

## **PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE UM NOVO CAMPUS UTILIZANDO MODELO DE AGREGAÇÃO ADITIVO COM VETO**

**Heitor Vitor Chaves Galindo**

UFPE/CAA

Rodovia BR-104 km 59 S/N - Nova Caruaru, CEP. 55.014-900 Caruaru - PE – Brasil  
heitorgalindo@hotmail.com

**Edinalva Nogueira de Carvalho**

UFPE/CAA

Rodovia BR-104 km 59 S/N - Nova Caruaru, CEP. 55.014-900 Caruaru - PE – Brasil  
edinalvaproducao@gmail.com

**Lúcio Camara e Silva**

UFPE/CAA

Rodovia BR-104 km 59 S/N - Nova Caruaru, CEP. 55.014-900 Caruaru - PE – Brasil  
luciocsilva@gmail.com

### **RESUMO**

Escolher corretamente a localização de novas instalações é uma tarefa que requer atenção, consideração máxima dos mecanismos envolvidos e, principalmente, conhecimento do mercado de atuação e das oportunidades envolvidas. Esse trabalho propõe a utilização do modelo de agregação aditivo com veto no auxílio ao problema de localização de um novo campus, levando em consideração os objetivos dessa organização e o estágio atual em que ela se encontra. Para isso, foi realizado um estudo de caso numa escola que já possui diversos campi em atuação pelo Brasil e deseja implementar um outro campus numa cidade que ainda não possui unidades em funcionamento. A proposta é capaz de apoiar a decisão do gestor, não apenas em organizações educacionais, mas pode ser adaptado a outros cenários e outros tipos de organizações.

**PALAVRAS CHAVE:** Problema de localização, decisão multicritério, modelo de agregação aditivo com veto, unidade de serviço.

**Tópicos:** (PO em serviços, Outras aplicações em PO, Logística e Transportes)

### **ABSTRACT**

Correctly choosing the location of new facilities is a task that requires attention, maximum consideration of the mechanisms involved, and especially knowledge of market performance and opportunities involved. This paper proposes the use of additive aggregation model with veto to support the problem of locating a new campus, taking into account the objectives of the organization and the current stage in which it lies. For this, we conducted a case study in a school that already has several campuses in operation in Brazil and want to implement another campus in a city that doesn't have units in operation. The proposal is able to support the manager's decision, not only educational, but can be adapted to other scenarios and other organizations.

**KEYWORDS:** Problem location; multicriteria decision, additive aggregation model with veto; service unit.

**Paper topics** (OR in services, Other applications in OR, Logistics and transport)

## 1. Introdução

Atualmente, as organizações, diante de um cenário competitivo, têm buscado alternativas para que possam se manter ou se inserir neste ambiente de mercado, de forma que obtenha vantagem competitiva. E uma dessas alternativas é avaliar e planejar a melhor localização para instalação. Segundo [Bowersox e Closs, 2001], localização é determinar um ou mais locais para abrigar uma ou mais instalações, com o objetivo de otimizar fatores de desempenho estabelecidos previamente. Para [Corrêa e Caon, 2006], definir a localização de instalações de serviço e varejo é uma decisão de longo prazo que tem grande influência na capacidade de nível de serviço prestado pela organização.

Decisões sobre localização envolvem a determinação do número, local e proporções das instalações a serem usadas; essas instalações incluem pontos nodais da rede, como fábricas, portos, vendedores, armazéns, pontos de varejo e pontos centrais de serviços na rede da cadeia de suprimentos em que os produtos param temporariamente a caminho dos consumidores finais [Ballou 2006]. Existe uma quantidade expressiva de fatores que podem influenciar de uma forma ou outra as decisões de localização, porém não são igualmente importantes em razão das diferenças das atividades empresariais [Moreira 2011].

Nesse sentido, decisão de localização de unidades de negócio envolve uma grande quantidade de fatores subjetivos, dificultando o uso de modelos de decisão tradicionais para o tratamento do problema de localização. Tais modelos, em sua maioria, apresentam problemas metodológicos em seus procedimentos de análise e cálculo ao tentarem incorporar vários critérios na análise [Lopes e de Almeida 2008]. Alguns desses modelos tradicionais apresentados na literatura são: ponderação ou matriz qualitativa, análise dimensional, centro de gravidade e o modelo de Ardalan. [Ballou et al, 2006]; [Bowersox e Closs 2001]; [Moreira 2002].

