



PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

Localização de Agências Bancárias

Por,
Leandro Batista Araújo

Brasília, 08 de julho de 2016.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Localização de Agências Bancárias

POR,

Leandro Batista Araújo

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/ EPR
(Orientador)

Prof. Clóvis Neuman, UnB/ EPR

Prof. Márcia Terezinha Longen, UnB/ EPR

Brasília, 08 de julho de 2016.

Agradecimentos

A Deus, por me conceder o dom da vida, pela saúde, por me oferecer a oportunidade de crescer a cada dia e buscar os meus sonhos e por todas as bênçãos.

Aos meus pais, por serem a base dos meus ensinamentos e meus exemplos de vida, por me darem todo o amor do mundo e confiança, por me apoiarem nesta conquista e por estarem comigo nos momentos de alegria e também nos de tristeza.

Aos meus irmãos, familiares, companheira e amigos, por todo o apoio e amizade a mim dados.

Ao professor orientador Sergio Granemann, pela credibilidade, paciência e confiança no trabalho prestado.

Aos demais que direta ou indiretamente me trouxeram até aqui e me fizeram acreditar que tudo é possível e que somos capazes de sermos melhores a cada dia.

Leandro Batista Araújo

A localização de agências bancárias é um fator de extrema importância na potencialização dos resultados obtidos por cada ponto de atendimento de uma rede bancária. Diferentes variáveis devem ser consideradas, a exemplo do poder aquisitivo local, perfil da clientela e de possíveis novos clientes, facilidade de acesso, total de clientes atendidos, segurança, entre outros. Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma proposta de estruturação de tomada de decisão para a problemática de localização de agências bancárias, com base em uma metodologia de análise multicritério, realizada através de informações e variáveis coletadas junto a um banco comercial localizado em Brasília-DF. A estruturação da proposta foi obtida após um levantamento teórico e a avaliação das principais metodologias existentes acerca de localização de facilidades, fornecendo insumos para a escolha da melhor estratégia e para sua aplicação prática ao problema de localização descrito. Como resultado, foi apresentada a aplicação de um método de auxílio à determinação da localização ótima de uma nova agência bancária, com base na análise e julgamento de fatores críticos de sucesso. A construção da estrutura do problema foi feita com o auxílio do software *Expert Choice 11*, segundo o modelo AHP (*Analytic Hierarchy Process*) analisado.

Palavras-chave: Critérios, localização, modelo, análise.

ABSTRACT

The location of bank branches is a very important factor in the enhancement of the results obtained by each attendance spot within a banking network. Different variables must be considered, such as the local purchasing power, the profile of customers and potential new customers, ease of access, total clients served, security, among others. Within this context, this paper proposes a method of decision-making to the location problem of bank branches, focusing on multi-criteria analysis performed through information and variables collected from a commercial bank located in Brasilia, Distrito Federal. The construction of the localization model was obtained after a theoretical assessment and evaluation of the main existing methodologies, providing input for choosing the best strategy and its practical application to the location problem described, presenting as a result the application of a method that assist in determining the ideal location of a bank branch, based on the analysis and judgment of critical factors to the success of this choice. The construction of the method structure was obtained with the aid of Expert Choice 11 software, according to the model AHP (Analytic Hierarchy Process) analyzed here.

Keywords: criteria, location, model, analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	121
1.3 OBJETIVO GERAL DO PROJETO.....	122
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO PROJETO	132
1.5 METODOLOGIA	133
1.6 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	133
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ESTUDOS DA LOCALIZAÇÃO NA LOGÍSTICA.....	15
2.2 EVOLUÇÃO DA TEORIA DA LOCALIZAÇÃO	126
2.3 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES	127
2.3.1 MÉTODO DO CENTRO DE GRAVIDADE.....	138
2.3.2 MÉTODO DA P-MEDIADA.....	139
2.3.3 AHP	20
2.3.4 MÉTODO DO MÚLTIPLO CENTRO DE GRAVIDADE	24
2.3.5 MÉTODO DA MÁXIMA COBERTURA	25
3 CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA DO PROBLEMA.....	27
3.1 ESCOLHA DO MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO.....	27
3.2 LEVANTAMENTO DOS INDICADORES.....	27
3.3 CONSTRUÇÃO DOS INDICADORES.....	28
3.4 ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO	30
3.5 PRIORIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS	31
3.6 JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS MACRO.....	32
4 APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTRUTURADO	36
4.1 SIMULAÇÃO	36
4.2 APRESENTAÇÃO DOS JULGAMENTOS	37
4.3 RESULTADOS OBTIDOS.....	38
4.3.1 LOCALIZAÇÃO ÓTIMA: META GLOBAL.....	38

4.3.2 LOCALIZAÇÃO ÓTIMA: POR CRITÉRIO	40
5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	42
5.1 GRÁFICO DE SENSIBILIDADE	42
5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DINÂMICA	44
5.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO.....	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O PROJETO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão.....	22
Figura 2 - Exemplo de localização múltipla.....	24
Figura 3 - Formulação do método de máxima cobertura	26
Figura 4 - Estruturação do modelo.....	30
Figura 5 - Estruturação do modelo em critérios e subcritérios.....	31
Figura 6 – Objetivo, critérios e subcritérios estruturados no Expert Choice.....	34
Figura 7 – Priorização das alternativas (objetivo global)	39
Figura 8 – Diagrama de Pareto das alternativas.....	40
Figura 9 – Análise de sensibilidade: critério acessibilidade.....	43
Figura 10 – Análise de sensibilidade: número de concorrentes.....	44
Figura 11 – Análise de sensibilidade dinâmica.....	45
Figura 12 - Análise de desempenho.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de Comparação Par a Par 20	21
Tabela 2 – Escala Fundamental de Saaty	23
Tabela 3 – Agupamento de Indicadores em Critérios	29
Tabela 4 – Matriz de julgamento dos critérios.....	32
Tabela 5 – Matriz de julgamentos do critério Potencial de Clientes.....	33
Tabela 6 – Indicadores levantados.....	34
Tabela 7 – Matriz de julgamento das alternativas.....	37
Tabela 8 – Priorização das alternativas (objetivo global)	39
Tabela 9 – Priorização das alternativas (por critério)	41

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda as considerações gerais iniciais do trabalho, tais como contextualização do problema, justificativa do estudo, relevância do projeto, objetivo do trabalho e objetivos específicos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado financeiro e o cenário econômico atual vêm exigindo cada vez mais resultados do trabalho realizado pelas instituições financeiras, o que faz com que estas direcionem seus esforços para o aumento dos lucros e corte dos custos/gastos.

Para os bancos comerciais, que são instituições enquadradas no setor de serviços, alguns fatores logísticos se tornam de extrema importância, tendo em vista a necessidade de potencializar seus serviços aos clientes para o alcance de bons resultados. Em específico, a localização de agências bancárias torna-se um fator crucial para o bom resultado de um ponto de atendimento, tendo em vista que pode influenciar de diversas maneiras as variáveis que compõem suas metas, como número de clientes, volume de captação, cobranças de tarifas, entre outros.

Segundo Ballou (2006), o planejamento logístico contribui na determinação de diretrizes inerentes ao sucesso das atividades logísticas, incluindo o nível de serviço prestado ao cliente. Nesse contexto, a logística torna-se uma ferramenta fundamental ao planejamento estratégico de um banco, fornecendo os insumos ao estudo da localização de instalações de forma que potencializem a rede de atendimento da organização.

Nessa linha, o presente trabalho aborda a problemática de localização de facilidades para o contexto de um banco comercial localizado em Brasília-DF, estruturando um método de auxílio à tomada de decisão para a instalação de novas agências.

Devido ao sigilo das informações prestadas, o banco estudado neste projeto não será descrito em grandes detalhes, para que informações relevantes à organização e a imagem da empresa não sejam prejudicadas. Trata-se de um banco que atua desde a década de 1960 na região Centro-Oeste brasileira, porém com concentração em Brasília-DF (sede da organização). É uma sociedade de economia mista que conta com mais de três mil funcionários e mais de cem pontos e atendimento.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como apontado no tópico 1.1 da introdução, a localização de uma instalação pode influenciar toda a cadeia produtiva de uma organização e por consequência o mercado que a rodeia, tendo em vista o impacto relacionado a transportes, nível de serviços, custos e demais fatores de sucesso que influenciam os resultados de uma empresa.

Com base na relevância do estudo da localização de facilidades, o presente projeto se justifica pela importância da determinação da localização ótima de novas agências bancárias, tendo em vista o impacto que isso pode gerar sobre os resultados de um novo ponto de atendimento e também sobre o desenvolvimento socioeconômico do local em que ele se insere, promovendo o crescimento de empresas locais e fomentando a economia da região, indo de encontro à missão do banco estudado que é de promover o crescimento econômico e sustentável do DF.

Para se entender o contexto do estudo da localização de facilidades, ele envolve a problemática da escolha de um local ótimo dentro de um conjunto de possibilidades. Segundo Rocha (2008), a tomada de decisão sobre a localização envolve diversos fatores. Para ele, a acessibilidade e proximidade ao cliente, disposição de mão de obra, acesso a insumos e matéria-prima, disposição e acesso a recursos energéticos, compõem os principais.

Para Barney (1991), os recursos de uma organização, sendo estes ativos, capacidades, informações, conhecimentos, entre outros, são fatores que permitem à empresa aumentar sua eficácia na implementação de estratégias, que vão garantir a criação de valor perante seus concorrentes e lhe garantir vantagem competitiva. Barney (1991) aponta que os recursos podem ser divididos em quatro categorias: financeiro, capital humano, organizacional e físico.

Esses recursos então, analisados em conjunto, fornecem insumos à definição da estratégia de localização, que leva em conta aspectos físicos, como a localização geográfica em si; aspectos econômicos, a exemplo do potencial de mercado a ser explorado; aspectos de capital humano, como a disponibilidade de mão de obra especializada; e organizacional, como a expansão e divulgação da imagem e valores da empresa.

Nessa linha, o estudo e conhecimento das características de um local ótimo influenciam direta e indiretamente os números e desempenho dos indicadores de uma agência, como o volume de captação por carteira, número de clientes, provisão de crédito, risco de inadimplência, entre outros. Isso pode ser obtido em analogia com trabalhos semelhantes acerca de localização de indústrias, prestadores de serviços e demais facilidades. Por isso, os fatores apresentados a seguir, elencados com base no conhecimento de localização de facilidades como

um todo, são associadas à maximização de lucros e conseqüentemente redução de custos, como visto, por exemplo, nas teorias de Weber (1929).

Esses fatores, analisados em analogia com a indústria de serviços, têm como referencial a redução dos custos de transporte, melhoria do atendimento aos clientes, entre outros, contribuindo de maneira geral para aumento dos lucros, sendo eles:

- acessibilidade;
- perfil dos clientes;
- renda média local;
- quantidade de clientes/possíveis novos clientes;
- potencial de mercado local;
- quantidade de agências já existentes (na localidade/cidade/bairro);
- custos relacionados à aquisição/aluguel;
- quantidade de agências de bancos concorrentes;
- segurança.

Com isso, pode-se entender a importância do estudo da logística dentro do contexto e da problemática do presente projeto e como ela pode interferir no trabalho e nos resultados obtidos por um ponto de atendimento bancário, sobretudo no que se refere à sua localização.

1.3 OBJETIVO GERAL DO PROJETO

- Estruturar um método de tomada de decisão para localização ótima de agências bancárias.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO PROJETO

- Realizar levantamento teórico dos principais métodos de localização.
- Aplicar um método de análise multicritério ao problema de localização de agências bancárias.
- Simular o método estruturado com auxílio do software Expert Choice.
- Analisar os resultados e a sensibilidade do método.

1.5 METODOLOGIA

Para análise da localização de uma agência bancária, a metodologia utilizada será a seguinte:

1. Revisão teórica sobre localização e suas diferentes aplicações a problemas concretos.
2. Estudo do problema e levantamento das variáveis que compõem a escolha da localização de uma agência bancária, com base no estudo e analogia de teorias de localização de facilidades e seus fatores relevantes.
3. Estruturação de um método para tomada de decisão quanto à localização, com base em metas, critérios e alternativas a serem avaliadas.
4. Coleta de informações junto a dois gestores de nível estratégico do banco estudado, envolvidos anteriormente no processo de abertura de novas agências.
5. Aplicação do método proposto e simulação com auxílio de software (Expert Choice 11), com base nas informações coletadas junto aos gestores responsáveis.
6. Análise dos resultados obtidos, bem como da sensibilidade do método e de performance de alternativas simuladas.

