012a). Atualmente, este grupo de empresas está localizado no estado de São Paulo e será transferido para a Bahia até o próximo ano. A previsão é escoar cerca de dois mil carros/mês pelo Porto de Salvador. A propósito, a Bahia representa 7% do mercado consumidor da fabricante chinesa (REBOUÇAS, 2012b).

O conjunto de empresas que fornecem autopeças para o complexo automotivo do estado da Bahia é uma aglomeração industrial importante para toda a região. A localização desse aglomerado, decisiva para a manutenção da vantagem competitiva da localidade em que está instalado, poderá trazer diversos benefícios. Ademais, a presença de uma nova montadora pode atrair o interesse de novos fornecedores e mesmo das empresas que já fornecem para o atual complexo automotivo do estado, demandando a abertura de novas unidades de negócio.

A decisão de um fornecedor de estabelecer-se em um *cluster* industrial pede a análise de uma grande quantidade de variáveis dinâmicas e de alta complexidade, que afetam toda a cadeia de suprimentos, necessitando um modelo consistente para auxiliar neste processo.

Considerando o cenário em que se vislumbra a possibilidade de instalação de uma nova montadora de veículos no atual complexo automotivo do estado da Bahia, é essencial que os gestores conheçam qual o método analítico apto a reduzir a subjetividade de uma tomada de decisão deste quilate.

Dentro desse contexto se insere a presente pesquisa, que tem como objetivo principal apresentar a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como suporte a um modelo de decisão de escolha de localização de fábricas de autopeças no estado da Bahia, com a chegada de uma nova montadora de veículos na região de Camaçari.

2 Decisão de localização

Ao longo dos anos foi possível observar que os aspectos logísticos sempre tiveram destaque no processo de localização de uma planta industrial, embora sejam aspectos

Revista Economia & Gestão – v. 14, n. 37, out./dez. 2014

circunstanciais que variam de acordo com o modelo de cada negócio, o espaço geográfico e o tempo.

Em 1971, a pesquisa de Klaassen e Vanhove (1980 *apud* AYDALOT, 1985), com novecentas empresas de um grupo empresarial, definiu a hierarquização dos principais fatores de localização, a saber: qualidade das rodovias, mão de obra da empresa, ambiente social na região, comunicação com clientes e fornecedores, acesso ao mercado consumidor, colaboradores não qualificados e com formação, financiamento regional, funcionários qualificados, nível de remuneração dos colaboradores, baixo custo no transporte, preço do terreno por m², tempo de permanência do quadro de colaboradores, proximidade da autoestrada, existência de mercado consumidor na região e espaços industriais bem equipados.

Para Aydalot (1985), os fatores limitadores que as empresas levam em consideração na definição da localização de suas unidades variam de acordo com cada tipo de organização. Na avaliação do autor, as organizações em que o custo de mão de obra foi o principal limitador na escolha de um local para a instalação de suas unidades, regra geral, pertencem a setores de grande concorrência e têm necessidade de um grande número de colaboradores. As empresas de alta concorrência e que necessitam grande quantidade de pessoas para o trabalho, o ambiente social é prioritário. Para empresas que têm grandes custos de transporte, a proximidade do mercado consumidor é um fator importante na localização de suas instalações. Os setores com operações mais específicas, como indústrias siderúrgicas, consideram a proximidade com os insumos decisiva na escolha da localização. As organizações de alta tecnologia, que consideram a qualidade de vida de seus colaboradores um fator primordial, também dão grande importância ao fator localização.

Bernardes e Marcondes (2000) enumeraram alguns importantes fatores a serem considerados no processo de escolha da localização de empresas: vendas (deslocamento do consumidor, facilidade de o cliente encontrar o item procurado, prazo de entrega para o consumidor e imagem das instalações); produção (processo produtivo, áreas para futuras instalações); compras (logística de matéria-prima, produtos acabados e proximidade com fornecedores); finanças (custos das instalações); e mão de obra (especializada disponível, treinamento dos colaboradores, cultura e sindicatos).

Segundo Sato (2002), uma das metodologias mais utilizadas para definir a localização de uma planta empresarial é o chamado centro de gravidade exato, método de grade ou método centroide, em que todas as localizações possíveis têm variável resultante da

Revista Economia & Gestão – v. 14, n. 37, out./dez. 2014

soma dos custos de transporte para determinada localização. As variáveis do método são: tarifa do transporte, demanda dos pontos e distância entre os pontos de demanda e oferta.

Os fatores que envolvem a decisão de localização de empresas no espaço territorial são de alta complexidade e estratégicos. Entre tantas variáveis que envolvem um negócio, Ballou (2001) destaca a localização, o tamanho das instalações, a existência de portos, a proximidade com fornecedores, armazéns, filiais de varejo, os centros de serviço e os consumidores.

Antes de decidir o local mais adequado para localização da planta industrial é necessário conhecer os aspectos que envolvem a complexidade de toda a rede logística de determinada região e o setor de negócio que está sendo estudado.

Weiss (1997) observou que condições de preço, qualidade e serviços oferecidos são critérios complementares de seleção dos fornecedores de montadoras em determinada região. Murray (1999), no estudo realizado com foco no setor automotivo, identificou como categorias determinantes na localização de fornecedores a infraestrutura, a qualidade de vida local e os custos operacionais. Badri (2007) também publicou um extenso trabalho acerca dos fatores nacionais e internacionais determinantes da teoria da localização industrial. A pesquisa fornece uma revisão bibliográfica extensa dos aspectos de localização apontados por autores que se dedicaram ao estudo da teoria da localização.

Em suma, os estudos de Weiss (1997), Murray (1999) e Badri (2007) envolvem aspectos subjetivos de cada local e da dinâmica operacional inerente a qualquer tipo de negócio.