Porém, a localização de instalações é um fator considerado crítico para o desempenho da organização tanto em suas próprias atividades de negócio como no desempenho da empresa na cadeia de suprimentos na qual está inserida, o que envolve a satisfação de seus clientes, os custos logísticos e os resultados operacionais provenientes de instalações [Lopes e de Almeida 2008]. Entretanto, a decisão correta da localização de novas unidades pode gerar melhorias significativas para a produtividade da organização, já que os recursos serão alocados de forma a otimizar os resultados que são desejados pela organização. Com isso, a preocupação geral está relacionada com as consequências dessas decisões, ou seja, com a forma como estas impactam o futuro das organizações [De Almeida 2013].

Sendo assim, devido à importância da decisão e de suas implicações nas atividades internas e externas da organização, é necessária a existência de uma análise formal para tomada de decisão quanto à localização das instalações, baseada em técnicas que tratem o problema de forma mais estruturada e que consiga envolver grande parte dos aspectos inseridos no problema [Lopes e De Almeida 2008].

Dessa forma, uma das metodologias existentes para auxílio em decisão de localização é o Apoio Multicritério a Decisão (AMD), que consiste em um conjunto de métodos e técnicas formais e consistentes para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões mais fundamentadas, esclarecendo o problema e avaliando as alternativas sob a influência de diversos critérios geralmente conflitantes entre si [de Almeida 2013]. Na literatura, existem vários trabalhos relacionados a localização de instalações, utilizando a metodologia MCDA, a saber: [Lopes e De Almeida, 2008] que usam o método SMARTER para localização de instalações de serviços; [Alves e Alves, 2015], que tratam da utilização do método AHP para definição de localidade para instalação industrial; [Affonso e Santos, 2012], que aplicam a lógica *fuzzy* para a localização de instalações.

Portanto, o objetivo do presente trabalho é utilizar a metodologia de Apoio a Decisão Multicritério, aplicando o método aditivo com veto, para a problemática de priorização, proposta por De Almeida (2013), para auxiliar a tomada de decisão quanto a localização de uma nova unidade acadêmica de uma escola bíblica, de modo a otimizar os objetivos almejados pela instituição. Essa escola possui 92 campi de ensino no Brasil, espalhados por diversos estados e

regiões, e deseja inaugurar uma nova unidade de modo a atender aos seguintes objetivos: alcançar maior número de pessoas com o conhecimento bíblico, com o menor custo possível, pois quanto menor for o custo para implementação e manutenção da escola, menor será o valor cobrado aos alunos que desejarem estudar na escola, uma vez que a instituição é considerada sem fins lucrativos.

Este artigo está estruturado em quatro tópicos, iniciando com essa breve introdução. O item 2 trata de um breve referencial teórico sobre localização e decisão multicritério. O item 3 ilustra a proposta para representar a seleção da nova localização, juntamente com a aplicação numérica da proposta, ilustrando os resultados obtidos. Por fim, o último tópico trata das considerações finais, que traz as contribuições desse trabalho para os problemas de localização e uma ordenação das dez cidades mais bem avaliadas para receber uma nova unidade da escola.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1 Localização de Instalação de unidades de negócios**

As decisões sobre localização, independente de que tipo de negócio a empresa está envolvida, são estratégicas e fazem parte integral do processo de planejamento. No entanto, pequenos detalhes, quando não levados em consideração, podem impactar e comprometer as futuras decisões [Moreira 2011]. As decisões de localização têm como propósito maior equilibrar três objetivos relacionados, quais sejam: os custos espacialmente variáveis da operação, o serviço que a operação é capaz de prestar aos clientes e a receita potencial da operação [Slack et al. 2009].

A problemática de localização não se aplica apenas a novos empreendimentos, mas a empreendimentos existentes e que já operam normalmente. De qualquer forma, tanto para as empresas novas como para as já existentes, as decisões de localização levam a um compromisso de longo prazo, que exige grandes esforços de projeto e implantação que podem durar vários anos [Moreira 2011].

De acordo com [Moreira, 2011], quando se trata de uma empresa já existente, existe três opções básicas para se localizar uma unidade que são:

- Expandir a instalação já existente: essa alternativa será viável se houver espaço disponível para tanto. A expansão local das instalações, além de levar a menores custos, propicia um melhor controle das ações por parte da organização;
- Adicionar nova unidade, retendo as demais que já estão em operação: torna-se importante verificar o impacto sobre o sistema total em termos de custo/benefício com a abertura;
- Fechar uma unidade e abrir outra: nesta alternativa deve-se avaliar o custo de abrir e fechar. Em que o fechamento de uma unidade pode se dar por mudanças de mercado, exaustão de matérias-primas, dificuldades de expansão no próprio local, aumento exagerando dos custos operacionais, dentre outros.