Para o trabalho junto ao banco analisado, será necessária a coleta de informações junto aos gestores responsáveis e/ou envolvidos na análise e escolha de novos pontos de atendimento da rede bancária, com o objetivo de levantar dados, critérios, fatores e objetivos que influenciam a escolha da localidade de uma nova agência. Devido ao sigilo dos dados, as informações acerca da consulta junto aos gerentes serão apresentadas em forma de tabelas de julgamentos e apontamento dos fatores que compõem o método de tomada de decisão do banco analisado.

1.6 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é composto de seis capítulos, estruturados da seguinte forma:

- I. O primeiro capítulo do trabalho destina-se à apresentação do problema e do que se pretende desenvolver, destacando objetivos e métodos utilizados.
- II. O segundo capítulo apresenta o levantamento teórico das principais teorias de localização existentes, priorizando um estado da arte do tema.
- III. No terceiro capítulo, estão apresentadas as informações gerais coletadas junto ao banco analisado, conforme métodos e critérios atualmente utilizados para escolha da

localidade das novas agências bancárias, permitindo a construção de um modelo para tomada de decisão.

- IV. O quarto engloba a simulação do modelo de decisão desenvolvido, apresentando análise detalhada da metodologia escolhida aplicada ao caso do banco e resultados obtidos.
- V. No quinto é feita uma análise de sensibilidade dos resultados simulados, avaliando os efeitos a partir de variações inseridas no modelo e/ou dados da simulação.
- VI. Por fim, são apresentadas as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas as principais teorias e metodologias de localização, embasando o entendimento e estudo analisado para agências bancárias.

2.1 ESTUDOS DA LOCALIZAÇÃO NA LOGÍSTICA

O estudo da localização de facilidades consiste em encontrar a localização ótima para uma instalação ou facilidade, com o objetivo de aumentar a diferença entre receitas e custos, isto é, aumentando a lucratividade de uma empresa ou organização.

Para Moreira (1996), independentemente do tipo de atividade de uma empresa, mas principalmente se esta for uma fábrica, a tomada de decisão sobre a localização é estratégica e compõe todo o processo de planejamento. Desta forma, pequenos detalhes podem trazer desvantagens comprometedoras. A localização ótima, aqui, significa determinar a região de operação, onde serão fabricados os produtos e/ou prestados os serviços.

Essa decisão envolve diversos fatores, o que dificulta o processo de determinação de uma localização ótima. Deve-se levar em conta custos relacionados ao transporte, aquisição de material, mão de obra e ademais, analisando o fluxo logístico sob uma ótica sistêmica.

O estudo de localização vem sendo aperfeiçoado ao longo dos anos, criando teorias e métodos que melhor representam a realidade logística dos sistemas. Nesse sentido, os trabalhos de Alfred Weber (1909), caracterizado por muitos como pertencente às teorias clássicas de localização, foram os primeiros registrados nessa área. Segundo Cavalcante (2008), Alfred Weber construiu seu trabalho de localização com base em três fatores: custos de transporte, custos de mão de obra e a força de aglomeração/desaglomeração.

Com a evolução das teorias, o estudo da localização passou a incorporar a análise baseada em múltiplos critérios, buscando compreender como esses diversos fatores interagem entre si e como influenciam a escolha da localização ótima, auxiliando na tomada de decisão estratégica. Segundo Corrêa e Caon (2006), definir a localização de um serviço ou varejo, por exemplo, é uma decisão de longo prazo, que tem grande influência no nível de serviço prestado pela empresa. Particularmente, a localização de serviços envolve um maior número de variáveis subjetivas, o que dificulta a aplicação de modelos de tomada de decisão tradicionais, sobretudo pela tentativa de inclusão de elevado número de critérios, muitas vezes difíceis de serem monetarizados.

A análise multicritério torna-se, então, uma poderosa ferramenta para a tomada de decisão quanto à localização, proporcionando a criação de metodologias que envolvam critérios

objetivos e subjetivos, como afirmado por Bana e Costa (1992), em que as metodologias multicritério consistem em um conjunto de técnicas que apoiam a tomada de decisão, compondo uma das ferramentas de gestão estratégica da empresa.

2.2 EVOLUÇÃO DA TEORIA DA LOCALIZAÇÃO

Os primeiros trabalhos relevantes publicados acerca da teoria da localização foram originados nas ideias de Weber (1909), com a *Teoria da Localização de Indústrias*, e Lösch (1940), com *A Economia da Localização*, com base em conceitos de localização de uma firma industrial, conforme aponta Da Costa (1968). Além destes, Von Thunen (1826), com a publicação de *O Estado Isolado*, foi outro precursor de trabalhos acerca do que se entende por localização de facilidades. Esses trabalhos convergiam para uma ideia em comum: a teoria da localização deve buscar a localização de um ponto que retorne o maior lucro.

O trabalho de Thunen (1826), baseado em conceitos de área de mercado, área de abastecimento e renda econômica, buscava entender qual o melhor local para se estabelecer determinada atividade econômica. Segundo ele, renda econômica é todo o excedente que se adiciona a um elemento de produção, superior ao valor necessário à manutenção deste elemento produtivo. A renda econômica, quando influenciada pela distância do elemento de produção ao mercado, é denominada renda de localização. Desta forma, seus estudos buscaram entender a influência da localização sobre as atividades econômicas daquela época.

Já nos trabalhos de Weber (1909), a localização de atividades industriais seria influenciada por três fatores principais: custo de transporte, custo de mão de obra e um terceiro fator, oriundo das forças de aglomeração e desaglomeração. Basicamente, com relação aos custos de transporte, uma indústria deveria escolher a localização onde os custos de transporte e de matéria-prima fossem mínimos. Na mesma linha, o local ótimo deveria contemplar a localização com menos custos associados à mão de obra, desde que compensassem os custos de transporte. Por fim, os fatores de aglomeração e desaglomeração seriam fatores característicos de cada setor, subjetivos, não facilmente determináveis como os dois primeiros, mas que também impactassem na determinação do local ótimo.

Ademais, outros trabalhos contribuíram fortemente com a evolução das teorias da localização, a se citar Lösch (1940), que estudou a hierarquia observada entre as áreas de mercado, considerando a demanda como principal variável espacial e focando a localização como o lugar de lucro máximo.

A partir daí, com a evolução das ideias e do conhecimento acerca da logística, buscou-se cada vez mais desenvolver modelos que representassem fielmente a realidade, levantando

fatores diversos que pudessem influenciar a localização de uma facilidade, sendo eles passíveis de análise em valores monetários ou não.

2.3 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

Os métodos de localização de facilidades devem adequar-se a cada tipo de problema, sobretudo ainda, aos tipos de variáveis envolvidas, sejam elas mensuráveis monetariamente ou não. Segundo Klose e Drexler (2005), os métodos de localização podem ser classificados de diversas formas, entre elas:

- **Região Geográfica:** certos tipos de problemas de localização de facilidades levam em conta a determinação de um ponto ótimo sobre uma região plana, não existindo nenhuma restrição quanto à localização dentro da região delimitada. Por outro lado, é comumente visto nos problemas de localização a escolha de um ponto dentro de uma rede de nós, isto é, dado um conjunto de possíveis centros ótimos, deve-se determinar aquele de melhor escolha.
- **Objetivos específicos:** em alguns problemas, o foco da problemática é a maximização ou minimização de determinada variável, como custo associado, distância percorrida, número de clientes atendidos, etc. Assim, são avaliados os prós e contras que a localização desejada acarreta ao contexto geral de logística.
- **Capacidade de atendimento:** as capacidades de atendimento dos possíveis pontos ótimos podem ou não ser consideradas, restringindo ou não o problema de localização. De acordo com os tipos de variáveis envolvidas, deve-se analisar a capacidade de atendimento de uma facilidade frente à demanda exigida pelos pontos atendidos da rede.
- **Estágios de facilidades:** nesses tipos de problemas, são avaliadas a quantidade e os níveis de estágios envolvidos na cadeia logística, isto é, se os pontos de facilidades atuam diretamente junto aos clientes finais, ou se atuam como centros de distribuição para outros pontos de distribuição. Problemas desse tipo avaliam a possibilidade de redução de distâncias percorridas, para casos em que pedidos são compostos por produtos oriundos de centros de distribuição diferentes.
- **Produtos/serviços:** os tipos de produtos e a quantidade podem ser ou não considerados nos problemas de localização, no que se refere ao mix de produtos manejados pelo centro (ponto de facilidade). Problemas em que os centros de distribuição são responsáveis por um único tipo de produto, podem ser analisados em conjunto com

outros centros de distribuição em demais níveis, responsáveis por agrupar pedidos menores que compreendem mais de um tipo de produto e/ou serviço.

- **Demanda:** dependendo do tipo de problema, a demanda considerada é independente do ponto a ser escolhido para a instalação da facilidade, porém existem outros em que a demanda pode ser alterada de acordo com o ponto escolhido, influenciando na metodologia adotada para análise do problema de localização.
- **Tempo:** alguns métodos de localização de facilidades desprezam o tempo envolvido, enquanto outros consideram o tempo como um fator dinâmico, sendo uma variável pertencente à metodologia de escolha do ponto de facilidade.

Além disso, existem problemas que englobam mais de um tipo das classificações apresentadas, como por exemplo, problemas de localização de facilidades que busquem minimizar uma variável escolhida, sem deixar de avaliar a influência sobre a demanda estudada. Problemas esses, são comumente conhecidos por considerar múltiplas variáveis.

A seguir são apresentados alguns dos principais métodos de localização de facilidades.

2.3.1 MÉTODO DO CENTRO DE GRAVIDADE

Este método de localização, também conhecido como método do centroide, permite a determinação do centro ótimo para uma instalação, calculado com base em um sistema de coordenadas X e Y. Além disso, pode ser ponderado por algumas variáveis, como por exemplo, pelo custo relacionado ao transporte.

Segundo Bowersox e Closs (2001), o centro de gravidade é um método de localização que propõe a determinação do centro de peso, centro de distância, centro combinado peso-distância, ou ainda o centro combinado peso-distância-tempo, com intuito de se determinar o centro ótimo que reduza os custos totais envolvidos.

O método do centro de gravidade presume a definição de coordenadas cartesianas. Segundo Ballou (2006), este método pode ser dividido em seis passos, descritos a seguir.

1ª Passo: Definir as coordenadas X e Y para cada possível ponto, além dos volumes transportados e tarifas praticadas, dentro do conjunto do total de possíveis localidades.

2ª Passo: Aproximar a localização inicial:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \quad \bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (1)$$

Onde:

- X, Y: coordenadas da instalação localizada;
- X_i, Y_i : coordenadas dos pontos de fonte e demanda;
- V_i : volume no ponto;
- R_i : taxa de transporte até o ponto i;
- d_i : distância até o ponto i da instalação a ser localizada.

3º Passo: Com base no X médio encontrado na etapa 2, calcular “ d_i ”.

$$d_i = K\sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

Onde K representa o fator de conversão entre unidades de medida.

4º Passo: Calcular o valor para d_i , substituindo-o na equação (1), recalculando-o a partir dos valores calculados para X médio e Y médio.

5º Passo: Refazer o 4º passo até que as coordenadas de X médio e Y médio não sofram alterações ou que estas sejam insignificantes.

6º Passo: Calcular o custo total para a localização do ponto ótimo encontrado, que representa o custo mínimo total.

$$MinTC = \sum_i V_i R_i d_i \quad (3)$$

Onde TC representa o custo total envolvido.

Vale ressaltar que a metodologia apresentada é utilizada para problemas de localização onde são consideradas variações nas taxas de transporte praticadas e também no volume transportado. Problemas mais simplificados levam em conta apenas o centro geográfico.

2.3.2 MÉTODO DA P-MEDIANA

O método da p-mediana é considerado um problema clássico de localização de facilidades, no que se refere ao estudo de facilidades dentre um dado conjunto de pontos. As primeiras teorias e formulações de problemas p-mediana foram apresentadas em (Hakimi, 1964) e (Hakimi, 1965).