Na avaliação de Sfredo *et al.* (2006), os principais fatores que as organizações industriais levam em consideração na localização de seus parques industriais são fornecedores, comunidade, mercado consumidor, infraestrutura logística e seus concorrentes. As montadoras, em particular, analisam: (i) a localização de fornecedores de autopeças, uma vez que o custo de transporte pode justificar ou não a instalação de empresas locais; (ii) a qualidade e a capacidade financeiras; (iii) os aspectos culturais da comunidade como fatores que influenciam diretamente na contratação dos colaboradores das montadoras; (iv) a infraestrutura logística, pois é através dos canais de distribuição que todos os produtos são escoados até o mercado consumidor; e (v) a localização dos concorrentes e do mercado consumidor.

Os aspectos de localização de instalações de uma empresa aqui mencionados não podem ser considerados gerais, em consequência da dinâmica e da complexidade das distintas

cadeias logísticas. Fatores de localização são circunstanciais, dependem de espaço, tempo e características de cada localidade.

Por último, embora exista atualmente um sem-número de variáveis envolvidas na localização das organizações, os aspectos logísticos sempre foram decisivos neste processo decisório. Por essa razão, é bem importante conhecer o maior número de características e peculiaridades de cada local.

3 O *Analytic Hierarchy Process* e a teoria da localização

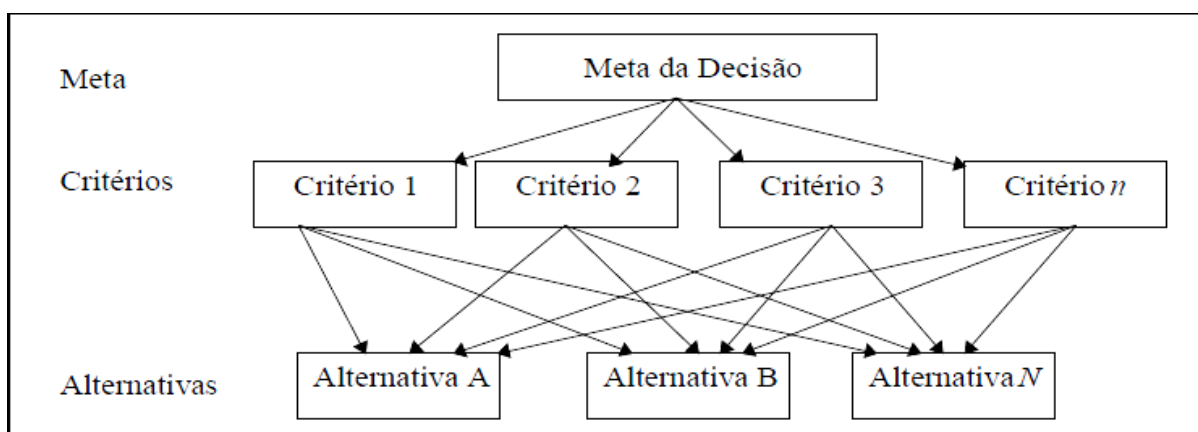
A decisão de localização de unidades industriais exige uma metodologia que considere a complexidade e a dinâmica do empreendimento. O método AHP, desenvolvido pelo matemático Thomas Lorie Saaty, tem como propósito justamente auxiliar as pessoas a tomarem decisões complexas.

O método é largamente utilizado em problemas de decisão que envolve seleção, evolução, análise de custo benefício, atribuições, planejamento e desenvolvimento, hierarquia de prioridade, tomada de decisão, previsão, medicina e áreas afins, entre outras aplicações (VAIDYA; KUMAR, 2006).

Segundo Gomes *et al.* (2012), o AHP é um método de tomada de decisão ótima, em que a melhor escolha considera fatores qualitativos ou quantitativos.

Para aplicação da metodologia AHP é necessário construir uma árvore hierárquica inversa (Figura 1), em que o objetivo da decisão está no topo, em seguida vêm os critérios, os subcritérios e as alternativas (SAATY, 1990, 1991, 2006).

Figura 1 – Exemplo de estrutura hierárquica inversa de problemas de decisão



Fonte: Adaptada de Saaty (1990, 1991, 2006).

Depois de construída a estrutura hierárquica inversa, é necessário realizar a comparação dos pares com os critérios e os subcritérios, e a partir daí determinar os pesos de cada um destes subcritérios. Os critérios são comparados com uma escala de julgamentos, que pode seguir o modelo do Quadro 1 (SAATY, 1990, 1991, 2006).

Quadro 1 – Escala de julgamentos

Pesos	Definição
1	Igual
3	Fraca
5	Forte
7	Um pouco mais do que forte
9	Extrema
2, 4, 6, 8	Intermediários
Recíprocos	Se a atividade tem pesos de 1 a 9 quando comparada com outra atividade, então essa outra atividade tem valor recíproco quando comparado com a primeira atividade.

Fonte: Saaty (1990, 1991, 2006).

Os resultados são apresentados na forma matricial, conforme se pode visualizar na Figura 2 seguinte:

Figura 2 – Matriz

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ \frac{1}{b_{12}} & 1 & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{b_{1n}} & \frac{1}{b_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Fonte: Saaty (1991).

Atendendo as condições de $b_{ij} = B$, $b_{ji} = 1 / B$ e $cb_{ii} = 1$: b = comparação entre os critérios e B = pesos. Esta matriz possui simetria com a sua diagonal principal: os elementos julgam critérios semelhantes, porém um julgamento é o inverso do outro, $b_{ij} = 1/b_{ji}$. Se o valor $b_{ij} = 2$, isto significa que i é duas vezes mais importante que j . Se $b_{ji} = 1/2$, j possui um meio da importância de i . O resultado desta matriz é o autovetor de prioridades, que expressa os pesos.