Por outro lado, [Rodrigue et al. 2013] comentam que à localização das instalações identifica três níveis distintos de decisão: a) o micro, que diz respeito à própria instalação, tratando de fatores como a oferta de terreno, a visibilidade e a natureza deste e os acessos a transporte; b) o meso, que inclui aspectos relativos à disponibilidade de mão de obra, materiais, energia e proximidade de fornecedores e clientes; e c) o macro, que trata do ambiente socioeconômico e leva em consideração o capital, a oferta de subsídios, as regulamentações, os impostos e a tecnologia. A importância de cada fator varia conforme a natureza da atividade e, embora não seja uma regra, a localização de atividades econômicas semelhantes se baseia em critérios semelhantes.

Portanto, pode-se dizer que o problema de localização é considerado multicritério, pois envolve uma série de aspectos econômicos, sociais e técnicos que devem ser avaliados, bem como considerações sobre as preferências dos atores [Campos e De Almeida, 2006].

### **2.2 Apoio Multicritério a decisão**

O Apoio Multicritério a Decisão (AMD) é um campo dentro da pesquisa operacional onde é reunido um conjunto de métodos aplicados aos problemas de decisão com múltiplos objetivos, onde se deseja definir preferências com relação aos atributos das alternativas avaliadas.

[Gomes et al. 2006]. [Belton e Stewart, 2002] enfatizam que o processo de AMD, consiste em três fases: identificação e estruturação do problema, construção do modelo e desenvolvimento de planos de ação.

Para que um problema de decisão multicritério possa ser representado e estudado são utilizados modelos de decisão e, geralmente, a construção desses modelos utiliza um método Multicritério de Apoio a Decisão (MCDA). Conforme [De Almeida, 2010], existem diversos métodos que já foram desenvolvidos para apoio a decisão em problemas com múltiplos objetivos, podendo ser classificados da seguinte forma:

- Métodos de critério único de síntese, por exemplo: SMARTS, SMARTER, MAUT;
- Métodos de Sobreclassificação, por exemplo: família ELECTRE e PROMETHEE;
- Métodos Interativos.

Os métodos de critério único de síntese permitem a definição de uma função que consistem em agregar os valores de cada alternativa sujeita a cada critério, em uma única função global, o que dá uma característica compensatória ao modelo. Ou seja, são métodos que permite compensar um menor desempenho de uma alternativa em um dado critério por meio de um melhor desempenho em outro critério. Esta teoria assume que todos os estados são comparáveis e que existe transitividade nas relações de preferência e indiferença. Logo os métodos de sobreclassificação, realizam comparação par a par das alternativas, sem buscar uma função de agregação analítica entre elas. Logo, são métodos não compensatórios, sendo assim, a preferência por dada alternativa depende apenas dos critérios que a favorecem. Sua principal diferença em relação ao método anterior é possibilidade de incomparabilidade entre as alternativas. Já os métodos interativos baseiam-se na heurística, são métodos que alternam entre etapas de cálculo, produzindo soluções sucessivas, e etapas de diálogo, que permitem uma fonte de informações extras sobre as preferências do decisor [Vincke 1992].

Segundo [De Almeida e Costa, 2003], a escolha de um método específico vai depender de diversos fatores, como a estrutura de preferências do decisor, as características do problema, do contexto em que o problema se encontra, e do tempo.

### 2.2.1. Método Aditivo com Veto

Conforme pode ser visto em [Sousa et al., 2013], o modelo de agregação aditivo está classificado como um método de critério único de síntese, uma vez que agrega os critérios em um único critério de síntese. Nesse caso, considera-se uma função valor para cada critério  $v_j(a)$ , para a obtenção da função valor global  $v(a)$ , onde será escolhida a alternativa que apresentará a maior função global

$$v(a) = \sum_{j=1}^n k_j v_j \quad (1)$$

onde  $k_j$  representa a constante de escala para o critério  $j$  e  $\sum_{j=1}^n k_j = 1$ .

Entretanto, o modelo aditivo tem no efeito compensatório entre os critérios um dos seus maiores problemas ou desvantagens, no sentido de que uma alternativa má avaliada em um critério poder ser compensada por uma boa avaliação desta alternativa em outros critérios [Turet e Daher 2015]. Com isso, o modelo aditivo pode gerar vários conflitos, por sugerir alternativas indesejáveis.

