



PROJETO DE GRADUAÇÃO

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE VENDAS PARA UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE

Por,

José Guilherme Diel de Souza

Brasília, 07 de Dezembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE VENDAS PARA UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE

POR,

José Guilherme Diel de Souza

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

Banca Examinadora

Prof. Reinaldo Crispiniano, UnB/EPR (Orientador)

Prof. Sergio Ronaldo Granemann, UnB/EPR

Brasília, 07 de Dezembro de 2016

Dedicatória

Este projeto é dedicado aos meus pais, Nadia e José Gilberto e a minha irmã Nadine.

José Guilherme Diel de Souza

Agradecimentos

Aos meus pais, Nadia e José Gilberto, que sempre me proporcionaram as melhores condições de estudo e sempre estiveram ao meu lado durante toda minha trajetória.

À minha irmã Nadine, por ser minha companheira e estar sempre disposta a me ajudar nos momentos os quais mais precisei. E também ser um exemplo de vida.

À minha companheira, Laís, que esteve ao meu lado, me incentivando, dando todo o apoio necessário e que me ensinou a sonhar grande.

Aos meus queridos amigos, Marco Aurélio, Telma, Gustavo e Lucas, pela amizade, incentivo e apoio durante a graduação.

Aos meus melhores amigos de vida, João Felipe, Jorge Albino (Toro), Lucas Schneider (Coisa), pela amizade, momentos de descontração e apoio.

Aos meus amigos de intercâmbio, Jannayna, Priscila, Raíza, Rodrigo e Moana, pelo apoio e amizade durante o principal período da minha graduação.

Aos meus colegas de trabalho, Renato e Alexandre, pelo apoio na escolha e realização deste projeto final.

Aos amigos de faculdade, FLIPZ, Maria Clara (Fofis), Luisa (Lulis), Rodrigo (Logs) e Pedro Henrique (Peps) pelo apoio e amizade durante boa parte da graduação e elaboração deste trabalho.

Às minhas amigas de faculdade, Ana, Maria, Julia e Danna, pela amizade durante a graduação.

Ao Professor Orientador Reinaldo Crispiniano Garcia, pela disposição, apoio, atenção e principalmente pela paciência e confiança na orientação e condução deste trabalho.

José Guilherme Diel de Souza

RESUMO

No cenário atual, a rapidez da dinâmica de mercado exige cada vez mais a rápida tomada de decisão e excelente utilização dos recursos para obtenção de vantagem competitiva. Nessa linha, o contato com os consumidores ganha importância na coleta, divulgação e compartilhamento de informações, e, conseqüentemente, o papel da área comercial na administração das vendas e força de vendas se destaca no estreitamento deste laço organização-consumidor. A quantidade de visitas aos clientes, o tempo entre cada visita e os recursos utilizados para realização das visitas são indicadores que devem ser acompanhados para obtenção da vantagem competitiva e todos estes indicadores estão diretamente relacionados à decisão da distribuição da força de vendas no território. Este trabalho analisa a aplicação de um modelo matemático para distribuição de vendedores no território e elaboração das suas rotas em uma empresa de grande porte. Para tal, analisa a qualidade da distribuição e das rotas geradas através do balanceamento de atributos, espaços geográficos, continuidade de território e unicidade.

Palavras-chaves: Pesquisa Operacional, Modelo Matemático, Gestão da Força de Vendas, Problema do Caixeiro Viajante, Distribuição da Força de Vendas.

ABSTRACT

In the current scenario, the rapidity of market dynamics increasingly requires rapid decision-making and excellent use of resources to gain competitive advantage. In this line, the contact with the consumers outstands in the collection, dissemination and sharing of information and, consequently, the role of the commercial area in sales administration and sales force stands out in the narrowing of this organization-consumer tie. The number of visits to clients, the time between each visit and the resources used to carry out the visits are indicators that must be followed to obtain the competitive advantage and all these indicators are directly related to the decision of the distribution of the sales force in the territory. This paper analyzes the application of a mathematical model for alignment of salespeople in the territory and elaboration of its routes in a large company. To this end, it analyzes the quality of the distribution and the routes generated through the balancing of attributes, geographic spaces, territory continuity and uniqueness.