O problema de p medianas consiste em determinar os pontos ótimos dentro um conjunto macro de p facilidades, de maneira tal que a soma do total de distâncias entre os pontos pertencentes ao conjunto seja a mínima possível. De acordo com Clemente (1992), esse método considera então as distâncias percorridas entres os pontos, buscando reduzir o custo associado

ao transporte. Inicialmente esse tema foi tratado por Weber em localização contínua sobre um plano euclidiano, sendo trabalhado posteriormente por Hakimi para encontrar facilidades em um grafo.

Para a definição do método, toma-se como “X” o nome do grafo que representa o conjunto do total de possíveis pontos. Para $i = 1, \dots, n$, seja $w_i \geq 0$, define-se “ $d(x_i, y_j)$ ” como a menor distância do vértice v_1 ao vértice v_2 , sendo calculado pelo comprimento do menor caminho entre os vértices v_1 e v_2 .

O método consiste em determinar um conjunto de vértices (localizações de facilidades) $X_p \subseteq X$ tal que $|X_p| = p$, de forma que minimize a soma das menores distâncias ponderadas entre o vértice ao ponto de facilidade, obedecendo:

$$d(v, X_p) = \min\{d(v, x) \mid x \in X_p\}.$$

Dessa forma, o método das p-medianas permite encontrar o conjunto X_p de facilidades, com “p” pontos ótimos. A aplicação desse método possui grande variedade, a se citar a localização de garagens, centros de distribuição, localização de escolas, delegacias, entre outros.

2.3.3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO (AHP)

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) aborda tomadas de decisão baseadas em análise multicritério, isto é, decisões que envolvem variáveis e fatores diversos, os quais interagem entre si de inúmeras maneiras, contribuindo para um resultado final que leva em conta cada um desses critérios e também seu grau de importância.

O AHP foi desenvolvido por Saaty (1970) com a intenção de promover a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão. Ele é aplicado para sistematizar uma ampla gama de problemas de decisão devido a sua simplicidade, robustez e capacidade de avaliar fatores qualitativos e quantitativos, sejam eles, tangíveis ou intangíveis (BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995).

O AHP baseia-se na capacidade humana de usar a informação e a experiência para estimar magnitudes relativas com a realização de comparações par a par (TOMA e ASHARIF, 2003). Trata-se de uma abordagem flexível que utiliza a lógica aliada à intuição, com a finalidade de obter julgamento através do consenso (SCHMIDT, 1995). Seu uso é indicado para problemas que envolvem a priorização de soluções potenciais por meio da avaliação de um conjunto de critérios (ASAHI, TURO e SHNEIDERMAN, 1994).

O AHP pode ser dividido basicamente em duas fases, primeiramente elencando-se os critérios que irão permitir a avaliação das alternativas, posteriormente sendo julgados de acordo com sua importância frente ao problema abordado.

Sendo assim, pode-se elencar as duas fases: estruturação e avaliação (VARGAS, 1990 em ABREU et al., 2001). A estruturação envolve a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica que mostra as relações entre as metas, os critérios que exprimem os objetivos e as alternativas que envolvem a decisão. Segundo BANA E COSTA (1993), a fase de avaliação é caracterizada pela definição do tipo de problema a ser adotado, determinando se as ações serão:

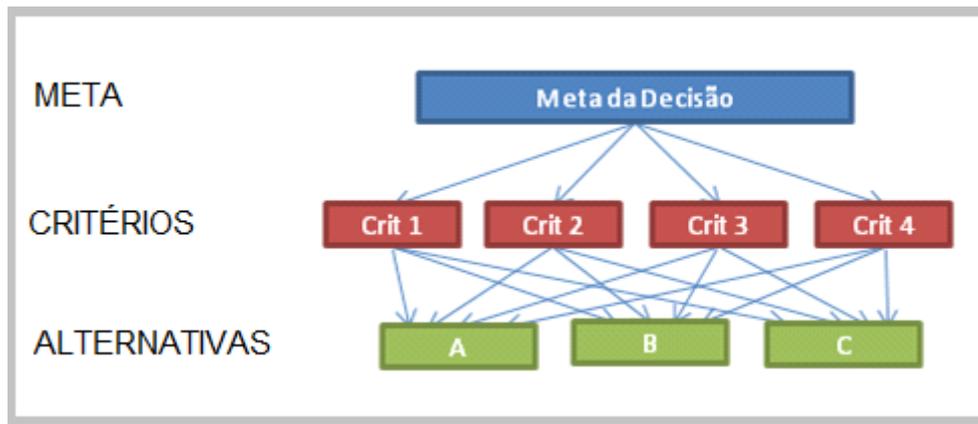
- analisadas em termos relativos ou absolutos;
- ordenadas ou escolhidas;
- aceitas ou rejeitadas.

O AHP procura decompor o problema em uma estrutura hierárquica descendente que se assemelha a uma árvore genealógica (GOMES e MOREIRA, 1998). As hierarquias são utilizadas, normalmente, em situações que envolvam incerteza, a exemplo da tomada de decisão que envolve a localização de uma agência bancária, tendo em vista os inúmeros fatores que podem influenciá-la. Essas hierarquias devem ser construídas de forma que:

- incluam todos os elementos importantes para a avaliação permitindo que eles possam ser modificados ao longo do processo;
- considerem o ambiente que cerca o problema;
- identifiquem as questões ou atributos que contribuam para a solução;
- identifiquem os participantes envolvidos no problema.

A figura a seguir resume a maneira descendente de como se estrutura o AHP, partindo-se de uma meta (objetivo), do qual são extraídos os critérios relevantes que nortearão as avaliações frente às alternativas existentes.

Figura 1 - Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão



Fonte: GARTNER, 2001.

Os principais *inputs* (entradas) para a construção de uma hierarquia são as respostas obtidas para uma série de perguntas que possuem a forma geral: “Qual critério é mais importante? Quão mais importante é esse critério? ”. Esse procedimento conhecido por comparação par a par é utilizado para estimar a escala fundamental unidimensional em que os elementos de cada nível são medidos (SAATY, 1986). O método baseia-se na comparação entre pares de critérios e na construção de uma série de matrizes quadradas, onde o número de linha i e na coluna j dá a importância do critério C_i em relação à C_j .

A tabela 1 apresenta a matriz quadrada comparativa entre os critérios:

Tabela 1 - Matriz de comparação par a par

Crítérios	C1	C2	...	CJ
C1	1	$a_{1/2}$...	a_{1j}
C2	$a_{2/1}$	1	...	A_{2j}
...	1	...
CJ	a_{j1}	A_{j2}	...	1

As comparações par a par são feitas em valores numéricos usando a Escala Fundamental de Saaty para julgamentos comparativos, onde a quantificação dos julgamentos é feita utilizando-se uma escala de valores que varia de 1 a 9, onde o valor 9 para 1, significa alto grau de importância. Obviamente, o valor inverso exprime um baixíssimo grau de importância, dado pelo inverso da avaliação entre dois critérios.

O detalhamento da escala fundamental de Saaty está apresentado na tabela a seguir.

Tabela 2 - Escala fundamental de Saaty

Valores Numéricos	Termos Verbais	Explicação
1	Igualmente importante	Dois elementos têm importância igual considerando o elemento em nível mais alto.
3	Moderadamente mais importante	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente um elemento
5	Fortemente mais importante	Experiência e julgamento favorecem fortemente um elemento
7	Muito fortemente mais importante	Elemento fortemente favorecido. A dominância de um elemento é provada na prática.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece um elemento em relação a outro com grau de certeza mais elevado.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se deseja maior compromisso. É necessário acordo.
Recíprocos dos valores acima	Se o elemento j recebe um dos valores acima, quando comparado com o elemento i, então j tem o valor recíproco de i.	Uma designação razoável

Fonte: SAATY, 1986.

Para melhor entendimento, aplicando-se o método AHP ao problema de localização levantado neste projeto, como descrito nos passos anteriores, tem-se como meta a estruturação de um método de análise multicritério para apoio à decisão de determinação da localização ótima de uma agência bancária. Para isso, seria necessário elencar os critérios mais relevantes para tal escolha, como por exemplo o custo envolvido, número de clientes atendidos, facilidade de acesso, entre outros. Em seguida, as alternativas existentes poderiam ser avaliadas de acordo com sua importância frente aos critérios elencados, fornecendo aquela que otimiza os fatores relevantes e de maior impacto na decisão de localização, dentro de um grau aceitável de coerência entre os julgamentos.

Por fim, vale a pena ressaltar que a estruturação e aplicação incorretas do AHP podem acarretar elevado grau de incerteza em relação à consistência do resultado. Por isso, é importante garantir a qualidade e precisão das informações ao longo da estruturação e aplicação

do método. Informações precisas diminuirão as incertezas e farão com que o método seja realmente efetivo.

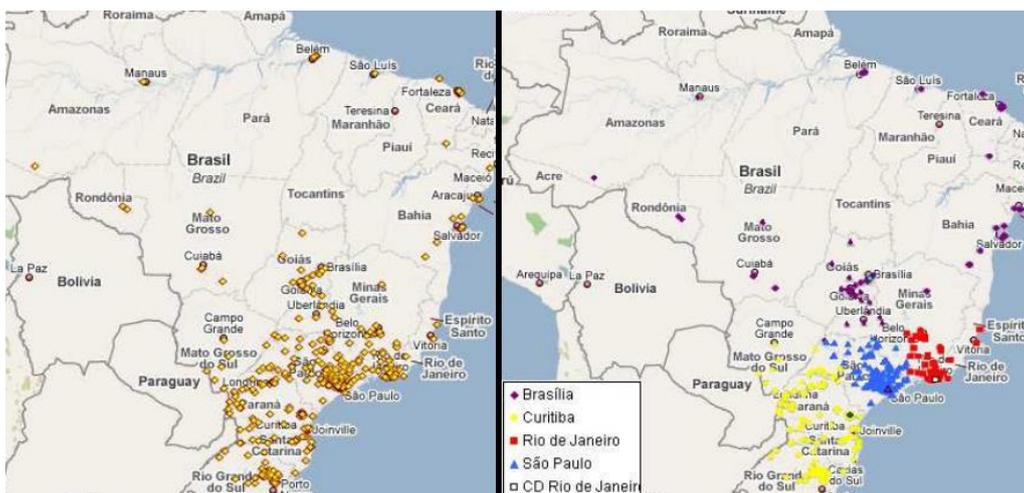
2.3.4 MÉTODO DO MÚLTIPLO CENTRO DE GRAVIDADE

O método do múltiplo centro de gravidade considera a determinação do melhor local para uma instalação dentre uma rede de possíveis pontos, levando em conta o critério de menor custo associado ao transporte entre o ponto de facilidade e os demais pontos. Para os casos em que se considera a possibilidade de localizações múltiplas, o método de localização do centro de gravidade exata pode ser utilizado, permitindo-se encontrar o conjunto de pontos ótimos. Segundo Ballou (2009), os problemas de localização de múltiplas facilidades são considerados quando se utiliza o método do centro de gravidade exato aplicado em formato de multilocalizações.

Para facilitar o entendimento, quando se tem um número relativamente alto de possíveis pontos ótimos, são delimitados subconjuntos, menores, para os quais são determinados seus centros de gravidade, fornecendo um “arranjo” ou conjunto com múltiplos centros ótimos. Exemplos desse tipo podem ser observados na determinação da localização de garagens, centros de distribuição regionais, filiais para empresas de distribuição, entre outros exemplos.

A figura 2 a seguir exemplifica problemas de localização de múltiplos Centros de Distribuição (CD).

Figura 2: Exemplo de localização múltipla



No exemplo retratado pela Figura 2, os vários pontos possíveis foram rearranjados em quatro grupos menores (representados pelas quatro cores destacadas na figura). Esse arranjo

pode ser feito com base em inúmeros fatores, como por Estado, por capacidade de atendimento, por quantidade de pontos atendidos, por número máximo de clientes atendidos, entre outros.

Na figura, pode-se observar no mapa brasileiro inúmeras cidades para a localização dos possíveis CDs, enquanto que na direita pode-se observar a divisão do conjunto de cidades em regiões distintas, representadas por cores diferenciadas, permitindo o cálculo do centro ótimo para cada região delimitada e assim fornecendo a localização de múltiplas facilidades.

2.3.5 MÉTODO DA MÁXIMA COBERTURA

O Método da Máxima Cobertura é uma técnica encontrada nas teorias de localização dentro da logística que consiste na determinação de uma instalação que atenda à maior porcentagem possível de determinada demanda. Segundo Arakaki (2002), problemas de localização de máxima cobertura consistem em determinar localizações ótimas de tal maneira que o maior número de clientes possa ser atendido, permitindo maior nível de serviço.