Desta forma, [De Almeida, 2013] propõe a inclusão de um veto nas alternativas que estejam fora dos limiares máximos e mínimos estabelecidos pelo decisor para um dado critério, a fim de reduzir os problemas ocasionados pelo efeito compensatório. Entretanto, de acordo com o autor, para determinar o nível de veto, estabelece o limite sobre o desempenho de alternativas para cada critério, sendo este limite podendo ser representado por dois limiares: Limite superior ( $u_i$ ) e o Limite inferior ( $l_i$ ), onde representam uma região indeterminada e pode acomodar alguma imprecisão na especificação.

O Limite superior ( $u_i$ ): explicita o valor mínimo de desempenho aceitável para o decisor, em que determinado critério em qualquer alternativa precisará obter. Assim, para um critério com este valor ou acima deste, a alternativa não sofrerá nenhuma ação.

Limite inferior ( $l_i$ ): é o valor máximo de desempenho em um critério, onde uma alternativa com o valor abaixo ou igual, o decisor prefere rejeitar a alternativa, independentemente dos desempenhos de outros critérios.

Conforme [De Almeida, 2013], para dado critério (i), assume-se que existe um limiar inferior e superior, para a função do veto. Logo, assume-se que para cada critério (i) há uma função de veto  $z_i(a)$ , em que o valor global da alternativa é reduzido quando o desempenho  $v_i(a) < u_i$ .

A função de veto para cada alternativa, de acordo com De Almeida (2013) é dada por:

$$z_i(a) = \begin{cases} 0, & \text{se } v_i(a) \leq l_i \\ 1, & \text{se } v_i(a) \geq u_i \\ \frac{v_i(a) - l_i}{u_i - l_i} & \text{se } l_i < v_i(a) < u_i \end{cases} \quad (2)$$

Onde terá valor 0 se o desempenho de determinado critério em dada alternativa for menor que o limiar inferior; se o desempenho for maior que o limite superior a função terá valor 1; e quando o desempenho de determinado critério estiver entre o limiar inferior  $l_i$  e superior  $u_i$  utilizará de uma fórmula.

Para a problemática em questão, de ranking, uma função veto pesada  $r_i(a)$  para cada alternativa é aplicada. Dessa forma, este índice é agregado ao modelo aditivo com veto da seguinte forma:

$$v(a) = r(a) \sum_{i=1}^n k_i v_i(a) \quad (3)$$

### 3. Contextualização e aplicação da proposta do modelo aditivo com veto

Antes da estruturação da proposta faz-se necessária uma breve contextualização do problema, que trata da localização de um novo campus de uma escola bíblica. Esta possui 92 campi de ensino espalhados por diversos estados brasileiros. O curso bíblico oferecido por cada escola funciona em regime presencial, onde os alunos cursam 24 disciplinas ao longo de dois anos. Em cada ano do curso são cursadas 12 disciplinas, cada uma com carga horária de 13 horas e 20 minutos, sendo ministradas em 16 aulas de 50 minutos cada. Os alunos devem estar presentes na escola três vezes por semana e em cada dia são ministradas duas aulas. Os professores que ministram essas aulas são oriundos do próprio campus ou de campi próximos ao campus onde a aula será ministrada. Todos os campi funcionam em prédios cedidos por alguma igreja local, logo não há gastos com aluguel. Nesse caso, os gastos de cada campus são: água e energia elétrica, que são divididos com a igreja que cede o prédio para as aulas, hospedagem dos professores, transporte dos professores de sua cidade de origem até a cidade onde as aulas serão ministradas, salário dos professores e dos diretores.

Sendo assim, a proposta desse trabalho é auxiliar na tomada de decisão para definição de uma nova unidade acadêmica dessa escola bíblica, em uma cidade que ainda não possua campus dessa escola, de modo a atender aos objetivos da instituição que, como citados na introdução, são: alcançar maior número de pessoas com o conhecimento bíblico e com o menor custo possível, pois quanto menor for o custo para implementação e manutenção da escola, menor será o valor cobrado aos alunos que desejarem estudar na escola, pois é uma instituição sem fins lucrativos.

Sendo assim, a proposta é baseada no método aditivo com veto para a problemática de ranking elaborada por [De Almeida, 2013], e por apresentar características compensatórias e transitivas, inerentes ao problema abordado. Além disso é estruturado para um único decisor. A utilização do veto se deve ao fato de que a escola tem como um de seus objetivos alcançar o máximo de pessoas possível e, para isso, é necessário instalar o novo campus em uma cidade distante de outras que já possuem campus em funcionamento, além da proximidade do professor que irá ministrar as aulas.