Keywords: Operational Research, Mathematical Model, Salesforce Management, Traveling Salesman Problem, Salesforce Alignment.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	11
1.2 OBJETIVOS DO PROJETO	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. METODOLOGIA	14
2.1 CLASSIFICAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	14
2.2 A EMPRESA.....	16
2.3 O MODELO DE ESTUDO.....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 PESQUISA OPERACIONAL	21
3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO PROCESSO DECISÓRIO	23
3.3 ADMINISTRAÇÃO DA FORÇA DE VENDAS	25
3.4 PROBLEMA DO CAIXEIRO – VIAJANTE	27
3.5 MODELAGEM DA FORÇA DE VENDAS	30
3.5.1 ESTRUTURA DE PESQUISA DE MODELOS DE FORÇA DE VENDAS	30
3.5.2 DISTRIBUIÇÃO DA FORÇA DE VENDAS EM TERRITÓRIOS.....	31
3.5.2.1 Modelos de Critérios.....	32
3.5.2.2 Modelos Heurísticos	33
3.5.2.3 Modelos de Programação Matemática	34
4. PROPOSIÇÃO DO MÉTODO E ANÁLISE	35
4.1 DEFINIÇÃO DO TERRITÓRIO.....	35
4.2 ATRIBUTOS DE BALANCEAMENTO	36
4.3 ALGORITMO.....	36
4.4 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO	37
4.5 ANÁLISE DO CIRCUITO.....	38
5. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICE	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão do território em unidades de cobertura	19
Figura 2 – Rede de estradas e ruas do território	19
Figura 3- Modelo físico simples de um sistema de informação	24
Figura 4 - Problema do Caixeiro-Viajante	28
Figura 5 - Estrutura de modelos de pesquisa da força de vendas.....	30
Figura 6 – Pequenas Unidades de Cobertura do Território Sul Goiano	35
Figura 7 - Distribuição das Unidades de Cobertura	37
Figura 8 - Circuito Vendedor 1	39
Figura 9 - Circuito Vendedor 2	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Classificação das Pesquisas.....	14
Quadro 2 - Aplicações de Pesquisa Operacional.....	22
Quadro 3- Atributos de Balanceamento.....	38
Quadro 4 - Distâncias Totais Circuitos	40

LISTA DE SÍMBOLOS

EBITDA – Lucros antes de impostos, taxas, depreciação e amortização

EDE – Fábrica de Edealina

GT – Gestão de Territórios

GTM – *Go to Market*

HC – Heurística Construtiva

PCV – Problema do caixeiro viajante

PO – Pesquisa Operacional

PUC – Pequenas unidades de cobertura

SI – Sistemas de informação

VC – Votorantim Cimentos

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A dinâmica de mercado exige cada vez mais decisões rápidas e precisas para obtenção de vantagem competitiva nos cenários atuais. Além disso, clientes com maior poder de barganha exigem cada vez mais das organizações e conseqüentemente as pressões sob a área comercial têm aumentado, já que esta é a responsável pelo contato direto com os consumidores. Dessa forma, a força de vendas, sua administração, alocação da força de vendas no território e rápida tomada de decisão baseada em informações relevantes ganham destaque no atendimento das necessidades dos clientes.

A atuação da força de vendas é fator crítico de sucesso para qualquer empresa. Para Kotler (2000), a força de vendas é a responsável pela apresentação e manutenção das marcas no mercado, utilizando ferramentas e comunicação eficaz entre potencial cliente e vendedor, de forma a captar os clientes e consolidar a venda. Assim, a força de vendas tem papel chave na conquista de mercados, sendo ela o “cartão de visitas” das organizações no mercado.