Problemas deste tipo têm por objetivo maximizar ou minimizar determinada variável ou critério pré-estabelecido frente a uma demanda, isto é, determinar um parâmetro que estabeleça um raio de cobertura de atendimento à demanda, fora do qual o cliente analisado deixa de ser coberto pelo atendimento/serviço.

Duas variáveis são analisadas dentro dos problemas de máxima cobertura, para as quais são determinadas funções objetivo, sendo elas:

- distância percorrida;
- tempo de serviço.

Desta forma, o cliente pode ser considerado coberto caso esteja inserido dentro do raio (parâmetro) de atendimento determinado, definindo-se para tanto uma distância crítica de serviço.

Em geral, o método da máxima cobertura não requer ou não estabelece que todos os requisitos da demanda sejam atendidos, ele apenas fornece a determinação de p centros ótimos que forneçam a máxima cobertura possível de atendimento à demanda.

Arakaki (2002) formulou tal problema, como apresentado na figura 3 abaixo:

Figura 3 - Formulação do método de máxima cobertura

$$v(\text{PLMC}) = \text{Max} \sum_{i \in N} D_i y_i \quad (1)$$

$$\text{sujeito a } \sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \text{ para todo } i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in M} x_j = p \quad (3)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \text{ para todo } j \in M \quad (4)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \text{ para todo } i \in N \quad (5)$$

Fonte: Arakaki, 2002.

Onde:

- $V(\text{PLMC})$ = Vetor ponto de máxima cobertura;
- $N = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de pontos de demanda;
- $M = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de possíveis facilidades;
- D_i = demanda da população de área i ;
- P = número de facilidades a serem localizadas;
- D_{ij} = a menor distância do nó i ao nó j ;
- $N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq S\}$;
- S = distância de serviço – a área de demanda é coberta se está dentro da distância;
- $Y_i = \{1, \text{ se a área de demanda é coberta} \mid 0, \text{ caso contrário}\}$;
- $X_i = \{1, \text{ se a facilidade deve ser encontrada em } j \mid 0, \text{ caso contrário}\}$.

As restrições (2) e (3) permitem que sejam determinados o número “ p ” de localizações ótimas, calculadas para um raio de abrangência S .

3 CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA DO PROBLEMA

Neste capítulo são apresentados os critérios e a construção da estrutura do método de tomada de decisão para determinação da localização ótima de agências bancárias.

3.1 ESCOLHA DO MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO

Analisando os diversos modelos de localização existentes apresentados no capítulo dois deste projeto e comparando-os ao problema de localização de agências bancárias, optou-se por um modelo com base na Análise Multicritério (AHP).

Isso se justifica pelas características singulares identificadas no projeto apresentado, a citar os diversos fatores tanto quantitativos como qualitativos que devem ser analisados e ponderados durante o processo de determinação da localidade de um novo ponto de atendimento bancário.

Dessa forma, o método AHP permite a construção de um modelo que avalia alternativas frente a um objetivo pré-estabelecido, ponderando e classificando os fatores críticos (indicadores) por meio da análise multicritério.

3.2 LEVANTAMENTO DOS INDICADORES

A estruturação do método para localização de agências partiu da demanda de um banco comercial situado em Brasília-DF, no intuito de se aplicar uma ferramenta objetiva para suporte à tomada de decisão referente ao processo de abertura de novos pontos e/ou agências bancárias.

Alguns fatores críticos ao sucesso desse processo também foram apresentados, elencados com base na análise de outros trabalhos sobre localização de facilidades no âmbito bancário, a exemplo do trabalho de Sicsú e Crocco (2003), o qual aborda estudos relacionados aos fatores de sucesso para a localização ótima de agências bancárias.

Os fatores elencados estão apresentados a seguir:

- acessibilidade;
- perfil dos clientes;
- renda média local;
- quantidade de clientes/possíveis novos clientes;
- potencial de mercado local;
- quantidade de agências existentes (na localidade);

- custos relacionados à aquisição/aluguel;
- quantidade de agências de bancos concorrentes;
- segurança.

Além da análise de trabalhos relacionados ao tema, foi feito um levantamento com dois gestores do banco envolvidos no processo de avaliação de novos pontos de atendimento e expansão da rede de atendimento. Devido ao sigilo das informações, os dados limitaram-se à coleta dos critérios-chave e posteriormente ao julgamento de importância dos critérios, subcritérios e alternativas do método.

Trata-se de dois gerentes com vasta experiência no banco, ambos com mais de quinze anos de empresa e já envolvidos no processo de avaliação e abertura de novas agências bancárias. Além disso, ambos também já trabalharam diretamente nos pontos de atendimento, o que lhes permitiu vasto conhecimento acerca dos fatores que influenciam os resultados de uma agência.

Além da validação dos fatores apresentados acima, os gestores listaram outros três, apontados como de extrema importância durante esse processo:

- fluxo de pessoas na localidade;
- qualidade da mão de obra;
- incentivos fiscais por parte do Governo.

3.3 CONSTRUÇÃO DOS INDICADORES

Após o levantamento dos fatores críticos à abertura de novas agências, criou-se um grupo com cinco grandes indicadores, validados novamente com os dois gestores entrevistados, os quais norteariam a decisão de uma localidade ótima. Esses cinco critérios macro foram ainda destrinchados em subcritérios, detalhando as características para cada fator.

O agrupamento dos fatores em um número menor de indicadores facilita o processo de julgamento de alternativas frente ao objetivo estabelecido, reduzindo percentuais elevados de inconsistência. Esse controle é feito a partir do cálculo do Índice de Consistência (IC), o qual expressa a lógica e coerência entre os julgamentos. Segundo Saaty (2000) a condição de consistência dos julgamentos é $IC \leq 0,10$.

O IC é definido por $IC = (\lambda_{máx} - n) / (n-1)$, onde $\lambda_{máx}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos.

A seguir, tem-se a tabela 3, a qual apresenta o agrupamento dos indicadores:

Tabela 3 - Agrupamento de indicadores em critérios

INDICADOR	CARACTERÍSTICAS/ SUBCRITÉRIO	CRITÉRIO
Acessibilidade	Acessibilidade física ao local designado; estacionamentos; vias de acesso.	ACESSIBILIDADE
Perfil dos clientes	Características gerais dos clientes, como perfil dos investidores ou tomadores; Perfil Pessoa Física ou Pessoa Jurídica	POTENCIAL DE CLIENTES
Renda média local	Renda per capita local.	
Quantidade de possíveis novos clientes	Expectativa do número de clientes que vão compor a carteira (Pessoa Física e Pessoa Jurídica)	
Potencial de mercado local	Nível de crescimento local; Potencial para novos mercados;	
Número de agências do banco existentes	Quantidade de pontos de atendimento já implantados na localidade pelo banco;	
Número de agências de bancos concorrentes existentes	Quantidade de pontos de atendimento já implantados pelos concorrentes na localidade;	
Custos relacionados à aquisição/aluguel	Custos fixos e variáveis referentes à compra, aluguel ou construção do espaço físico e custos de logística.	CUSTOS
Incentivos fiscais	Incentivos relacionados à tributação, facilidade de implantação e/ou incentivos fiscais do governo.	
Segurança	Aspectos de segurança do local, como índice de furtos, roubos e ocorrências policiais.	SEGURANÇA
Fluxo de pessoas	Proximidade a grandes centros comerciais, shoppings, mercados e avenidas principais.	FLUXO DE CLIENTES

Além de reduzir o número de indicadores e facilitar os julgamentos, o agrupamento foi realizado com base na semelhança ou proximidade de alguns fatores, buscando reduzir o risco de duplicidade de algum fator. Porém, embora tenha sido feito o agrupamento dos fatores em

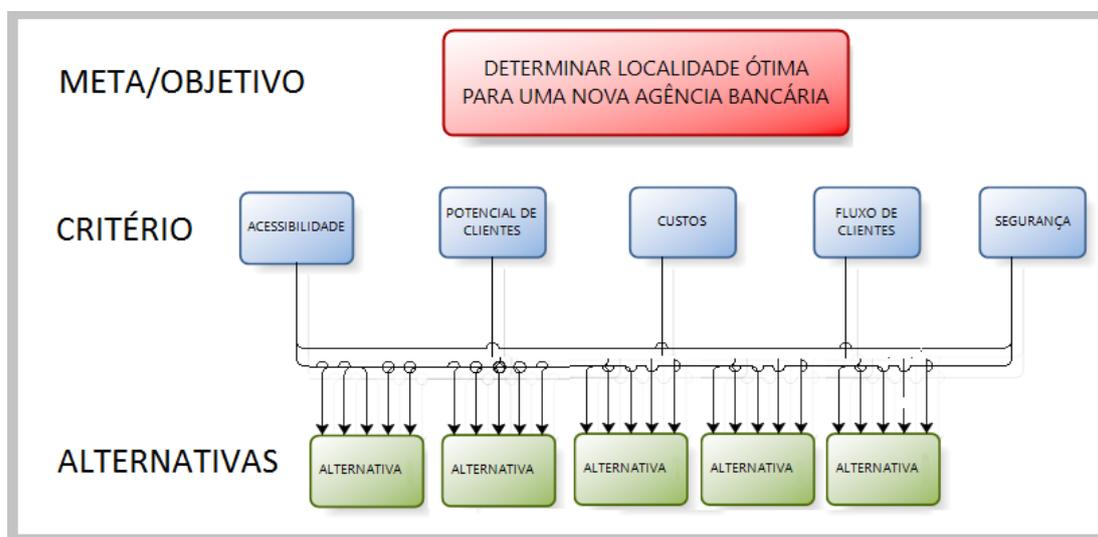
cinco critérios-macro para melhor entendimento do modelo, os julgamentos e priorização de alternativas foram feitos também de acordo com cada subcritério, como é permitido e também indicado pela metodologia utilizada AHP.

Conforme análise em conjunto com os gestores, apenas os indicadores qualidade de mão de obra e incentivos fiscais não serão absorvidos por um critério macro e conseqüentemente levados em conta no modelo como um subcritério. Apesar da importância desses dois, o problema de localização de novos pontos de atendimento bancário no presente trabalho é analisado com base nas características da região de Brasília-DF, não tendo grande impacto a localidade ou origem da mão de obra empregada e nem a existência de incentivos fiscais por parte do Governo local, haja vista legislação para tanto. Caso o problema de localização abordado no projeto fosse a nível nacional, certamente estes dois fatores entrariam na ponderação dos critérios.

3.4 ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO

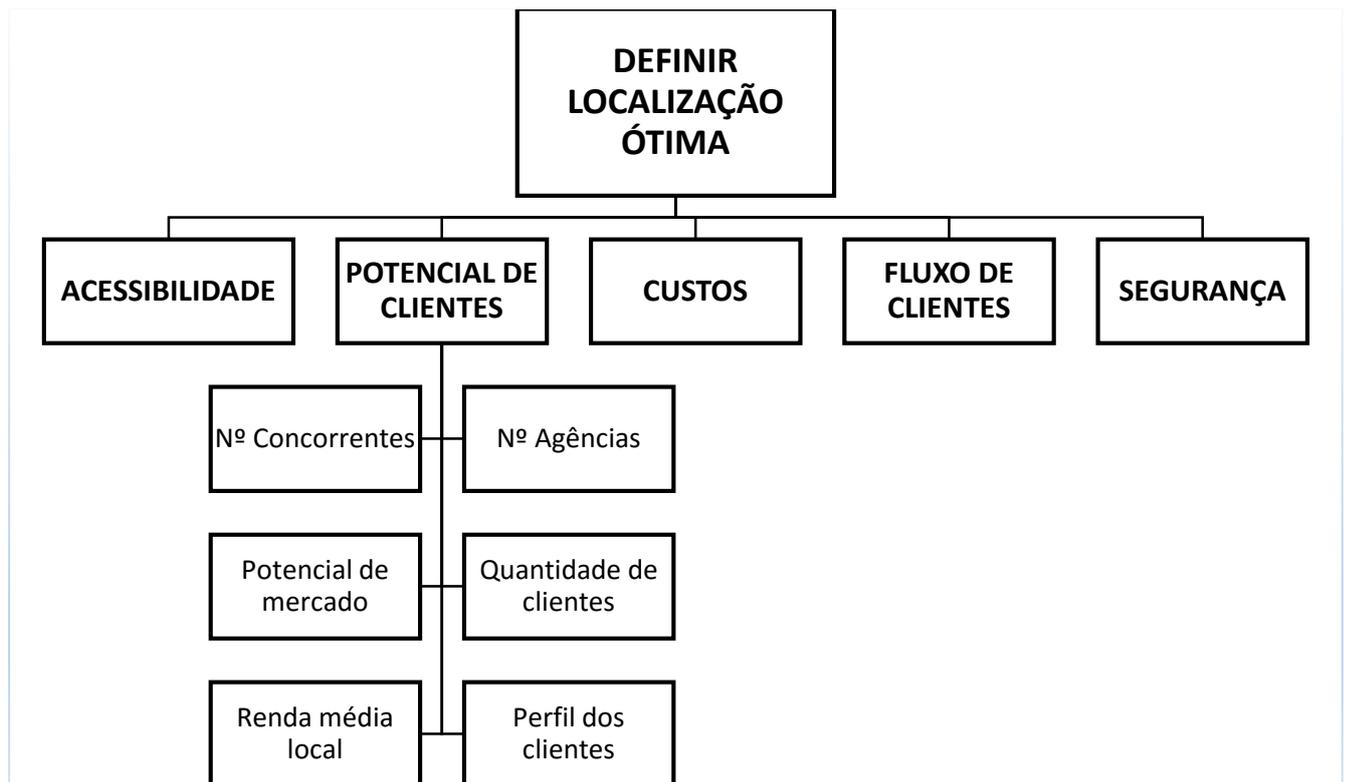
Com base na problemática apresentada, na Tabela 3 de agrupamento dos critérios e nos indicadores de julgamento, estruturou-se o projeto para análise AHP da seguinte maneira:

Figura 4 - Estruturação do modelo



Porém, conforme foi detalhado na Tabela 3, o critério Potencial de Clientes foi subdividido em seis subcritérios para os julgamentos das alternativas, conforme resumido na Figura 5:

Figura 5 - Estruturação do modelo em critérios e subcritérios



As Figuras 4 e 5 estruturam o modelo AHP com base em um objetivo ou meta, a partir do qual são estabelecidos indicadores, os quais são classificados de acordo com sua importância e priorizados por meio de comparação par a par. Com isso, as alternativas são julgadas a partir dos critérios pré-estabelecidos, fornecendo ao final da compilação dos dados aquela com resultado mais atrativo.

3.5 PRIORIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Para o julgamento de alternativas e escolha da melhor das opções, é necessário primeiramente hierarquizar os critérios definidos e classificá-los segundo a comparação em pares. Para tanto, utiliza-se a escala fundamental proposta por Saaty (1970) para realizar as comparações, seguindo uma pontuação que varia de 1 a 9 pontos, apresentada anteriormente.

Por meio da escala linear de Saaty para comparações é possível julgar os critérios segundo a sua relevância, construindo-se o que se entende por matriz de julgamentos. Nela, a comparação par a par é feita de 1 para 1, se igualmente importantes, variando até uma escala de 9 para 1, se o primeiro critério for extremamente mais importante que o segundo.

Após a definição dos critérios, o decisor (ou decisores) então deve realizar as comparações, criando-se a matriz de julgamentos dos critérios. Nessa matriz, são priorizados

os elementos a partir da escala fundamental, definindo a preferência entre os elementos comparados, sob o enfoque de um elemento do nível imediatamente superior. A comparação segue o objetivo central definido, normalmente de maximizar ou minimizar determinado parâmetro. No método estruturado, os julgamentos foram realizados segundo a otimização da localidade de um novo ponto de atendimento, respondendo à pergunta sobre qual dos dois critérios tem maior impacto na potencialização do objetivo desejado.

3.6 JULGAMENTO DOS CRITÉRIOS MACRO

A hierarquização dos cinco critérios estabelecidos e dos respectivos subcritérios foi realizada com base no julgamento conjunto feito pelos dois gerentes entrevistados, os quais já foram envolvidos no processo de abertura de novas agências. O escopo do projeto limitou-se à análise destes dois gestores, tendo em vista a impossibilidade de acesso à área do banco responsável pela expansão da rede de atendimento e ainda sigilo de informações. Segundo a metodologia de análise multicritério AHP, não existe um número correto (ou padrão) para o número de especialistas envolvidos no processo de julgamento. Embora fosse preferível que o número de gerentes entrevistados fosse maior, ambos possuem ampla bagagem de empresa e conhecimento tanto tácito quanto explícito acerca do tema de localização de agências, pois já atuaram desde a área operacional como gerentes de atendimento, tendo contato direto com o cliente final, até em nível estratégico em superintendências do banco e diretorias, sendo envolvidos diretamente no processo de abertura de novos pontos de atendimento.

Para estruturação do método, realizou-se ainda o julgamento dos seus respectivos subcritérios apresentados anteriormente, como permite a ferramenta AHP utilizada. Como dito, o julgamento foi realizado segundo a escala de Saaty, servindo como *input* para a construção do modelo estruturado e simulado com auxílio do *Expert Choice*.

A partir desse input, com a priorização dos cinco critérios de acordo com seu nível de importância, construiu-se a matriz quadrada (de ordem cinco) apresentada a seguir, denominada de matriz de julgamentos dos critérios.

Tabela 4 - Matriz de julgamentos dos critérios

MATRIZ COMPARATIVA DE IMPORTÂNCIAS	POTENCIAL DE CLIENTES	CUSTOS	SEGURANÇA	FLUXO DE CLIENTES
ACESSIBILIDADE	7	3	2	5
POTENCIAL DE CLIENTES		5	8	3
CUSTOS			4	3
SEGURANÇA				6
FLUXO DE CLIENTES				IC = 0,04

A Tabela 4 apresenta a comparação par a par para cada um dos cinco critérios estabelecidos, retornando os valores dos julgamentos respectivos. A célula hachurada em amarelo e preenchida com o valor 7 (na cor vermelha) representa a comparação de importância de acessibilidade frente a potencial de clientes, que é de 1/7.

O *Expert Choice* utiliza as cores preta e vermelha para fazer essa distinção. Analogamente, se a comparação fosse realizada no sentido inverso, isto é, de potencial de clientes para acessibilidade, a resposta seria 7, na cor preta. A mesma comparação é vista na célula imediatamente ao lado, que retorna o valor 3 em vermelho, representando uma comparação de 1 para 3 ao se comparar o nível de importância de acessibilidade com custos.

Analogamente à tabela anterior, abaixo está apresentada a matriz comparativa para o critério macro potencial de clientes, o qual foi detalhado em seis subcritérios – também hierarquizados conforme grau de importância – (Tabela 5).

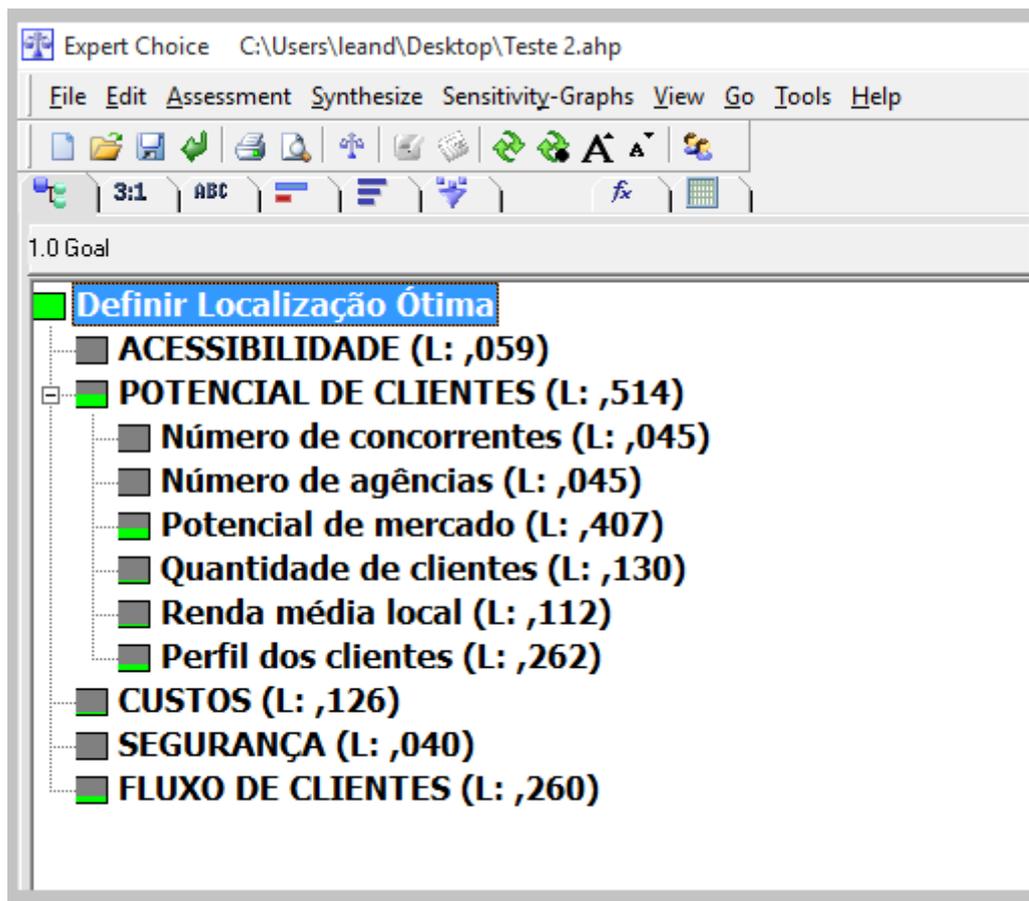
Tabela 5 - Matriz de julgamentos do critério Potencial de Clientes

MATRIZ COMPARATIVA DE IMPORTÂNCIAS	NÚMERO DE AGÊNCIAS	POTENCIAL DE MERCADO	QUANTIDADE DE CLIENTES	RENDA MEDIA LOCAL	PERFIL DOS CLIENTES
NÚMERO DE CONCORRENTES	1	6	3	4	5
NÚMERO DE AGÊNCIAS		6	3	4	5
POTENCIAL DE MERCADO			4	5	2
QUANTIDADE DE CLIENTES				2	3
RENDA MEDIA LOCAL					3
PERFIL DOS CLIENTES					IC = 0,04

Ao fim do preenchimento das células comparativas, o *Expert Choice* retorna (calcula) automaticamente o grau de incerteza envolvido nas avaliações. Para ambas as tabelas de julgamentos apresentadas acima o índice de consistência IC obtido foi de 0,04 (< 10%), considerado aceitável de acordo com os critérios do método AHP.

Além disso, após a entrada de todas as comparações, o *Expert Choice* calcula o grau de importância de cada critério frente ao objetivo central definido, como visto na figura a seguir:

Figura 6 - Objetivo, critérios e subcritérios estruturados no *Expert Choice*



Com isso, foi possível determinar os pesos dos cinco critérios-chave para o processo de localização ótima.

Embora não tenham sido apresentadas todas as informações acerca dos julgamentos realizados pelos gerentes por conta do sigilo requerido, principalmente no que se refere ao banco de dados da instituição financeira analisada e da dificuldade de apresentação desses dados, realizou-se a estruturação dos indicadores que embasaram as comparações realizadas dos critérios para melhor entendimento da estruturação do método de decisão multicritério. Esses indicadores foram apontados pelos gerentes e elencados com base nas estratégias de localização do próprio banco, listados na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Indicadores levantados

CRITÉRIO	INDICADOR	CLASSIFICAÇÃO
Acessibilidade	Acesso ao local, estacionamentos, vias de acesso, proximidade a paradas de ônibus, estações de metrô, entre outros.	Muito bom; Bom; Razoável; Ruim.
Potencial de clientes	Potencial econômico da região, proximidade a centros empresariais, órgãos públicos com grande volume de servidores, entre outros.	Muito alto; Alto; Médio; Baixo;
Custos	Preço por m ² para aquisição/aluguel de imóvel.	Variável de acordo com as comparações de preço; localidades com menor preço têm maior preferência e maior valor comparativo segundo escala de Saaty.
Segurança	Número de ocorrências policiais na localidade, histórico de furtos/roubos em agências, entre outros.	Bom; Razoável; Ruim.
Fluxo de clientes	Fluxo de clientes semanal, número de autenticações em caixa de agências existentes, proximidade a grandes centros, empreendimentos, shoppings, entre outros.	Muito bom; Bom; Razoável; Baixo; Muito baixo.