A proposta foi estruturada em oito etapas, que podem ser verificadas a seguir:

- *Etapa 1:* Identificação da localidade de todos os campi existente no país (Figura 1).



Figura 1 – Localização dos campi da escola no Brasil  
 Fonte: <http://rhema.org.br/> (adaptado pelo autor)

- *Etapa 2:* Identificação da quantidade de professores existentes em cada campus que estão em funcionamento no Brasil;
- *Etapa 3:* Identificação das possíveis cidades onde poderá ser localizado o novo campus da escola. Para isso, foram selecionadas as duas cidades mais populosas de cada estado brasileiro e do Distrito Federal que não possuem campi da escola (Tabela 1).

Alternativas de cidades para localização do novo campus da escola		
Rio Branco-AC	Imperatriz-MA	São Gonçalo-RJ
Cruzeiro do Sul-AC	São José do Ribamar-MA	Duque de Caxias-RJ
Rio Largo-AL	Várzea Grande-MT	Parnamirim-RN
Coruripe-AL	Rondonópolis-MT	Caicó-RN
Macapá-AP	Dourados-MS	Pelotas-RS
Santana-AP	Três Lagoas-MS	Santa Maria-RS
Manaus-AM	Contagem-MG	Porto Velho-RO
Parintins-AM	Betim-MG	Ji-Paraná-RO
Feira de Santana-BA	Belém-PA	Boa Vista-RR
Camaçari-BA	Ananindeua-PA	Rorainópolis-RR
Maracanaú-CE	Bayeux-PB	Joinville-SC

Sobral-CE	Sousa-PB	Criciúma-SC
Ceilândia-DF	Londrina-PR	São Bernardo do Campo-SP
Planaltina-DF	Maringá-PR	Santo André-SP
Serra-ES	Cabo de St. Agostinho-PE	Itabaiana-SE
Vila Velha-ES	Camaragibe-PE	Nossa Senhora da Glória-SE
Aparecida de Goiânia-GO	Parnaíba-PI	Palmas-TO
Rio Verde-GO	Picos-PI	Araguaína-TO

Tabela 1 - Alternativas de cidades para localização do novo campus da escola

- *Etapa 4:* Identificação dos critérios e elaboração da matriz de consequência. Para isso, foram selecionados quatro critérios (Tabela 2) que traduzem os objetivos do problema em questão.

Tamanho da População	Quantidade de Campi num raio de 500km	Distância para o Campus mais próximo	Distância para o Professor mais próximo
Esse critério foi escolhido porque um dos objetivos da escola é alcançar o maior número de pessoas com o conhecimento bíblico. Então, quanto maior for a população da cidade, maior será sua avaliação da Matriz de Consequências.	Como um dos objetivos da escola é alcançar o maior número de pessoas, não é interessante instalar um novo campus em uma cidade que já possui muitos campi ao seu redor, por isso esse critério foi escolhido. Quanto maior for a quantidade de Campi num raio de 500 km, pior será a avaliação da alternativa na Matriz de Consequências	Esse critério também traduz o desejo da escola de alcançar mais pessoas, mas só leva em consideração a distância para o campus mais próximo, pois quanto mais longe a cidade estiver do campus mais próximo, melhor será sua avaliação da Matriz de Consequências.	Esse critério traduz o desejo da escola de reduzir ao máximo os custos com a manutenção do novo campus, como o fator que mais gera impacto no custo é o transporte dos professores até o local da aula, então quanto mais próximo estiverem os professores, mais barato será para manter a escola, logo terá uma melhor avaliação na Matriz de Consequências.

Tabela 2 – Critérios escolhidos e motivos das escolhas

Para a construção da Matriz de Consequências foram realizadas diversas pesquisas para determinar a avaliação de cada alternativa em cada critério. Para se descobrir o tamanho da população de cada cidade foram utilizados os dados do censo do IBGE (2010). Para se descobrir a quantidade de campi num raio de 500 km, foi feito um mapeamento de todos os campi existentes com o auxílio do Google Maps, como pode ser visto na figura 1. Após isso, também com o auxílio do Google Maps, foi verificado quais Campi se localizavam num raio de 500 km (verificando qual era a distância em linha reta para o campus mais próximo de cada alternativa, que serviu também para se descobrir a distância para o professor mais próximo). A tabela 3 a seguir mostra apenas dez das cinquenta e sete alternativas na Matriz de Consequências para ilustrar como a mesma foi construída.