Nesse sentido, a gestão da força de vendas se torna determinante para definição da estratégia competitiva, diferenciação dos produtos, serviços e marcas e surgimento de vantagens competitivas. Porter (1986) define que através da estratégia competitiva é possível atingir posição lucrativa e sustentável sob as forças que determinam a competição industrial. O desafio enfrentado pela gerência consiste na escolha ou criação de contexto ambiental em que as competências e os recursos da empresa possam produzir vantagens competitivas. Então, a administração do conjunto de vendedores é capaz de criar vantagens competitivas.

A alocação dos vendedores, vista da ótica da utilização de recursos, ganha destaque na eficiência e eficácia das vendas. Já que o bom posicionamento pode definir o número de visitas aos clientes, os recursos necessários para realizar estas visitas e o tempo entre cada visita. Logo, a distribuição da força de vendas no território é capaz de criar vantagem competitiva pelo maior contato com os clientes e ao mesmo tempo melhor utilização dos recursos para realização desse atendimento.

Assim, o papel de contato da empresa com os consumidores, realizado pela força de vendas, a gestão da estratégia competitiva desse conjunto e a escolha do posicionamento da

equipe no território se tornam fatores determinantes do incremento de contato com os consumidores, maximização dos resultados de vendas e minimização dos recursos utilizados.

A mesma dinâmica do mundo dos negócios incrementa a necessidade de velocidade e precisão na tomada de decisões. Dessa forma, cada vez mais modelos matemáticos de suporte à tomada de decisão estão sendo desenvolvidos e testados para auxiliar gestores e tomadores de decisão.

Os modelos matemáticos podem ser baseados em diversas teorias e técnicas de pesquisa operacional, dentre elas está a programação linear que é capaz de apoiar na precisão da tomada de decisão, principalmente aplicada a temas como maximização de lucros e minimização de custos. Portanto a aplicação de programação linear se encaixa no contexto de resolução de problemas de distribuição da equipe comercial no território.

Para solucionar diversos problemas de distribuição da força de vendas no território existem modelos estruturados. Estes modelos de referência que servem de ponto de partida devem ser moldados de acordo com as particularidades de cada organização e território que desejam aplicá-lo. Neste trabalho o modelo a ser adaptado será o de distribuição da força de vendas no território (ZOLTNER e SINHA, 1983).

1.2 OBJETIVOS DO PROJETO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo a aplicação de conceitos e modelos matemáticos de Pesquisa Operacional no processo de distribuição, posicionamento e roteirização da força de vendas de uma empresa cimenteira de grande porte instalada na região metropolitana de Brasília, Distrito Federal, visando ao equilíbrio da quantidade de centros de atendimento e redução das distâncias percorridas para atendimento dos mesmos.

O objetivo pode ser resumido em duas perguntas:

- Qual a distribuição ideal dos vendedores no território?
- Quais rotas devem ser seguidas para entregar valor ao cliente com o menor número de recursos?

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar modelo matemático de Pesquisa Operacional para encontrar distribuição ótima da força de vendas;
- Balancear a quantidade de cidades e clientes das carteiras;
- Realizar roteirização da força de vendas a partir da distribuição obtida.

2. METODOLOGIA

2.1 CLASSIFICAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Tartuce (2006) apud Gerhardt e Silveira (2009) define metodologia como “estudo do método, ou seja, é o conjunto de regras e algoritmos estabelecidos para realizar uma pesquisa”. A ação que se destaca na metodologia é a pesquisa e ela só se inicia a partir de um questionamento que se espera responder. Logo, pesquisar é procurar por respostas (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Pesquisa também hoje se define como o procedimento racional e sistemático que objetiva encontrar soluções para os problemas indicados (GIL, 2002). A pesquisa é utilizada quando não é possível responder o problema proposto devido a falta de informações ou desordenamento das informações utilizadas para resolução do problema. Além disso, a pesquisa envolve etapas, desde a definição do problema até a apresentação organizada dos resultados (GIL, 2002).