Depois de identificados os pesos e os níveis de preferência das alternativas, é necessário atribuir valores a cada uma delas, por meio do método da soma ponderada (Saaty, 1991), conforme Figura 3, a seguir:

Figura 3 – Formulação

$$V(b) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(b)$$

com $\sum_{j=1}^n p_j = 1$ e $0 < p_j < 1$ ($j = 1, \dots, n$),

Fonte: Saaty (1991).

Explicando:

$V(b)$: é o valor da alternativa;

p_j : é a importância do critério j ;

v_j : é a preferência da alternativa no critério j .

O método AHP calcula a RC (Razão de Consistência) dos julgamentos: $RC = IC/IR$. O IR (Índice de Consistência Randômico) é obtido em uma matriz recíproca de ordem “ n ”, com elementos que não podem ser negativos, gerada aleatoriamente. O IC (Índice de Consistência) é $IC = (b_{\max} - n)/(n-1)$, em que b_{\max} é o maior autovetor da matriz de julgamentos.

Os trabalhos desenvolvidos por Saaty (1990, 1991) indicam que o ideal seria um $IC \leq 0.1$, porém este índice é apenas uma regra geral.

A metodologia AHP oferece um suporte eficiente e eficaz à tomada de decisões complexas, pode ser adaptada a problemas de localização industrial e é amplamente utilizada para resolução de problemas de localização de organizações em diferentes áreas de atuação.

Alguns exemplos da extensa aplicabilidade dessa metodologia à realidade brasileira e internacional são bem oportunos.

Queiroz (2008) buscou analisar os fatores que influenciam a escolha do local de instalação de uma usina de álcool, por meio de uma simulação. O autor, utilizando o método AHP, comprovou que os fatores e o método são válidos na escolha de local de uma usina de álcool.

Oliveira (2009), por sua vez, procurou desenvolver um processo que permitisse a estados e municípios brasileiros definirem a rede de estações de inspeção técnica veicular. O

procedimento proposto foi constituído com a aplicação da análise multicritério e o AHP para a localização das estações.

Rodrigues (2010) utilizou com eficiência e eficácia o AHP para definir a localização de centros de distribuição do setor cervejeiro.

Choudhary e Shankar (2012), com apoio do AHP e da lógica difusa, desenvolveram uma ferramenta de apoio à decisão bastante precisa, eficaz e sistemática como resultado para o problema da localização de uma usina termoelétrica.

Chuang, Chia e Wong (2013) utilizaram a metodologia AHP combinada com o método de previsão Delphi para definir qual o ponto/espaco ótimo de localização de um Centro de Distribuição (CD) de empresa em Taiwan. Vale salientar que o AHP permite aplicações com outras metodologias, apresentando resultados satisfatórios quanto à decisão de localização de um CD.

Sayyadi e Awasthi (2013) propõem a utilização do AHP para determinar o melhor planejamento para áreas destinadas à circulação de pedestres. A metodologia AHP foi utilizada, principalmente, em razão da ausência de critérios quantitativos. Além disso, o estudo teve a participação de especialistas e profissionais no processo decisório para definir os pesos e as escolhas.

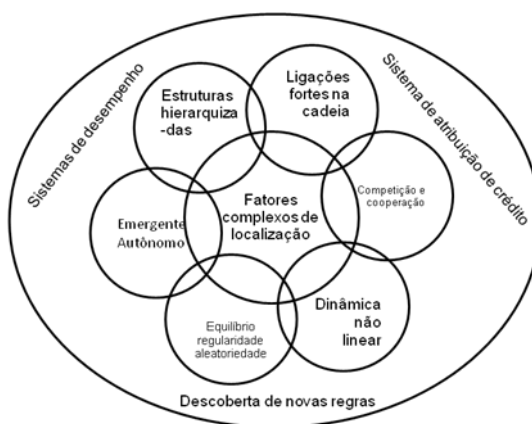
O estudo realizado por Alves e Alves (2014) analisa os fatores relevantes e que auxiliam a escolha de uma localidade ideal para instalação de uma unidade fabril de empresa do segmento automotivo. Os autores concluíram que a aplicação do método AHP resultou na indicação, em ordem de prioridade, dos locais para a instalação da fábrica automotiva, permitindo uma análise detalhada dos aspectos de localização definidos por uma equipe de especialistas.

Os estudos anteriores indicam que a metodologia AHP, além de ser largamente utilizada em problemas de localização, tem aplicação em diversas áreas de conhecimento e pode receber o apoio de ferramentas computacionais.

4 Modelo proposto

O modelo aqui proposto considera, primeiramente, que as características de complexidade e dinâmica da cadeia logística, citadas por Surana *et al.* (2005) e Holland (2003), exercem influência nos fatores de localização industrial (Figura 4).

Figura 4 – Modelo de classificação de fatores complexos de localização



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os fatores de localização foram classificados em três categorias: custo, governo e economia. A classificação se baseou nos estudos de Weiss (1997), Murray (1999), Klaassen e Vanhove (1980 *apud* AYDALOT, 1985), Aydalot (1985), Caetano (1986), Carrière e Reix (1989), Costa e Silva (1994), Santos e Cadima Ribeiro (1995), Bernardes e Marcondes (2000), Sato (2002), Ballou (2001), Chopra e Meindl (2004), Badri (2007), Lima *et al.* (2002), Najberg e Puga (2003), e na observação dos fatores de localização industrial que atraíram a atual e a provável nova montadora e seus fornecedores para a região.

Lima *et al.* (2002) e Najberg e Puga (2003) concordam que a Bahia foi escolhida para implantação da atual montadora de veículos devido, principalmente, aos benefícios fiscais, financeiros e à possibilidade de o governo baiano realizar obras complementares de infraestrutura.