Alternativas	População	QCP	DCMP	DPMP
Rio Branco-AC	363928	0	1350	1350
Cruzeiro do Sul-AC	80953	0	1950	1950

Rio Largo-AL	75267	34	25	25
Coruripe-AL	56153	35	75	75
Macapá-AP	437256	0	805	805
Santana-AP	108897	0	815	815
Manaus-AM	1982179	0	1086	1086
Parintins-AM	109225	0	1035	1035
Feira de Santana-BA	612000	12	93	93
Camaçari-BA	281413	10	36	36
...	...	...	...	...

Tabela 3 – Matriz de Consequências

- *Etapa 5:* Identificação dos critérios que necessitam de limiares de veto e estabelecimento desses limiares, definidos conforme elicitação do decisor.
  - Dois critérios foram identificados como critérios que necessitam de limiares de veto. Esses critérios foram: ‘Distância para o Campus mais Próximo’ e ‘Distância para o Professor mais Próximo’.
  - Os limiares de veto estabelecidos para o critério ‘Distância para o Campus mais Próximo’ foram 30 km para o limite inferior e 200 km para o limite superior, ou seja, as cidades que estão a 30 km ou menos de distância para o campus mais próximo receberão valor global de zero, devido ao veto, apenas as cidades com mais de 200 km de distância para o campus mais próximo não sofrerão prejuízo do veto no seu valor global, as cidades entre 30 e 200 km de distância receberão prejuízo na função global de acordo com a sua distância.
  - Os limiares de veto estabelecidos para o critério ‘Distância para o Professor mais Próximo’ foram 1950 km para o limite inferior e 500 km para o limite superior. Esses valores foram escolhidos porque não é interessante implantar um novo campus numa cidade muito distante dos professores, pois o custo de manutenção do campus será mais elevado, logo apenas as cidades com menos de 500 km de distância para o professor mais próximo não serão prejudicados pelo veto, pois foi considerado que menos de 500 km é uma distância que não traz custos muito elevados para os transportes dos professores.

Após estabelecidos os vetos, foi definida a nova avaliação intracritério através da normatização das consequências das alternativas em cada critério.

- *Etapa 6:* Definição das constantes de escala;

Com todos esses valores estabelecidos é necessário obter as constantes de escala de cada critério, conforme o procedimento a seguir:

- Ordenação dos critérios: para ordenar os critérios foram feitas comparação entre vários cenários, onde cada comparação analisava a relação de preferência entre um par de critérios. As comparações foram feitas da seguinte forma: primeiro, se comparou um cenário em que uma alternativa hipotética tinha a melhor avaliação no critério População e as piores avaliações nos demais critérios, com um cenário em que a alternativa hipotética tinha a melhor avaliação do critério Quantidade de Campi num raio de 500 km e as piores avaliações nos demais critérios, a partir dessa comparação chegou-se a conclusão de que o decisor prefere o primeiro cenário, ou seja, ele prefere o critério População ao critério Quantidade de Campi num raio de 500 km. Assim, após serem comparados todos os critérios par-a-par, se chegou a seguinte ordenação: Distância para o Campus mais próximo >



População > Quantidade de Campi num raio de 500 km > Distância para o Professor mais Próximo;

- Obtenção de relações entre as constantes de escala: após a obtenção da ordenação de preferências dos critérios, procura-se encontrar algumas relações de indiferença entre os pares de critérios, modificando os cenários criados para as comparações feitas anteriormente. Os cenários são modificados piorando a avaliação do critério que possui o máximo desempenho, até que esse cenário se torne indiferente ao outro cenário ao qual está sendo comparado. Dessa forma, serão obtidas equações que relacionam a constante de escala de um critério com a de outro. As equações obtidas nessa etapa estão abaixo, onde  $k_1$  é a constante de escala do critério ‘Tamanho da População’,  $k_2$  é a do critério ‘Quantidade de Campi num raio de 500 km’,  $k_3$  é a do critério ‘Distância para o Campus mais próximo’ e  $k_4$  é a do critério ‘Distância para o Professor mais Próximo’.

$0,255k_3 = k_2$	(3)
$0,975k_2 = k_1$	(4)
$0,242k_1 = k_4$	(5)
$k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$	(6)

Tabela 4 – Equações para cálculo das constantes de escala

Dessa forma, as constantes de escala de cada critério foram obtidas. A tabela 5 mostra o valor de cada uma dessas constantes.

Constantes de escala de cada Critério			
Tamanho da População	Quantidade de Campi num raio de 500km	Distância para o Campus mais próximo	Distância para o Professor mais próximo
<b>0,159</b>	<b>0,163</b>	<b>0,639</b>	<b>0,039</b>

Tabela 5 – Valor das constantes de escala de cada critério

- *Etapa 7:* Obtenção do valor global de cada alternativa;

Após a obtenção das constantes de escala, finalmente é realizada a avaliação intercritério, com a obtenção do valor global de cada alternativa.