As pesquisas podem ser classificadas de acordo com a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, conforme tabela abaixo (SILVA e MENEZES, 2005):

Quadro 1 Classificação das Pesquisas

Natureza	Básica	Objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista.
	Aplicada	Objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos.
Abordagem	Quantitativa	Considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (
	Qualitativa	Considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo

		e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números.
Objetivos	Exploratória	Visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão.
	Descritiva	Visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de Levantamento.
	Explicativa	Visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.
Procedimentos técnicos	Pesquisa bibliográfica	Quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet.
	Pesquisa documental	Quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico.
	Pesquisa Experimental	Quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.
	Levantamento	Quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.
	Estudo de caso	Quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Pesquisa Expost-Facto	Quando o “experimento” se realiza depois dos fatos.
Pesquisa-Ação	Quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.
Pesquisa Participante	Quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Fonte: Adaptado de SILVA e MENEZES (2011).

A partir dos conceitos da tabela acima, o presente estudo apresenta natureza aplicada, devido à aplicação dos conceitos para auxiliar na resolução do problema proposto. Em relação a abordagem, é classificada como qualitativa uma vez que as informações do processo serão levantada de forma subjetiva. Quanto aos objetivos, apresenta objetivo explicativo, já que a análise do processo de distribuição pretende identificar fatores que determinam a otimização do processo. Quanto aos procedimentos técnicos podem ser considerados como pesquisa bibliográfica, pois estão sendo baseados em modelos já utilizados, como pesquisa documental, pois estão sendo coletadas informações na própria organização, e como pesquisa experimental, pois são definidas variáveis e formas de controle e são analisados os resultados obtidos.

2.2 A EMPRESA

A Votorantim Cimentos S.A. é uma empresa do conglomerado industrial brasileiro, Grupo Votorantim, fundado pelo engenheiro pernambucano José Ermírio de Moraes em 1918. Além da Votorantim Cimentos (VC), o grupo reúne empresas de vários outros segmentos, todos com ênfase em setor de base da economia. O grupo foi estruturado em dois segmentos: industrial e financeiro, e está presente em mais de 20 países. Em 2013, esse conjunto de negócios levou o Grupo Votorantim a registrar receita líquida de R\$ 26,3 bilhões. O EBITDA (lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização) foi de R\$ 5,4 bilhões em 2012.

São unidades de negócio que compõem o Grupo Votorantim: Votorantim Cimentos; Cia. Brasileira de Alumínio, Votorantim Metais, Votorantim Finanças S.A, Votorantim Energia, Fibria Celulose S.A, Votorantim Siderurgia, entre outros.

A Votorantim Cimentos (VC) está presente no negócio de materiais de construção (cimento, concreto, agregados e argamassas) desde 1933, entre as 10 maiores empresas do mundo neste setor, com capacidade produtiva de cimento de 54,5 milhões de toneladas/ano e receita de R\$ 12,9 bilhões em 2014. Possui unidades estrategicamente localizadas próximas aos mais importantes mercados consumidores em crescimento e está presente em 14 países, além do Brasil: Argentina, Bolívia, Canadá, Chile, China, Espanha, Estados Unidos, Índia, Marrocos, Peru, Tunísia, Turquia e Uruguai.

No Brasil, possui uma unidade corporativa e quatro unidades regionais, são elas: Regional Centro Norte; Regional Nordeste; Regional Sul e Regional Sudeste.

O estudo a ser realizado nesse trabalho diz respeito à área comercial da Regional Centro Norte da VC, mais especificamente a área Gestão de Territórios (GT) e área de Vendas.

O regional Centro Norte, que corresponde à gestão dos estados: Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Distrito Federal (DF), Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Tocantins (TO) e mesorregiões Extremo Oeste Baiano – BA e Noroeste de Minas – MG. Atualmente é formado por oito fábricas e três centros de distribuição, conforme abaixo:

Fábricas: Sobradinho - DF; Edealina – GO, Nobres - MT; Cuiabá - MT; Xambioá - TO; Porto Velho - RO; Corumbá – MS e Primavera – PA.

Centros de Distribuição: Goiânia - GO; Belém – PA e Campo Grande - MS.

É responsável por aproximadamente 40% do mercado de cimentos das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil.