Com a finalidade de validar os fatores de localização industrial do setor de autopeças no estado da Bahia, considerados anteriormente, foram realizadas consultas presenciais a dois representantes do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS) e da Federação das Indústrias do estado da Bahia (FIEB), ambos com formação em engenharia, mestres e consultores especializados e com larga experiência no setor automotivo. Os fatores de localização sugeridos estão elencados no Quadro 2.

Quadro 2 – Fatores de localização

Custos	Custos de mão de obra	Custo anual dos colaboradores.
		Níveis salariais mensais em comparação com outros potenciais locais.
		Custos trabalhistas em comparação com outros potenciais locais fora do país (fora das leis brasileiras).
		Potencial de disponibilidade de mão de obra terceirizada.
		Disponibilidade local e proximidade de mão de obra qualificada e especializada (formação, capacitação e experiência).
		Estrutura interna relacionada a recrutamento e seleção de colaboradores especializados (empresas terceirizadas de recursos humanos).
	Custos logísticos	Baixo custo do transporte do centro de produção até o mercado consumidor.
		Distância dos fornecedores.
		Canais de distribuição já existentes com o mercado externo (<i>outbound</i>).
		Infraestrutura logística local (centros de distribuição, terminais de transporte, estradas, hidrovias, ferrovias etc.).
		Rede interna de insumos a fábricas do mesmo grupo (<i>inbound</i>).
Governo	Incentivos	Estrutura dos impostos.
		Disponibilidade de capital financeiro no estado (linhas de crédito).
		Apoio e transparência dos governos locais (município).
		Apoio e transparência de autoridades do estado.
	Legislação	Legislação governamental.
		Requisitos e exigências ambientais.
		Direito do trabalho e leis trabalhistas.
		Zoneamento e regulamentos de construção.
		Tributos
		Impostos estaduais sobre as empresas.
		Os impostos locais sobre as empresas (município).
Economia	Empresarial	Presença e proximidade de agentes (consultores, estudiosos e profissionais) especializados e referência no setor.
		Existência de uma rede e estrutura empresarial madura (sindicatos, federação de indústrias, instituições de ensino e pesquisa).
	Política	Situação política do país.
		Cooperação do governo federal.
		Possibilidade de mudanças favoráveis na legislação.
	Mercado	Acesso logístico a mercados internacionais (portos, aeroportos, hidroportos e terminais ferroviários).
		Distância dos consumidores internacionais.
		Estabilidade financeira do país.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Destaca-se que os fatores de localização apresentados no quadro anterior foram analisados e mitigados neste estudo com o propósito de evitar a medição do AHP de uma das variáveis duas ou mais vezes.

Os critérios utilizados para a melhoria dos fatores de localização estão representados no Quadro 3, a seguir.

Quadro 3 – Fatores de localização após análise

Custos	Custo anual total da mão de obra	Todos os impostos, taxas, contribuições e empréstimos compulsórios que podem ser pagos pela empresa em uma determinada localidade.
	Disponibilidade local de mão de obra qualificada e especializada	Existência de pessoal com formação, capacidade e experiência para atuar no setor, na localidade em que a organização deseja iniciar as suas atividades. A potencialidade e a proximidade da mão de obra, assim como a estrutura interna para contratação, são consequências desta disponibilidade.
	Infraestrutura logística total da localidade	Centros de distribuição, terminais de transporte, estradas, hidrovias, ferrovias etc. Os gastos logísticos totais, canais de distribuição existentes, distância de fornecedores e rede interna são consequências da infraestrutura logística de uma determinada região.
Governo	Carga tributária total da empresa	Todos os impostos, taxas, contribuições e empréstimos compulsórios que podem ser pagos pela empresa em uma determinada localidade.
	Disponibilidade de capital financeiro	Linhas de créditos concedidos à empresa em determinada região podem ser oferecidas por instituições financeiras e por governos.
	Apoio e transparência dos governos locais	Apoio legal dos governos para implantação de unidades industriais, transparência das informações e das decisões governamentais. Os governantes municipais, estaduais e federais estão incluídos nesta categoria.
	Requisitos e exigências ambientais	Legislação ambiental que regula o zoneamento, construção e manutenção das fábricas em determinada região.
Economia	Existência de rede e estrutura empresarial maduras	Cooperação entre Sindicatos, Federação de Indústrias, Instituições de Ensino e Pesquisa.
	Situação política do país	Estabilidade política.
	Estabilidade financeira do país	Capacidade do país de resistir a choques financeiros adversos e existência de transações financeiras confiáveis.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pesquisa realizada por Alves e Alves (2014) também estabeleceu como critérios fundamentais na definição da localização industrial o custo logístico, o custo da mão de obra, a maturidade da localização, o índice da força de trabalho e os incentivos fiscais. O estudo também aponta como infraestrutura logística total da localidade o custo anual total da mão de obra, a existência de rede e estrutura empresarial maduras e o montante da carga tributária total da empresa.

4.1 Análise experimental, simulações e cenários

As influências relativas de cada uma das classes e dos fatores de localização, definidas em parceria com especialista do setor automotivo da FIEB, foram cadastradas no sistema *Expert Choice* (utilizando o recurso *Pairwise Verbal Comparisons*), um *software* que tem como objetivo auxiliar e facilitar a aplicação do método AHP para, por meio de recursos computacionais, solucionar problemas reais.