Segundo a Tabela 6 apresentada, cada alternativa a ser julgada pelo método de decisão estruturado e todas as comparações serão analisadas segundo os indicadores descritos pelos gestores entrevistados.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTRUTURADO

Neste capítulo é apresentada a aplicação e simulação do método de tomada de decisão de localização estruturado, julgando alternativas e apresentando os resultados obtidos.

4.1 SIMULAÇÃO

Conforme proposto nos objetivos, realizou-se a simulação do método de análise multicritério estruturado a fim de se aplicar o julgamento de supostas localidades para um novo ponto de atendimento, definindo-se aquela com localização ótima frente aos critérios definidos e hierarquizados.

Definiu-se cinco localidades possíveis, elencadas de acordo com quatro regiões administrativas do Distrito Federal – Vicente Pires, Brazlândia, Valparaíso e Águas Claras – de ainda a cidade de Caldas Novas – Goiás. As cinco localidades possíveis foram estabelecidas de acordo com os objetivos de expansão do banco analisado, seja em locais que já possuem um ponto de atendimento/agência bancária ou mesmo em localidades nas quais ainda se deseja implantar um novo ponto de atendimento.

Com isso, os gestores puderam avaliar cada alternativa frente aos critérios e subcritérios levantados, realizando os julgamentos de acordo com as características de cada localidade frente aos fatores analisados.

As informações coletadas junto aos gestores estão relacionadas às características socioeconômicas, geográficas e demográficas de cada localidade. Para tanto, foram consultadas informações junto à base de dados do Banco Central (BACEN) referente ao número de pontos de atendimento de todos os bancos por cidades brasileiras, norteadas entre outros julgamentos aqueles referentes aos subcritérios de Potencial de Clientes. Além dessas, fora consultada uma base de dados do banco referente a cada uma dessas localidades, com estudos e informações referente às possíveis localizações que já possuem um ponto de atendimento ou que ainda possam vir a receber, como é o caso da alternativa Caldas Novas.

Também foram levantadas informações junto ao Sindicato de Habitação do Distrito Federal (SECOVI-DF), sendo uma das bases para análise de preços referente à aquisição e/ou aluguel de imóveis, além de bases de dados internas ao banco, servindo de input aos julgamentos sobre custos.

Outros dados importantes a esses julgamentos referem-se ao número de servidores públicos estaduais ou federais que residem em cada uma das localidades avaliadas, tendo em vista o perfil de clientes-alvo do banco analisado.

4.2 APRESENTAÇÃO DOS JULGAMENTOS

Os julgamentos para cada uma das alternativas frente aos critérios estão apresentados a seguir, resumidos em uma única tabela comparativa “de/para” (Tabela 7), obtida por meio da compilação dos dados a partir do *Expert Choice*, responsável também pelo retorno do índice de consistência de cada grupo de julgamentos.

Tabela 7 – Matriz de julgamentos das alternativas

MATRIZ COMPARATIVA DE IMPORTÂNCIA											
CRITÉRIO	COMPARAÇÃO DE/PARA										ÍNDICE DE INCONSISTÊNCIA (IC)
	Vicente Pires/Brazlândia	Vicente Pires/Valparaíso	Vicente Pires/Águas Claras	Vicente Pires/Caldas Novas	Brazlândia/Valparaíso	Brazlândia/Águas Claras	Brazlândia/Caldas Novas	Valparaíso/Águas Claras	Valparaíso/Caldas Novas	Águas Claras/Caldas Novas	
ACESSIBILIDADE	5	5	1	9	1	5	4	5	4	8	0.03
POTENCIAL DE CLIENTES	5	5	5	7	1	8	3	8	3	9	0,04
CUSTOS	4	3	3	6	3	7	3	6	3	9	0.05
SEGURANÇA	5	5	5	1	1	9	5	9	5	5	0.04
FLUXO DE CLIENTES	5	4	4	3	3	7	4	5	2	5	0.07

Na Tabela 7 apresentada, o padrão de cores utilizado no *Expert Choice* foi mantido, isto é, a cor preta significa que a primeira alternativa é mais importante, enquanto que a cor vermelha significa que a segunda alternativa é a mais importante na comparação em questão. Todos os índices de inconsistência obtidos estão dentro do limite aceito que é de 10%.

Os dados apresentados na Tabela 7 representam os julgamentos realizados pelos gestores entrevistados, descrevendo cada comparação (par a par) entre as possíveis alternativas frente aos fatores definidos. De maneira geral, os julgamentos tiveram uma base qualitativa e/ou quantitativa para definição dos valores, estimados com base no conhecimento tanto tácito quanto explícito por parte dos gestores frente à problemática de localização de novas agências bancárias.

Por já terem sido envolvidos no processo de determinação de novos pontos de atendimento, os gestores possuem o conhecimento necessário para tanto. Os valores foram obtidos com base no conhecimento por parte deles acerca das localidades definidas, visitas técnicas já realizadas em agências dessas regiões e também com base em outras consultas, sobretudo em estudos já levantados pelo próprio banco, os quais foram necessários para a

definição/implantação de outros pontos de atendimento que hoje funcionam nessas localidades. Como por exemplo, o fato da região de Vicente Pires ter recebido recentemente um novo ponto de atendimento deste banco facilitou a realização das comparações desta localidade frente aos fatores, haja vista o volume de informações já levantadas previamente acerca desta cidade e que já eram de conhecimento dos dois gestores entrevistados.

Outro exemplo é o interesse que o banco já possuía (e ainda possui) quanto à instalação de um novo ponto na cidade de Caldas Novas (Goiás), tendo em vista o grande volume de clientes de Brasília-DF e Entorno (grande maioria dos clientes do banco) que frequentam tal cidade (passeio/viagens), servidores aposentados que residem na cidade ou que abriram negócios/empresas na região. Informações como estas foram obtidas com base em dados levantados acerca do volume de saques em terminais bancários localizados na cidade de Caldas Novas, transações eletrônicas com origem na cidade, compras em cartão de débito ou crédito, entre outros.

Outra análise crucial para os julgamentos foi o estudo dos resultados das agências já existentes nas outras quatro alternativas (regiões administrativas do DF), contribuindo para cada uma das comparações. Número de clientes das carteiras que são servidores públicos estaduais ou federais, volume de captação por agência, carteira de empréstimos pessoa física e jurídica, provisão de crédito por ponto de atendimento, são alguns exemplos dos resultados analisados.

Por fim, consultas junto às áreas do banco especializadas em segurança, tanto física quanto de informação, também contribuíram para os julgamentos apresentados na Tabela 4.

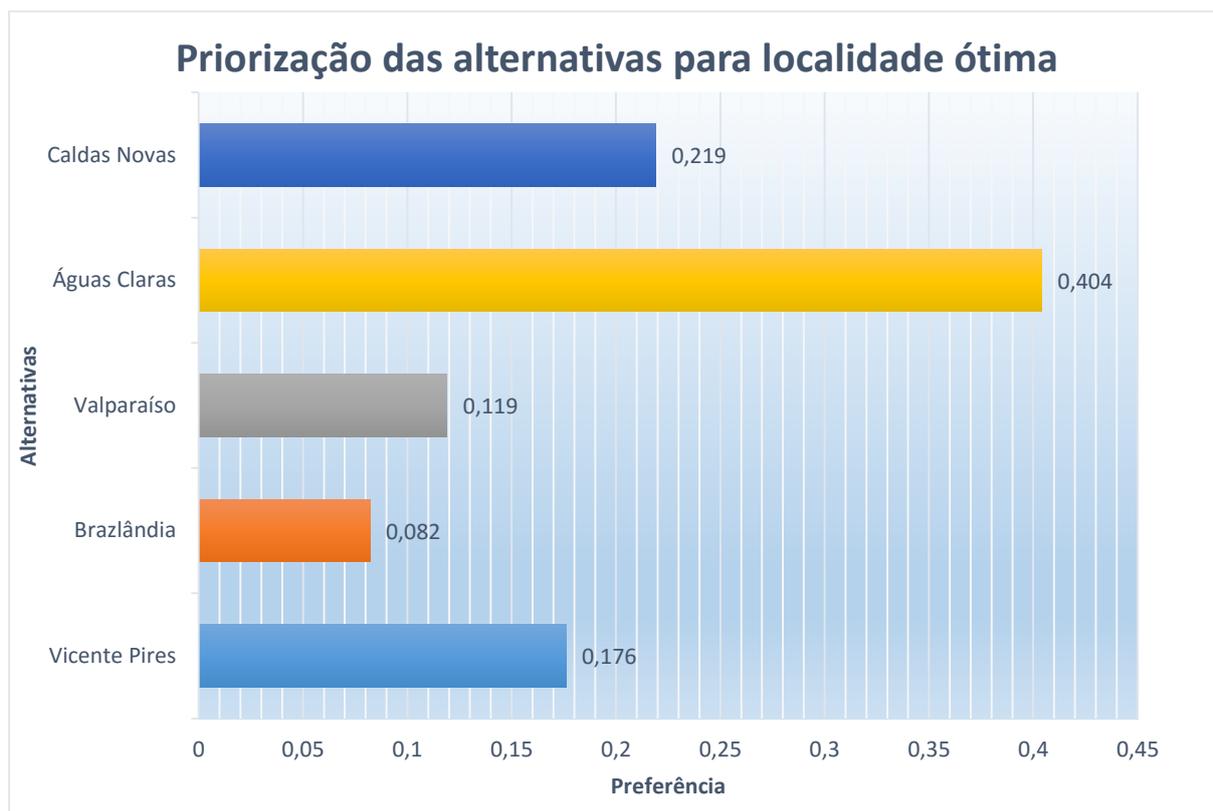
4.3 RESULTADOS OBTIDOS

4.3.1 LOCALIZAÇÃO ÓTIMA: META GLOBAL

Com a compilação dos dados inseridos a partir dos julgamentos de alternativas, pôde-se estabelecer a localização ótima com auxílio do *Expert Choice*, definindo-se aquela que melhor se destaca frente aos critérios levantados.

A seguir está apresentado o gráfico que contém a definição da localidade ótima.

Figura 7 – Priorização das alternativas (objetivo global)



Como observado, a localização ótima de acordo com o modelo simulado seria a opção em Águas Claras, com percentual de 40,4% (0,404) de preferência. A classificação de prioridade do maior para o menor índice, seria:

Tabela 8 - Priorização de alternativas (objetivo global)

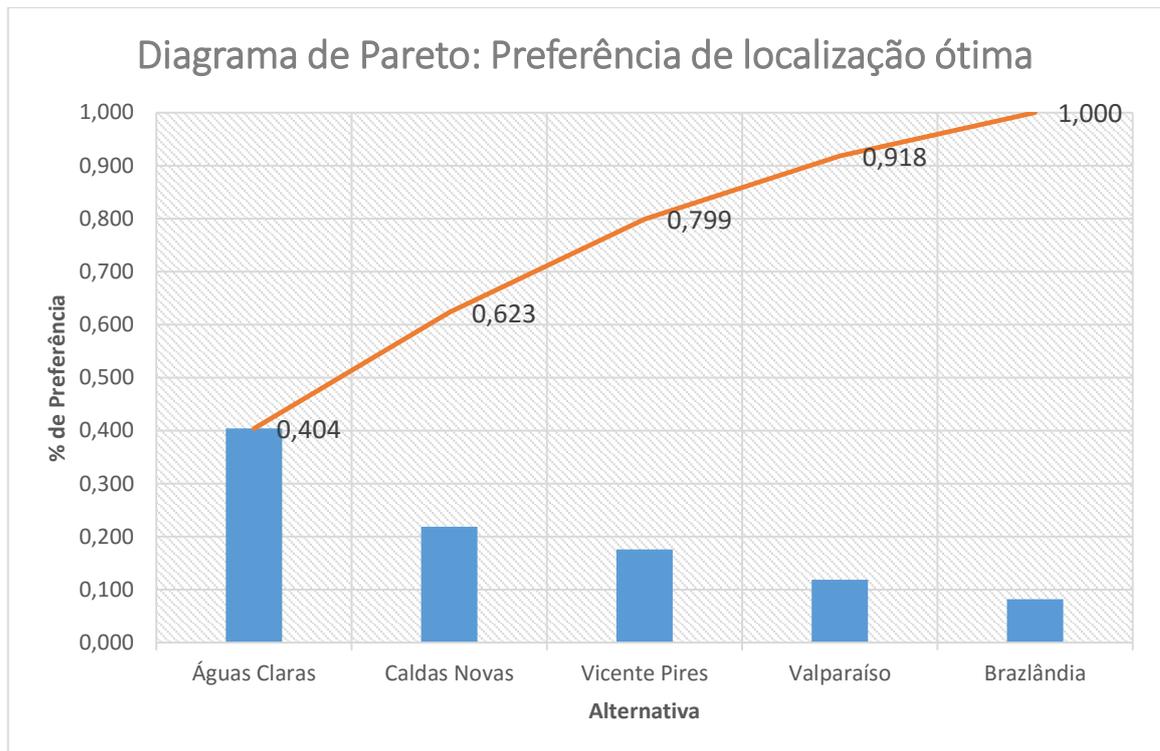
ALTERNATIVA	PERCENTUAL
Águas Claras	40,4%
Caldas Novas	21,9 %
Vicente Pires	17,6 %
Valparaíso	11,9 %
Brazlândia	8,82 %
TOTAL	100%

O software calcula ainda o índice de inconsistência total dos julgamentos realizados para o modelo, cujo valor foi de 0,05 (5%), sendo considerado um bom resultado (< 10%).