No regional Centro Norte a área comercial – é dividida em duas trilhas são elas:

Trilha Auto Construção (TAC) responsável pelo mercado de varejo;

Trilha Técnica (TEC) que é subdividida em IMO, responsável pelo mercado imobiliário, INFRA, responsável pelo mercado de infraestrutura brasileiro (obras de estradas, aeroportos, geração de energia, entre outros) e IND, responsável pelo mercado industrial.

O presente estudo avaliará a aplicação do modelo no estado de Goiás mais especificamente a mesorregião Sul Goiano. A escolha desse estado e mesorregião ocorreu devido ao início das operações da nova fábrica, Edealina (EDE), contratação de novos vendedores para atendimento da região e necessidade melhoria da eficiência da equipe de vendas.

2.3 O MODELO DE ESTUDO

Os modelos matemáticos para ajuda à tomada de decisão estão se tornando cada vez mais comuns. Segundo Zoltners e Sinha (1983), existem três razões que sustentam o uso dos modelos. Primeiro, as organizações devem regularmente tomar decisões em relação aos seus territórios devido à inserção de novos produtos, mudanças de mercado, alterações no tamanho da força de vendas e também para melhorar a eficiência da força de vendas, sua cobertura de mercado e equilíbrio do esforço por cada vendedor. Segundo, a decisão da divisão do território é um processo que consome muito tempo e recursos para a escolha da melhor forma de distribuição, conseqüentemente um processo organizado facilita e torna a decisão mais veloz. Por último, modelos de outro tipo de decisão sobre eficiência da força de vendas são, frequentemente, reconhecidos como cabalísticos e necessitam de informações que, normalmente, não são coletadas pelas companhias. Apesar de estas razões terem sido afirmadas no passado, elas ainda se encaixam na realidade atual.

O modelo a ser aplicado para resolução do problema é uma adaptação do modelo proposto por Zoltners e Sinha (1983). O modelo adota como premissas a divisão do território em pequenas unidades de cobertura (PUC) que serão distribuídas para a força de vendas (Figura 1). No presente estudo as unidades de cobertura serão as cidades do território definido.

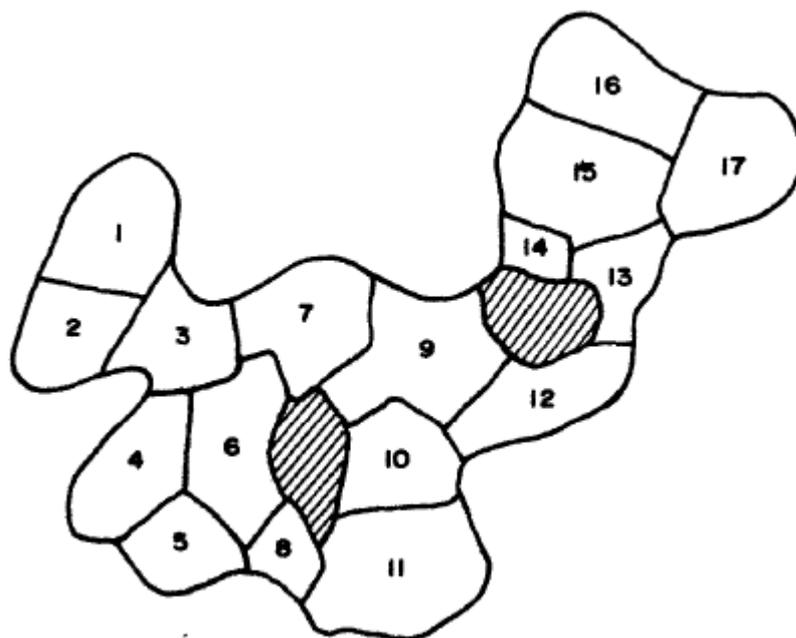


Figura 1 – Divisão do território em unidades de cobertura

Fonte: Zoltners e Sinha (1983)

A utilização de dados sobre a rede de estradas e vias também é considerada na aplicação do modelo, dessa forma obstáculos ou caminhos impossíveis são considerados no modelo (Figura 2). A rede utilizada na adaptação será obtida via Google Maps®.