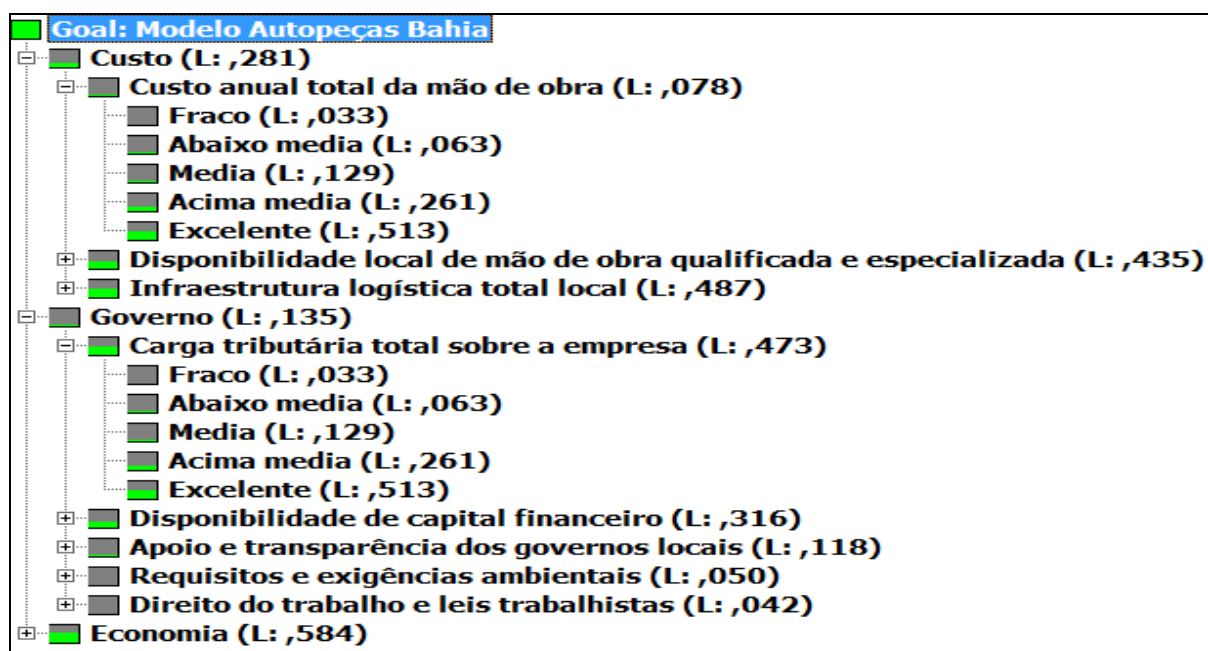
A propósito, Ishizaka e Labib (2009) analisaram algumas vantagens e desvantagens da aplicação do método AHP com o *Expert Choice*. O estudo permitiu verificar que critérios que apresentam um grande número de subcritérios tendem a receber mais peso do que os menos detalhados. Ao configurar a hierarquia AHP com um grande número de elementos, estes devem ser organizados em grupos semelhantes. As comparações são realizadas em uma matriz positiva recíproca; em algumas situações não é possível trabalhar com essas matrizes (problemas envolvendo a Teoria da Localização podem e são tratados como matriz positiva recíproca), vez que o *Expert Choice* só trabalha com este tipo de matriz.

A propósito, as comparações verbais são intuitivamente atraentes, amigáveis e mais comuns em nosso cotidiano do que os números. As preferências, do mesmo modo, não podem ser representadas com escalas de razão por não existir um zero absoluto em problemas complexos. O *Expert Choice* utiliza a razão de consistência, relação que é criticada por permitir decisões contraditórias em matrizes.

O especialista da FIEB que participou do projeto de implantação do atual complexo automotivo presente em Camaçari estabeleceu os pesos representados na Figura 3 e atribuiu outros pesos (utilizando mais uma vez o recurso *Pairwise Verbal Comparisons*) a cada um dos fatores de localização em uma escala de julgamentos (fraco, abaixo da média, média, acima de média e excelente). Esta classificação objetiva avaliar a diferença entre, por exemplo, cidades consideradas abaixo da média na variável “custo total de mão de obra” e abaixo da média no quesito “carga tributária total da empresa”.

O modelo apresentado na Figura 5 evidencia que diferentes fatores de localização possuem importâncias relativas igualmente diferentes.

Figura 5 – Estrutura hierárquica dos fatores de localização em escala *Likert*, com pesos no *Expert Choice* 11



Fonte: Elaborada pelos autores.

É importante destacar que o presente estudo e aquele realizado por Alves e Alves (2014) estabeleceram estruturas hierárquicas diferentes, analisadas a partir de critérios de localização similares. Em ambos os casos, o custo logístico (infraestrutura logística total local) apresentou relevante grau de importância entre os critérios avaliados. Nesta pesquisa, a variável “custo de mão obra” (custo anual total da mão de obra) não se destacou, diferentemente do que ocorreu no estudo de Alves e Alves (2014), que obteve importância prioritária.

Quadro 4 – Ordem de importância de critérios semelhantes de localização

Ordem de Importância	Dados da Pesquisa (2013)	Alves e Alves (2014)
1º	Custo de mão de obra	Infraestrutura logística total da localidade
2º	Custo logístico	Carga tributária total sobre a empresa
3º	Maturidade da localização/ força de trabalho	Existência de rede e estrutura empresarial maduras
4º	Incentivos fiscais	Custo anual total da mão de obra

Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante mencionar que os resultados apresentados no quadro anterior podem variar segundo a localidade, a percepção dos especialistas e as diferentes metodologias utilizadas.

No ponto, os pesos utilizados para alimentar as planilhas visaram avaliar alguns dos 12 locais que poderão ser escolhidos para a instalação de empresa fornecedora de autopeças no estado da Bahia.

A análise dos formulários, realizada por um terceiro especialista – vinculado Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial/Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI/CIMATEC), que tem mais de dez anos de experiência no setor automotivo e ocupou cargo de diretoria em uma importante indústria de autopeças chinesa – teve como objetivo precípuo indicar alguns dos possíveis locais para instalação dos fornecedores de autopeças no estado da Bahia, conforme mencionado. Salienta-se que os 12 possíveis locais foram escolhidos de acordo com consultas aos três especialistas envolvidos neste estudo.