Com os resultados acerca da porcentagem de preferências, foi possível a construção de um Diagrama de Pareto para melhor representação das prioridades, apresentando as três

localidades responsáveis pela maior parte da preferência (cerca de 80% do total), como visto a seguir:

Figura 8 – Diagrama de Pareto das alternativas



Como explicitado no diagrama acima, as alternativas Águas Claras, Caldas Novas e Vicente Pires são aquelas que correspondem à maior parte da preferência, responsáveis por 79,9% do total acumulado. O diagrama evidencia a importância das três primeiras alternativas, descartando demais possibilidades ou dúvidas acerca de outras preferências, caso existissem outras alternativas além das cinco apresentadas.

4.3.2 LOCALIZAÇÃO ÓTIMA: POR CRITÉRIO

Além da análise de prioridade para a meta estabelecida (“Goal” no *Expert Choice*), o software permite analisar a prioridade de cada alternativa frente a cada um dos critérios ponderados previamente, dando insumos à tomada de decisão sob a ótica de cada um deles.

Assim, ao se selecionar cada um dos critérios do modelo, é possível sintetizar os resultados voltados para aquele objetivo, como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Priorização das alternativas (por critério)

CRITÉRIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA POR ALTERNATIVA							LOCALIZAÇÃO ÓTIMA
	Vicente Pires	Brazlândia	Valparaíso	Águas Claras	Caldas Novas	TOTAL	Índice de Inconsistência	
ACESSIBILIDADE	0,043	0,185	0,185	0,045	0,541	1	0,03	CALDAS NOVAS
POTENCIAL DE CLIENTES	0,193	0,077	0,112	0,463	0,155	1	0,04	ÁGUAS CLARAS
CUSTOS	0,046	0,153	0,216	0,034	0,551	1	0,06	CALDAS NOVAS
SEGURANÇA	0,168	0,042	0,042	0,581	0,168	1	0,04	ÁGUAS CLARAS
FLUXO DE CLIENTES	0,237	0,042	0,081	0,521	0,119	1	0,01	ÁGUAS CLARAS

Conforme observado na coluna localização ótima da Tabela 9, para cada um dos cinco critérios estabelecidos ter-se-ia um ponto de facilidade ideal, caso a análise fosse realizada pontualmente em único critério.

5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Neste capítulo é apresentada a análise de sensibilidade do modelo construído e o impacto sobre os resultados a partir de pequenas variações no método proposto.

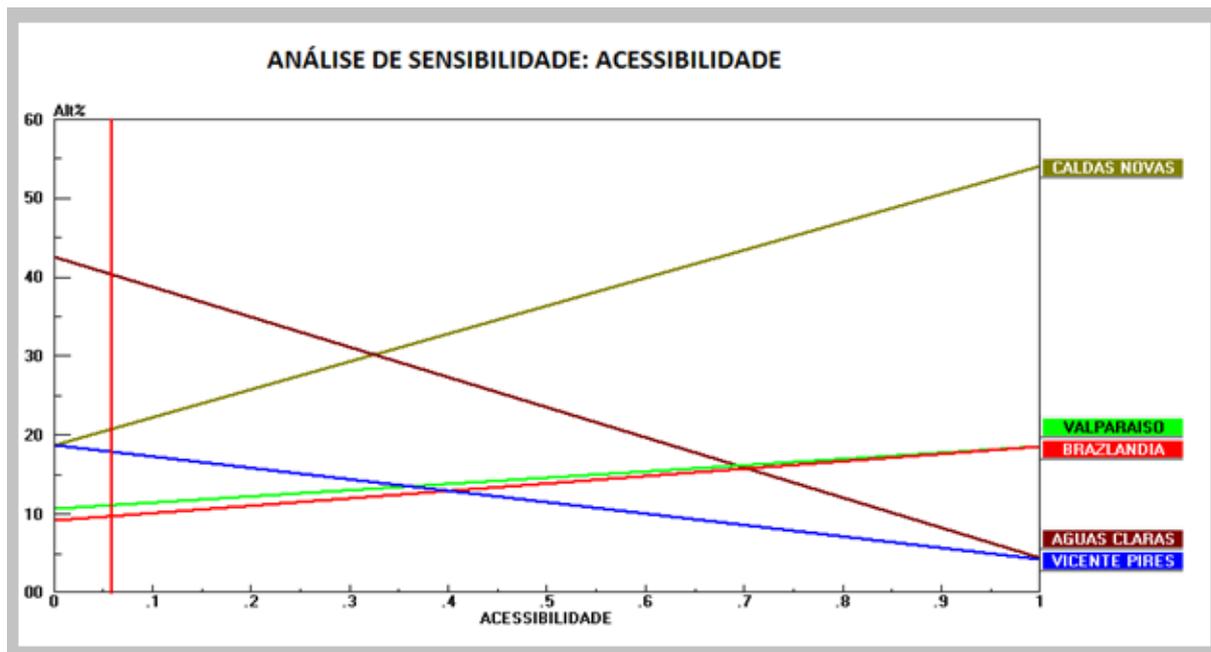
5.1 GRÁFICO DE SENSIBILIDADE

As análises de sensibilidade são realizadas basicamente alterando-se os valores dos pesos dos critérios ou das preferências das alternativas. Estas modificações e/ou variações podem gerar mudanças na ordem das prioridades, fazendo com que a atual alternativa preferida seja substituída por outra. Portanto, se a ordem das alternativas é alterada facilmente com pequenas variações em um determinado valor de julgamento, então o modelo de decisão é considerado sensível àquele peso.

Segundo Gomes, Gomes e Almeida (2002), ao se aplicar um método com análise multicritério, torna-se importante a realização de uma análise de sensibilidade, cujo objetivo é verificar como pequenas variações realizadas nos parâmetros e/ou critérios característicos do método influenciam os resultados obtidos com a metodologia. Dessa forma, como o modelo proposto de localização de agências bancárias tem em sua base o método multicritério *AHP*, esta análise se faz importante para que se possa avaliar se o modelo é excessivamente sensível a tais pesos e também o seu comportamento de modo geral.

Com o auxílio do *Expert Choice*, consegue-se gerar um gráfico chamado *Gradient Sensitivity*, o qual mostra a taxa de variação das prioridades das alternativas em relação a mudanças no peso de um dos critérios, um a um. As duas curvas plotadas nas Figuras 9 e 10 são frutos da análise de sensibilidade do modelo proposto, apresentando as alternativas e o seu comportamento frente à taxa de variação dos seus critérios. A barra vertical vermelha indica o peso atual atribuído ao critério em questão.

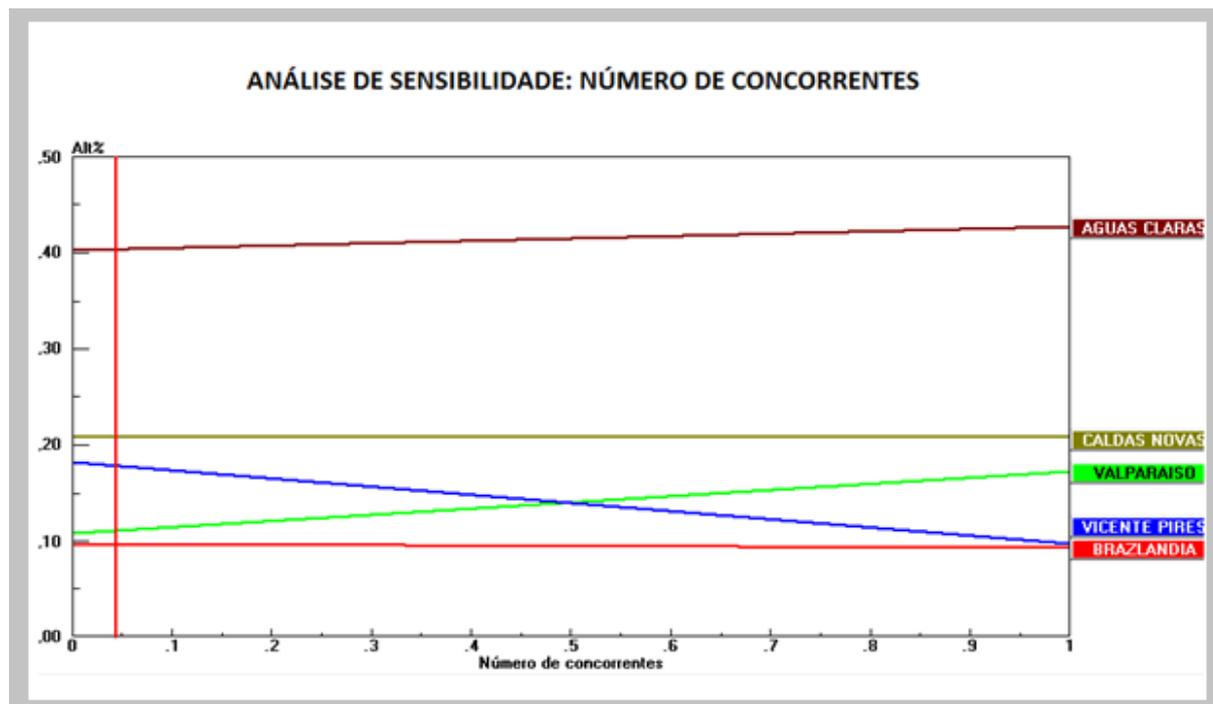
Figura 9 – Análise de sensibilidade: critério acessibilidade



Observando o gráfico ilustrado na Figura 9, pode-se notar que só haveria mudanças na priorização das alternativas, caso a variação de importância do critério acessibilidade no método estruturado fosse de 5,9% para aproximadamente 33%, onde a alternativa Caldas Novas se tornaria a primeira no ranking de importância, seguida de Águas Claras. Isso se deve ao deslocamento da barra vermelha para a direita até tocar o nó que representa o encontro da curva da alternativa Caldas Novas com a curva da opção Águas Claras. Porém, para variações pequenas, na ordem de 5%, a priorização não sofreria alterações relevantes, ou seja, a ordem de classificação das alternativas permaneceria a mesma.

A mesma análise pode ser feita na Figura 10, que representa a taxa de variação - ou sensibilidade - do subcritério número de clientes frente ao objetivo do modelo que é a localização ótima.

Figura 10 – Análise de sensibilidade: número de concorrentes



Novamente, pequenas variações também não alterariam a ordem de priorização das alternativas. Para tanto, seria necessária uma alteração de importância do subcritério número de concorrentes de 4,5% para cerca de 50%, invertendo a ordem das alternativas Valparaíso e Vicente Pires.