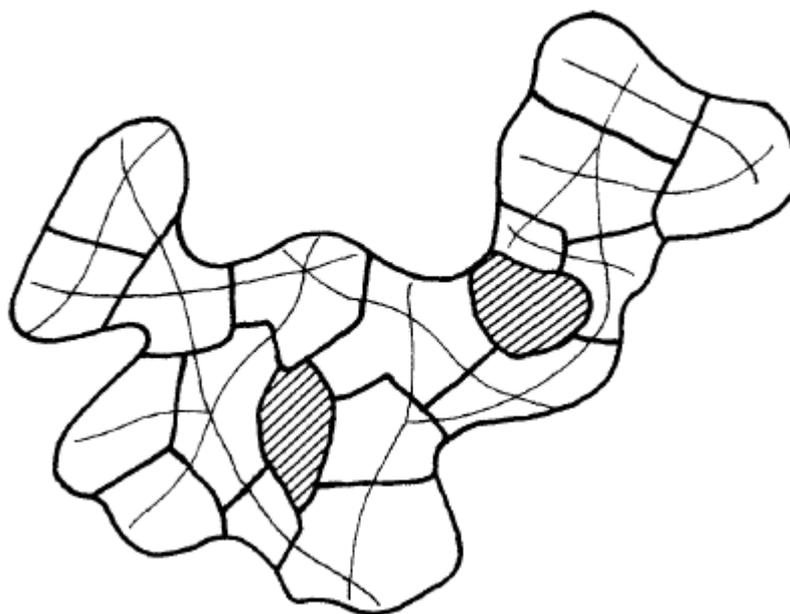


Figura 2 – Rede de estradas e ruas do território

Fonte: Zoltners e Sinha (1983)

Utilizando a rede de estradas e os territórios o caminho mais curto é definido a partir da aplicação do método heurístico do Vizinho Mais Próximo com a finalidade de obter uma boa solução de rota. E também a partir das distâncias mais curtas serão garantidas as condições de continuidade do território de cada vendedor.

Para realizar o equilíbrio das divisões entre as equipes de vendas serão utilizados a quantidade de clientes em cada cidade e a distância a ser percorrida para realizar um circuito completo entre as cidades.

Dessa forma, é possível dividir o estudo nas seguintes etapas:

1. Definição do território;
2. Definição dos atributos de balanceamento;
3. Aplicação do algoritmo matemático;
4. Análise dos resultados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PESQUISA OPERACIONAL

A evolução das organizações, aumento do número de áreas e suas respectivas complexidades dificultaram a tomada de decisão sobre a utilização dos recursos. Os *trade-offs* decisórios tornaram-se mais complexos e a necessidade de encontrar a maneira mais eficiente de alocar os recursos tornou-se mais difícil. Dessa forma, a partir destes problemas e a necessidade de encontrar a melhor maneira de solucioná-los, foram criadas as condições necessárias para o surgimento de pesquisa operacional (PO).

A pesquisa operacional é a aplicação de método científico para solução de problemas gerenciais e administrativos das organizações. Este método pretende oferecer, aos tomadores de decisão, objetivos centrais e bases quantitativas para estruturação da decisão. Além disso, é focada no desempenho da organização como um todo e não das suas partes separadamente (ELLON *et al.*).

A abordagem utilizada por pesquisa operacional é bastante similar à utilizada em pesquisas de campo. Os problemas empresariais, em certo grau, podem ser investigados através da aplicação deste método científico e, conseqüentemente, fornecer conclusões positivas e inteligíveis para os tomadores de decisão. Outra característica é sua visão holística. Os problemas são estudados de forma a atender aos objetivos da organização e não de suas partes. Por fim, PO busca encontrar a melhor solução para o problema, contudo, focando no processo de descoberta da melhor solução e não na simples melhora do *status quo* (HILLIER e LIEBERMAN , 2013).