5 Resultados

O modelo apresentou Razão de Consistência - $RC = 0,13$. O Quadro 5, a seguir, apresenta as inconsistências detectadas no decorrer das análises. Registre-se que referidas inconsistências foram revisadas pelo especialista, que optou por mantê-las neste problema específico.

Quadro 5 – Inconsistências registradas

Fatores	Razão de Consistência (RC)
Classe Economia	0,13
Estabilidade financeira do país	0,18
Situação política do país	0,13
Existência de uma rede empresarial madura	0,05
Governo	0,09
Direito do trabalho e leis trabalhistas	0,05
Requisitos e exigências ambientais	0,05
Apoio e transparência dos governos locais	0,05
Disponibilidade de capital financeiro	0,05
Carga tributária total da empresa	0,05
Custo	0,01
Infraestrutura logística total local	0,05
Disponibilidade local de mão de obra qualificada e especializada	0,05
Custo anual total de mão de obra	0,05

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com os pesos utilizados, nos moldes da metodologia AHP, as inconsistências registradas na classe “Economia” e nos fatores “Estabilidade financeira do país” e “Situação política do país” ocorreram, principalmente, devido à grande imprevisibilidade destes fatores no mercado mundial.

Na análise realizada pelo especialista do sistema FIEB, também com grande experiência no setor de logística automotiva, cada uma das 12 possíveis cidades mencionadas recebeu nota de 0 (zero) a 10. Para estabelecer estes valores, por exemplo, na classe “Custo”, cada peso fornecido pelo especialista (no *Expert Choice*) alimentou uma planilha com os valores dos pesos normalizados, conforme se pode visualizar no Quadro 6, a seguir.

Quadro 6 – Exemplo de pesos fornecidos pelo especialista

Fatores de localização	Peso	Pontuação				
		Fraco	Abaixo da média	Média	Acima da média	Excelente
1. CUSTOS	0,281					
1.1 Custo anual total da mão de obra	0,078	0,065	0,124	0,252	0,510	1,000
1.2 Disponibilidade local de mão de obra qualificada e especializada	0,435	0,065	0,124	0,252	0,510	1,000
1.3 Infraestrutura logística total local	0,487	0,065	0,124	0,252	0,510	1,000

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base no Quadro 6, pode-se afirmar que o peso atribuído a “Custos” (0,281) deve-se ao fato de esta classe ser considerada moderadamente mais importante que a classe Governo (0,135) e moderadamente menos importante que Economia (0,584), na matriz de comparação relativa (*Pairwise Verbal Comparisons* no *Expert Choice*).

O mesmo método foi utilizado para comparar os fatores de localização (como exemplo a classe “Infraestrutura logística total local” igual a 0,487) e também para determinar a escala de julgamentos (fraco, abaixo da média, média, acima da média e excelente), neste caso, porém, com os valores da comparação relativa normalizados.

Se o “Custo anual total da mão de obra” de um determinado local for considerado pelo avaliador como acima da média, a pontuação da localidade, neste fator de localização, será igual a 0,011. Exemplo:

$$\text{Pontos obtidos} = \text{Escala de julgamentos} \times \text{Peso do fator} \times \text{Peso da classe}$$

$$\text{Pontos obtidos} = 0,510 \times 0,078 \times 0,281$$

$$\text{Pontos obtidos} = 0,011$$

Para compor a nota final das cidades, considerada a escala de 0 a 10, somaram-se todos os pontos obtidos em cada fator de localização. O resultado da soma foi multiplicado por 10.

O Quadro 7 apresenta o *ranking* obtido com as notas finais dos 12 possíveis locais analisados.

Quadro 7 – Avaliação das cidades analisadas

Cidade	Pontos
Dias D'Ávila	7,9
Salvador	7,5
Camaçari	7,4
Candeias	7,4
Lauro de Freitas	7,0
Feira de Santana	6,5
Eunápolis	6,0
Ilhéus	6,0
Itabuna	6,0
Luís Eduardo Magalhães	6,0
Mucuri	6,0

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com os resultados do *ranking*, a cidade de Dias D'Ávila merece destaque, principalmente pelos fatores: disponibilidade de mão de obra qualificada e especializada, infraestrutura logística, requisitos ambientais e existência de uma rede empresarial madura. Este resultado pode ser explicado pela presença de algumas indústrias de autopeças na região e pela sua proximidade com o atual complexo automotivo do estado. A capital do estado da Bahia, Salvador, também se destaca como fornecedora de mão de obra qualificada por sua maior disponibilidade de recursos financeiros. Camaçari dispõe de um dos mais importantes polos industriais da região (Polo Petroquímico de Camaçari). O único complexo automotivo do estado baiano pode elevar o índice de mão de obra com qualificação e experiência fabril, existindo uma infraestrutura logística em constante desenvolvimento. Candeias, por sua vez, dispõe de mão de obra qualificada, infraestrutura logística acima da média e existência de uma estrutura empresarial madura, que pode ser consequência de o município fazer parte do Centro Industrial de Aratu e abrigar o Porto de Aratu. A cidade de Lauro de Freitas, que compõe a Região Metropolitana de Salvador (RMS), destacou-se na infraestrutura logística local e na existência de uma rede empresarial madura. Este resultado pode ser explicado por se tratar de um dos municípios mais industrializados do estado da Bahia, além da existência da rodovia estadual privatizada, a BA-099 (Estrada do Coco), que corta a cidade e é uma importante ligação entre Salvador e Camaçari. O município de Feira de Santana apresenta dois importantes polos industriais, o Centro Industrial de Subaé e o Centro das Indústrias de Feira de Santana. Segundo análise do terceiro especialista, a pontuação predominante deste município foi média. Eunápolis, em relação à carga tributária total sobre a