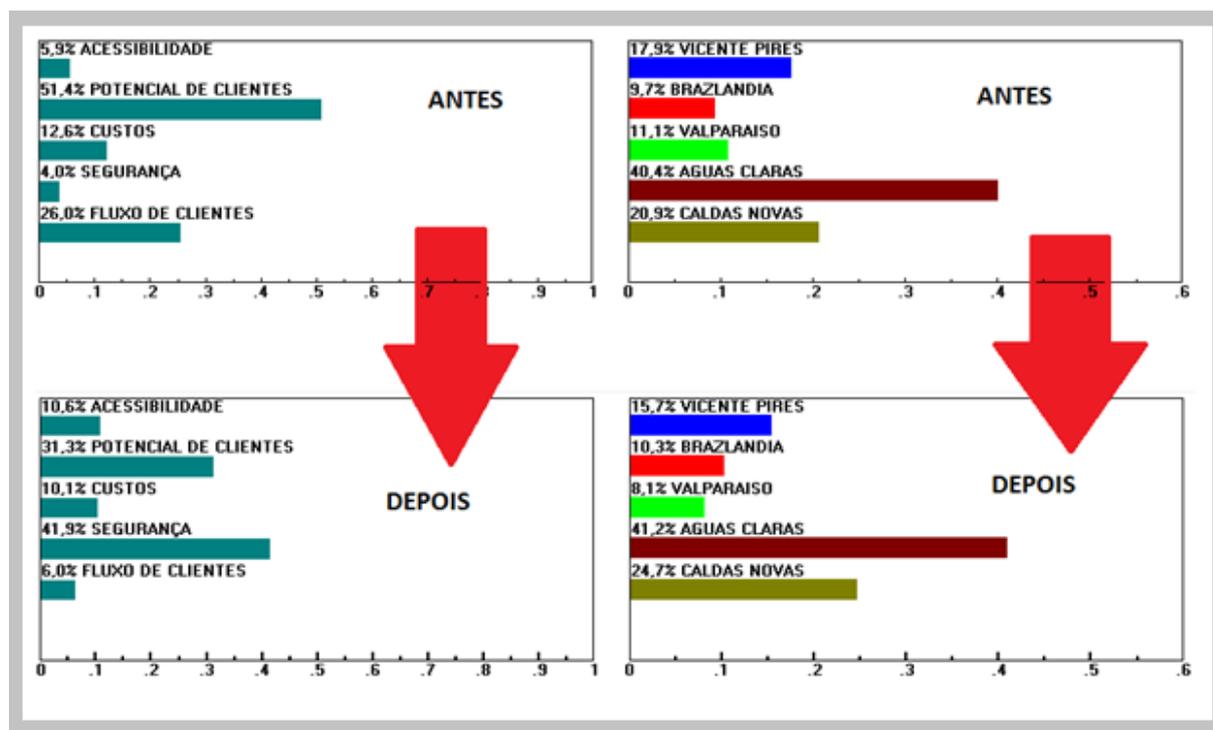
Isso demonstra que o método estruturado é pouco sensível, já que não apresenta alterações relevantes dado as pequenas variações inseridas no método.

5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DINÂMICA

Outro recurso da análise de sensibilidade oferecida pelo software é o gráfico dinâmico para a taxa de variação na importância dos critérios, onde é possível alterar os valores para cada um dos pesos e observar de forma dinâmica o seu impacto nos resultados.

As alterações nos pesos refletem diretamente na priorização das alternativas, funcionando como um *dashboard* para avaliação de critérios e alternativas, facilitando a análise do comportamento do modelo. A Figura 11 resume a funcionalidade de análise dinâmica:

Figura 11 – Análise de sensibilidade dinâmica



A parte de cima da figura apresenta as porcentagens para os pesos dos critérios e também para a priorização das alternativas antes de se alterar os valores dos pesos. Abaixo, são apresentadas as porcentagens para as alternativas após algumas alterações nos pesos dos cinco critérios definidos.

Nesse caso, embora os pesos tenham sofrido grandes variações, as alternativas Águas Claras, Caldas Novas e Vicente Pires se mantiveram à frente na ordem de preferência, confirmando os resultados já apresentados anteriormente com o Diagrama de Pareto.

Através da análise de sensibilidade realizada pôde-se verificar a efetividade do resultado obtido, isto é, o modelo proposto não é altamente sensível à pequenas variações nos parâmetros. Ademais, pôde-se constatar que Águas Claras é na maioria das vezes o local com maior índice de preferência, sendo assim a localidade a ser priorizada de acordo com a simulação.

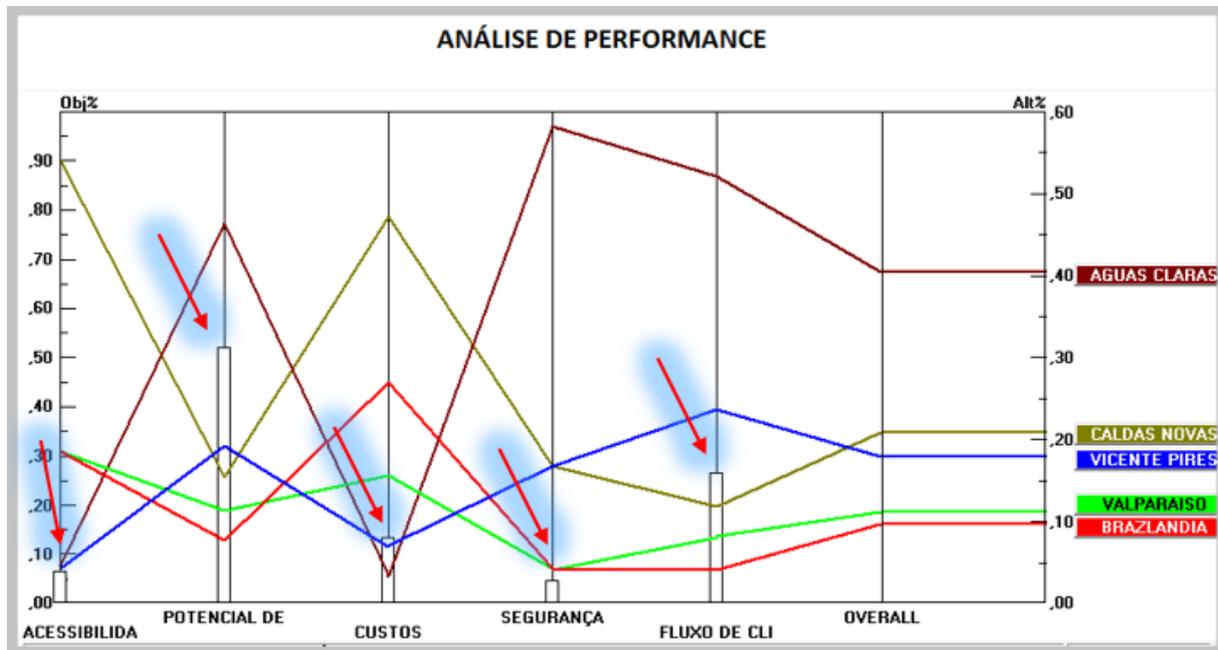
5.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO

Outro recurso englobado pela análise de sensibilidade diz respeito à avaliação de desempenho das alternativas quanto ao modelo desenvolvido, complementando o estudo acerca do seu comportamento.

Aqui, as alternativas são plotadas em um gráfico de linhas que representam seu grau de importância frente aos critérios avaliados, apresentando ainda um “critério” resumo ao final

(overall), o qual diz respeito ao comportamento de cada alternativa em relação objetivo principal, sendo nesse caso a ordem de priorização.

Figura 12 – Análise de desempenho



O gráfico de performance (ou desempenho) é mais uma ferramenta que permite a avaliação das alternativas e dos critérios de forma mais prática, evidenciando a alternativa de melhor escolha. Além disso, a ferramenta também apresenta os resultados de maneira dinâmica e interativa, de forma que também é possível realizar alterações nos pesos dos critérios por meio das colunas evidenciadas com as setas vermelhas, observando o impacto que geram na priorização das alternativas.

Como observado no gráfico de desempenho do modelo construído (Figura 12), embora a alternativa Águas Claras tenha um valor extremamente baixo observado nos nós acessibilidade e custos, o seu desempenho no geral é superior às outras alternativas, sendo ela a de maior preferência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentação das considerações finais acerca do projeto e do método estruturado, bem como da sugestão para trabalhos futuros.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O PROJETO

O levantamento teórico dos principais métodos de localização de facilidades, bem como o estudo da localização de agências bancárias feito neste projeto de graduação são de grande valia, tendo em vista o impacto que essa decisão pode acarretar sobre o futuro de uma organização e sobre o desenvolvimento socioeconômico de uma dada região.

A aplicação do método multicritério estruturado e sua simulação forneceram uma análise de consistência satisfatória, uma vez que os resultados para o índice de consistência foram menores que 10%, conforme requer o método AHP.

O AHP é uma ferramenta que se mostrou flexível e adaptativa aos diversos cenários existentes. Como auxílio à tomada de decisão, ela não fornece a resposta correta (ou final) ao decisor, mas sim uma ordem de preferência das alternativas existentes acerca do cenário atual de um dado problema, não descartando a possibilidade de alterações nas variáveis que compõem a problemática analisada e que podem alterar a ordem de prioridades.

Isso ficou claro com a análise de sensibilidade, que avaliou o método de decisão para localização de agências bancárias estruturado e como ele se comportou em função de pequenas variações inseridas nas importâncias dos critérios e subcritérios definidos. Conclui-se que o método é pouco sensível, já que a ordem de priorização não sofre grandes impactos ao se modificar os pesos dos fatores. O modelo de otimização simulado aponta três localidades de maior preferência, sendo elas Vicente Pires, Caldas Novas e Águas Claras, sendo esta última a de maior preferência de acordo com os dados simulados no modelo.

Vale ressaltar alguns pontos de fragilidade do presente projeto, como a limitação dos resultados aos julgamentos dos critérios por apenas dois gerentes responsáveis. Seria interessante a realização de mais julgamentos e de uma ponderação dos mesmos, englobando a opinião de especialistas de diversas áreas, haja vista o aspecto multidisciplinar que o estudo da localização requer. Nesse sentido, a sugestão para trabalhos futuros seria a realização de julgamentos mais amplos no que se refere ao número de especialistas responsáveis por tal processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKAKI, R. G. I. Heurística de Localização: Alocação para Problemas de Localização de Facilidades. Tese de Doutorado em Computação Aplicada, INPE, 2002.

ASAHI, T.; TURO, D.; SHNEIDERMAN, B. Visual decision-making: Using tree maps for the Analytic Hierarchy Process. University of Maryland, Maryland, 1994. Disponível em: http://www.sigchi.org/chi95/Electronic/documnts/videos/ta_bdy.htm. Acesso em: Maio, 2016.

BANA E COSTA, C. A., ENSSLIN, L., COR- REA, E. C. & VANSNICK, J. C. Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. European Journal of Operational Research, 1999.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARBAROSOGLU, Gulay; PINHAS, David. Capital rationing in the public sector using the analytic hierarchy process. The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment. V 40, Issue 4, 1995.

BARNEY, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, V 17, 99-120, 1991.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

CAVALCANTI, L. S. A geografia escolar e a cidade: Ensaios sobre o ensino de geografia para a vida urbana cotidiana. Campinas - São Paulo: Papirus, 2008.

CLEMENTE, A.; FERNANDES, E. Planejamento e projetos: Projetos empresariais e públicos. São Paulo: Atlas, 1998.

CORRÊA, H.L; CAON, M. Gestão de serviços: Lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes. São Paulo: Atlas, 2006.

DA COSTA, Rubens Vaz. Manual de Localização Industrial. Fortaleza: ETENE, 1968.

GARTNER, I. R. Avaliação Ambiental de Projetos em Bancos de Desenvolvimento Nacionais e Multilaterais: Evidências e propostas. Brasília: Universa. 2001.

GOMES, L. F. A. M., MOREIRA, A. M. M. Da informação à tomada de decisão: Agregando valor através dos métodos multicritério. Recife: Recitec, 1998.

GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão gerencial: Enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, 2002.

HAKIMI, S. L. Optimum location of switching centers and the absolute centers and the medians. Operations Research. Northwestern University, Evanston, Illinois, 1964.

KLOSE, A.; DREXL, A. Facility location models for distribution system design. European Journal of Operational Research. Logistics: From Theory to Application, 2005.

MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

ROCHA, D. R. da. Gestão da produção e operações. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

SAATY, Thomas L. The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process. In: Köksalan, Murat; Zionts, Stanley. Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium. E.U.A.:Springer, 2001.

SICSÚ, João; CROCCO, Marco. Em busca de uma teoria da localização das agências bancárias: Algumas evidências do caso brasileiro. Revista Economia, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 85-112, 2003.

TOMA, T.; ASHARIF, M.R. AHP coefficients optimization technique based on GA. University of Ryukyus. Department of Information Engineering. Japan, 2003.

WEBER, A. Theory of the Location of Industries. Chicago: University of Chicago Press, 1929.