- *Etapa 8:* Apresentação dos resultados ao decisor.

Terminada a aplicação do modelo aditivo com veto, os resultados podem ser apresentados ao decisor, que com o conhecimento desses resultados poderá tomar melhor a sua decisão. O modelo proposto recomenda que o novo campus da escola seja instalado na cidade de Belém, capital do estado do Pará, pois foi a alternativa com maior valor global dentre as alternativas do modelo. Esse modelo segue uma abordagem de refinamento sucessivo, ou seja, o decisor pode retornar a alguma etapa anterior, à medida que julgar necessário realizar alguma mudança. [De Almeida, 2013] enfatiza que a abordagem de refinamento sucessivo possibilita um enriquecimento que trará melhores resultados.

#### 4. Discussão e Considerações Finais

Como já citado anteriormente, a proposta recomenda que o novo campus da escola seja instalado na cidade de Belém, pois essa alternativa recebeu o maior valor global. Porém, a aplicação

do método também permitiu que fosse estabelecida uma ordenação entre as alternativas. A tabela 6 mostra os valores globais das dez alternativas mais bem avaliadas com a aplicação do modelo com e sem veto.

<i>Valores Globais com veto</i>			<i>Valores Globais sem veto</i>		
	<b>Alternativas</b>	<b>U(a)</b>		<b>Alternativas</b>	<b>U(a)</b>
<b>1</b>	Belém-PA	0,430	<b>1</b>	Cruzeiro do Sul-AC	0,806
<b>2</b>	Manaus-AM	0,404	<b>2</b>	Boa Vista-RR	0,757
<b>3</b>	Macapá-AP	0,363	<b>3</b>	Manaus-AM	0,695
<b>4</b>	Palmas-TO	0,352	<b>4</b>	Rorainópolis-RR	0,671
<b>5</b>	Ananindeua-PA	0,351	<b>5</b>	Rio Branco-AC	0,644
<b>6</b>	Porto Velho-RO	0,349	<b>6</b>	Porto Velho-RO	0,54
<b>7</b>	Araguaína-TO	0,346	<b>7</b>	Parintins-AM	0,527
<b>8</b>	Ji-Paraná-RO	0,345	<b>8</b>	Macapá-AP	0,482
<b>9</b>	Santana-AP	0,341	<b>9</b>	Belém-PA	0,46
<b>10</b>	Imperatriz-MA	0,333	<b>10</b>	Santana-AP	0,459

Tabela 6 – Valores Globais das dez alternativas mais bem avaliadas com e sem veto

Nota-se que entre as dez alternativas mais bem avaliadas, sete são da região Norte do Brasil. Isso se deve ao fato de que a escola não possui nenhum campus nessa região brasileira, logo as cidades dessa região receberam uma melhor avaliação no critério ‘Distância para o Campus mais Próximo’, que é o critério de maior importância para o decisor. Além disso, as capitais de todos os estados dessa região foram consideradas como alternativas do modelo, visto que são as cidades mais populosas desses estados, ou seja, são cidades com grande população, e o critério ‘Tamanho da População’ também foi levado em consideração no modelo, logo essas cidades possuem populações maiores que as cidades escolhidas como alternativas dos estados das outras regiões, devido ao fato de que as cidades mais populosas dos estados das outras regiões já terem campus da escola em funcionamento.

O veto foi de tamanha importância para esta proposta, pois sem a sua devida utilização, cidades com um alto custo para manutenção do campus poderiam ter sido consideradas como boas alternativas, pois não seriam penalizadas pelo veto no critério ‘Distância para o Professor mais Próximo’. A tabela 6 ilustra o resultado sem a aplicação do veto.

A cidade de Cruzeiro do Sul-AC foi a alternativa mais bem avaliada sem a utilização do veto, mas essa cidade encontra-se a 1950 km do professor mais próximo, ou seja, se um campus fosse implementado nessa cidade teria um alto custo para a manutenção do campus, visto que o custo com transporte de professores seria elevado. No modelo com veto, essa alternativa ficou na última posição com valor global zero.

Outras cidades que também ficaram entre as dez mais bem avaliadas sem a utilização do veto também sofreram prejuízo com o veto e não figuram entre as dez melhores no modelo com veto, como Boa Vista-RR (1731 km para o professor mais próximo), Rorainópolis-RR (1524 km), Rio Branco-AC (1350 km) e Parintins-AM (1035 km). E cidades como Manaus-AM, Porto Velho-RO e Macapá-AP sofreram um enorme prejuízo pelo veto sendo ultrapassadas pela cidade de Belém-PA, que foi a alternativa mais bem avaliada no modelo com veto, mas ainda assim permaneceram entre as dez melhores alternativas.