empresa e apoio de transparência dos governos locais, apresentou pontuação dentro da média. Os demais resultados foram registrados como abaixo da média, exceto a situação política e a estabilidade financeira, avaliadas como excelentes. Embora a cidade de Ilhéus abrigue um importante polo de informática do estado da Bahia, obteve pontuação fraca em relação à disponibilidade de mão de obra qualificada local, um fator considerado relevante no setor automotivo da região. Itabuna tem algumas organizações importantes em sua localidade, situada às margens da BR-101 e da BR-415. O município apresentou pontuações dentro e abaixo da média; apenas a situação política e a estabilidade financeira foram consideradas de excelência. O município de Luís Eduardo Magalhães, que tem participação importante na produção de grãos do estado baiano, com multinacionais instaladas em seu parque industrial, apresentou uma fraca disponibilidade de mão de obra especializada. Outros resultados considerados abaixo da média foram o custo anual total da mão de obra e a infraestrutura logística total da localidade. Mucuri está localizado no extremo sul da Bahia e a maioria dos resultados obtidos estava abaixo da média. No município de Conceição do Jacuípe, pertencente à região metropolitana de Feira de Santana, apenas a situação política e a estabilidade financeira superaram a média dos resultados.

De acordo com os resultados analisados, pode-se afirmar que cidades onde existem centros industriais podem apresentar infraestrutura logística em desenvolvimento. A existência de uma mão de obra qualificada em determinada localidade é um fator decisivo na pontuação de um município. Ademais, fatores logísticos de localização industrial possuem grande importância neste modelo.

6 Considerações finais

As organizações precisam compreender que as decisões dentro de suas estruturas hierarquizadas têm que levar em consideração as consequências que se projetam na sua rede logística completa e nos fatores de localização.

A localização ótima de organizações é essencialmente um problema logístico, consequência também da importância dos aspectos de natureza logística evidenciados nos primeiros estudos envolvendo teoria da localização, suportados por modelos matemáticos para explicar os seus pressupostos e a ligação existente entre TL e PO. Atualmente, esses estudos são interdisciplinares, tendo como principais áreas de conhecimento Logística, TL e PO, conforme observado nos trabalhos de Aydalot (1985) e de Bernardes e Marcondes (2000).

Os fatores de localização indicam que existem diversas variáveis com alto nível de complexidade e altamente dinâmicas em toda a cadeia automotiva. Estes fatores também variam de acordo com a característica de cada local e o momento em que determinado mercado está vivenciando. Da mesma forma, como observado por Ballou (2001), nenhum fator de localização é conclusivo. O fato de o mercado estar em constante mutação sinaliza que não existem soluções definitivas para este tipo de problema logístico, que também é de alta complexidade e grande dinamismo.

A metodologia AHP é capaz de considerar um grande número de fatores de localização industrial, revelando-se um método eficiente e eficaz para determinar a importância relativa de cada fator de localização, tentar reduzir a subjetividade e auxiliar os gestores neste complexo processo decisório. Embora o fator subjetivo não possa ser totalmente eliminado em decisões de alto dinamismo e complexidade, quanto maior o número de especialistas envolvidos na alimentação de dados no AHP, maiores serão as possibilidades de acurácia do método (CHOUDHARY; SHANKAR, 2012; CHUANG; CHIA; WONG, 2013; SAYYADI; AWASTHI, 2013).

O resultado do *ranking* das cidades estudadas indica que os municípios de Dias D'Ávila, Salvador, Camaçari e Candeias têm grande possibilidade de ser escolhidos como importantes polos de indústrias de autopeças no estado da Bahia, o que se confirmou com a instalação da fábrica da montadora chinesa na cidade de Camaçari. Outro indicador que aponta nesta direção é o fato de três fornecedores, presentes no atual complexo automotivo de Camaçari, terem construído unidades industriais em Dias D'Ávila. Embora Salvador tenha obtido a segunda pontuação, consequência principalmente da existência de mão de obra qualificada na região, a falta de espaço físico sugere como improvável a escolha desta cidade para a instalação de empresas fornecedoras de autopeças.

A escolha de um método confiável para determinar a localização ótima de fornecedores de autopeças pode reduzir os custos de toda a cadeia logística do setor e, como consequência, aumentar a competitividade e maximizar os benefícios econômicos e sociais (novos postos de trabalho, por exemplo) na indústria baiana.

Por derradeiro, é importante salientar que as variáveis identificadas na pesquisa podem ser adaptadas e utilizadas em estudos que desejem explorar outras localizações de fornecedores do setor automotivo nacional. As conclusões e os resultados aqui obtidos podem, ainda, ser utilizados como referencial por pesquisadores e também contribuir na formulação de estratégias por parte do governo do estado da Bahia e de empresas do setor.



Ademais, novos estudos nessa direção também podem considerar a análise de um número maior de especialistas na área, bem como outros fatores inerentes à localização física para implantação de empresas do setor objeto deste estudo, sem deixar de observar, a toda evidência, as mudanças na dinâmica do mercado de autopeças no estado da Bahia.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. R. X.; ALVES, J. M. Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP). **Production Journal**, São Paulo, volume, número, páginas inicial-final, Apr. 2014. Disponível em: <<http://www.prod.org.br/doi/10.1590/S0103-65132014005000023>>. Acesso em: 3 out. 2014.

AYDALOT, P. **Economie régional et urbaine**. Paris: Economica, 1985.

BADRI, M. A. Dimensions of Industrial Location Factors: Review and Exploration. **Journal of Business and Public Affairs**, Saint Cloud, v. 1. n. 2. p. 1-26, 2007.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

BERNARDES, C.; MARCONDES, R. C. **Criando empresas para o sucesso**. 2. ed. São Paulo: Futura, 2000.

CAETANO, L. A. **Indústria no Distrito de Aveiro** – Análise geográfica relativa ao eixo rodoviário principal entre Malaposta e Albergaria a Nova Coimbra: Comissão de Coordenação da Região Centro. 1986. 289f. Tese (Doutorado em Letras – Geografia Humana) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 1986. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/613>>. Acesso em: 20 junho 2013.

CARRIÈRE, J.; REIX, V. Investissements étrangers au Portugal et leurs incidences sur les disparités regionales. **Estudos de Economia**, Lisboa, v. 10, n. 1. p. 51-73, 1989.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply Chain Management**: Strategy, Planning and Operations. New Jersey: Prentice Hall, 2004.

CHOUDHARY, D.; SHANKAR, R. An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS Framework for Evaluation and Selection of Thermal Power Plant Location: a Case Study from India. **Energy**, United Kingdom, v. 42, p. 510-521, 2012.

CHUANG, Y.; CHIA, S.; WONG, J. Supply Chain Alliance Factors Evaluation by the Delphi-Ahp Method. **WSEAS Transactions on Business and Economics**. Athens, v. 10, n. 2, p. 69-79, Apr. 2013.

COSTA, J.; SILVA, M. **Modelo empresarial e dinâmico de inovação: final report**. Porto: Associação Industrial Portuense, 1994.

GLOBO.COM. Decreto pedido pela Jac Motors sairá com aprovação de MP. **Portal G1**. 31.07.2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bahia/noticia/2012/07/decreto-pedido-pela-jac-motors-saira-com-aprovacao-de-mp-diz-governo.html>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

HOLLAND, J. **Sistemas complexos adaptativos e algoritmos genéticos: complexidade e caos**. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2003.

ISHIZAKA, A.; LABIB, A. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations. **OR Insight**, Birmingham, v. 22, n. 4, p. 201-220, 2009.

LIMA, C. L. *et al.* Fornecedores da Ford: uma avaliação preliminar das oportunidades de investimento na Bahia. **DESENBÁHIA**. Estudo Setorial 01/02, 2002.

MÍDIA NEWS. **Após medida do governo, JAC desiste de abrir fábrica no Brasil**. 31.07.2012. Disponível em: <<http://www.midianews.com.br/conteudo.php?sid=21&cid=128438>>. Acesso em: 23 abr. 2013.

MURRAY, M. N.; DOWEL, P.; MAYES, D. T. **The Location Decision of Automotive Suppliers in Tennessee and the Southeast**. Knoxville: The University of Tennessee, 1999.

NAJBERG, S.; PUGA, F. P. Condomínio industrial: o caso do complexo Ford Nordeste. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 19, p. 199-216, 2003.

NICKEL, S.; PUERTO, J. **Location Theory: a Unified Approach**. New York: Springer, 2005.

OLIVEIRA, R. S. **Procedimento para definição de uma rede de estações de inspeção técnica veicular**. 2009. 104f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.



QUEIROZ, S. T. P. **Usinas de álcool: fatores influentes no processo de escolha da localização de novas unidades.** 2008. 150f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócios) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

REBOUÇAS, L. **Fábrica da JAC Motors precisará de 400 fornecedores na Bahia.** 15.05.2012. (2012a) Disponível em: <<http://www.correio24horas.com.br/noticias/detalhes/detalhes-3/artigo/fabrica-da-jac-motors-precisara-de-400-fornecedores-na-bahia/>>. Acesso em: 23 jun. 2013.

REBOUÇAS, L. **JAC anuncia investimento de R\$20 milhões na Bahia; mil carros já chegaram no porto.** 22.05.2012. (2012b). Disponível em: <<http://www.correio24horas.com.br/noticias/detalhes/detalhes-3/artigo/investimento-da-jac-sera-de-r-20-milhoes-mil-carros-ja-chegaram-no-porto/>>. Acesso em: 23 jun. 2013.

RODRIGUES, I. M. **Metodologia para localização de centros de distribuição para o setor cervejeiro.** 2010. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa-PR, 2010.

SAATY, T. L. How to Make a Decision: the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, Netherlands, v. 48. p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: Makron Books, 1991.

SAATY, T. L. Rank from Comparisons and from Ratings in the Analytic Hierarchy/Network Processes. **European Journal of Operational Research**, Netherlands, v. 168, p. 557-570, 2006.

SANTOS, F.; CADIMA RIBEIRO, J. **Industrial Location Theory Versus Empirical Evidence.** 35th CERSA. Odense, 1995.

SATO, F. R. L. Problemas e métodos decisórios de localização de empresas. **RAE – Eletrônica**, v. 1. n. 2, 2002. Disponível em: <<http://www.rae.com.br/artigos/1462.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2013.

SAYYADI, G.; AWASTHI, A. AHP-Based Approach for Location Planning of Pedestrian Zones: Application in Montréal, Canada. **Journal of Transportation Engineering**, United States of America, v. 139, n. 2, p. 239-246, Feb. 2013.



SFREDO, J. M. *et al.* Análise de fatores relevantes quanto à localização de empresas: comparativo entre uma indústria e uma prestadora de serviços com base nos pressupostos teóricos. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVI, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR530355_8296.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.

SURANA, A. *et al.* Supply-chain Networks: a Complex Adaptive Systems Perspective. **International Journal of Production Research**. United Kingdom, v. 43, n. 20, p. 4.235-4.265, 2005.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. S. Analytic Hierarchy Process: an Overview of Applications. **European Journal of Operational Research**, Netherlands, v. 169, p. 1-29, 2006.

WEISS, J. M. G. Estratégias de localização de montadoras e fornecedores de autopeças no Brasil. In: ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XVII, 1997, Gramado. **Anais...** Gramado: ABEPRO, 1997. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t5410.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2013.