Mesmo o decisor estando de posse desses resultados, não é recomendado que ele decida implantar mais de um novo campus utilizando esses resultados como apoio, pois ao se implementar qualquer uma dessas alternativas, as consequências das demais alternativas nos critérios 2, 3 e 4 poderiam mudar, pois um novo campus surgiria. Além de que as constantes de escalas também poderiam sofrer mudanças, dado que o melhor ou o pior desempenho em qualquer um dos critérios

poderia mudar. Logo, para implantar mais outro campus, esse modelo deveria ser aplicado novamente com as novas alternativas e as novas consequências.

Esse modelo é muito útil para tomar decisões de instalação de novas unidades de empresas que já possuem muitas unidades em funcionamento, que é o caso dessa escola. Ele pode ser facilmente adaptado a outros cenários, tornando-se, assim, um modelo de grande abrangência.

Para trabalhos futuros, poderá ser realizada uma adaptação desse modelo para a seleção de uma classe de alternativas, visando a implementação de mais de uma nova unidade ao mesmo tempo. Para isso, poderá ser necessário utilizar outros métodos de apoio a decisão multicritério, além de alterar a problemática, que deixaria de ser de escolha e passaria a ser de classificação.

## Referências

Affonso, C. R.; Santos, R. A. D. E., (2012). Aplicação de lógica fuzzy à localização de instalações. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Alves, J. R. X.; Alves, J. M., (2015). Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP). *Revista Production*, v. 25, n. 1, jan./mar. 2015.

Ballou, R.H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Belton, V; Stewart, T. (2002). Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers. Boston. USA.

Bowersox, Donald J.; Closs, David J. Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

Campos, V.R. e De Almeida, A.T. Modelo multicritério de decisão para localização de nova Jaguaribara com Vip Analysis. *Pesquisa Operacional*, v.26, n.1, p.91-107, 2006.

Centro de Treinamento Bíblico Rhema Brasil. Endereços. Disponível em: <<http://rhema.org.br>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2016.

Corrêa, H.L; Caon, M. Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes.1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

Daher, S. F. D. A; De Almeida, A. T., (2011). Combination of Ranking Veto Concept and Distance Measures to Minimize Conflicts in a Group Decision Problem. International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Anchorage, AK. *IEEEExplore*.

De Almeida, A. T., (2013) Additive-veto models for choice and ranking multicriteria decision problems. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, v.30.

De Almeida, A.T..O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010.

De Almeida, A. T.; Costa, A. P. C. Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio à Decisão. Recife: Universitária UFPE, p 1-12, 2003.

De Almeida, A. T.. Processo de decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.

Gaither, N.; Frazier, G. Administração da produção e operações. 8.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

Gomes, L. F. A. M.; Gomes, C. F. S. De Almeida, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. 2 ed., Editora Atlas, Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2016.

Lopes, Yuri G.; De Almeida, Adiel T., (2008). Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão* 3, p.114-128.

Moreira, D. A. Administração da produção e operações. São Paulo, Pioneira, 2002.

Moreira, Daniel A. Administração da produção e operações. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

Rodrigue, J.-P.; Comtois, C.; Slack, B. (2013). The geography of transport systems. Routledge.

Sfredo, J. M., Pereira, L. N., Moraes; P. R. P.; Dalmau, M. (2006). Análise de fatores relevantes quanto à localização de empresas: comparativo entre uma indústria e uma prestadora de serviços com base nos pressupostos teóricos. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Fortaleza.

Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Johnston, Robert. Administração da produção. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Sousa, M. A.; Dowsley, B. S.; De Almeida, A. T., (2013). Um problema multicritério de seleção de fornecedores com modelo de agregação aditivo. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador.

Turet, J. G.; Daher, S.F. D., (2015). Aplicação de modelo multicritério para elaboração de plano de ação em *m-commerce*. *XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Porto de Galinhas, Pernambuco-PE.

Vincke, P. Multicriteria Decision Aid. John Wiley e Sons. 1992.

Wanke, P., (2001). Aspectos fundamentais do problema de localização de instalações em redes logísticas. Disponível: <http://www.ilos.com.br/web/aspectos-fundamentais-do-problema-de-localizacao-de-instalacoes-em-redes-logistic/>. Acesso em 08 de fevereiro de 2016.