Por se assemelhar aos métodos de pesquisa a pesquisa operacional também segue um conjunto de etapas (HILLIER e LIEBERMAN , 2013):

1. Observação e formulação do problema;
2. Coleta dos dados relevantes à pesquisa;
3. Construção de modelo científico, partindo da premissa que este modelo descreve as características essenciais da situação e que as soluções são válidas e aplicáveis ao mundo real;
4. Elaboração de hipóteses;

5. Experimentação para testar as hipóteses e adaptações;
6. Validação do modelo.

Devido a sua natureza adaptativa e suas características, a pesquisa operacional é aplicada em diversas áreas, organizações e diferentes maneiras. O quadro 2 exemplifica casos de sucesso de algumas organizações, a natureza da aplicação e os benefícios obtidos.

Quadro 2 - Aplicações de Pesquisa Operacional

Organização	Natureza da aplicação	Benefícios (US\$)
Federal Express	Planejamento Logístico de despachos	Não estimado
Continental Airlines	Otimizar a realocação de tripulações quando ocorrem desajustes nos horários de voo	40 milhões
Swift & Company	Aumentar as vendas e melhorar o desempenho na fabricação	12 milhões
Memorial Sloan-Kettering Cancer Center	Procedimentos de tratamentos radioterápicos	459 milhões
United Airlines	Programas turnos de trabalho nas centrais de reserva e nos balcões em aeroportos	6 milhões
Welch's	Otimizar o uso e a movimentação de matéria-prima	150 mil
Samsung Electronics	Desenvolver métodos de redução de tempo de fabricação e níveis de estoque	200 milhões mais receitas
Pacific Lumber Company	Gestão de ecossistemas florestais em longo prazo	398 milhões valor presente líquido
Procter & Gamble	Redesenho do Sistema de produção e distribuição	200 milhões
Canadian Pacific Railway	Planejamento de rotas para frete ferroviário	100 milhões
Air New Zealand	Alocação de tripulação de voo	6,7 milhões
Taco Bell	Programar a escala de funcionários nas lojas da rede	13 milhões
Waste Management	Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de rotas para coleta e eliminação de lixo	100 milhões
Bank Hapoalim Group	Desenvolvimento de um sistema de apoio à tomada de decisão para analistas de investimento	31 milhões mais receitas
Sears	Programação e rotas de veículos para as frotas de entrega e de atendimento domiciliar	42 milhões
Conoco-Phillips	Avaliação de projetos de exploração petrolífera	Não estimada
Westinghouse	Avaliar projetos de pesquisa e desenvolvimento	Não estimada

Merrill Lynch	Gestão de riscos de liquidez para linhas de crédito rotativo	4 bilhões mais liquidez
PSA Peugeot Citroën	Orientar o processo de projeto para plantas de montagem de veículos eficientes	130 milhões mais lucros
Key Corp	Aumentar a eficiência do serviço dos caixas de banco	20 milhões
General Motors	Aumentar a eficiência das linhas de produção	90 milhões
Deere & Company	Controle de estoques por meio de uma cadeia de suprimentos	1 bilhão menos estoque
Time Inc.	Gerenciamento dos canais de distribuição para revistas	3,5 milhões mais lucros
Bank One Corporation	Gestão del inhas de crédito e taxas de juros para cartões de crédito	75 milhões mais lucros
AT & T	Projeto e operação de <i>call centers</i>	750 milhões mais lucros

Fonte: adaptado de Hillier e Lieberman (2013)

Dessa forma, a pesquisa operacional é capaz de propor soluções, considerando a visão holística e objetivo final da organização, na melhor maneira de utilizar os recursos. Além disso, por se tratar de método científico, sua aplicação é facilitada seguindo os passos propostos, garantindo soluções compreensíveis aos tomadores de decisão. Isto facilita a sua aplicação no dia a dia.

3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO PROCESSO DECISÓRIO

As organizações, hoje em dia, apresentam diversos recursos capazes de apoiar a obtenção do objetivo final. Entre eles está a informação. É através da informação que são tomadas as diversas decisões dentro de uma organização. Com a finalidade de organizar e facilitar o uso das informações para tomar decisões mais assertivas foram criados os sistemas de apoio à tomada de decisão.

Um sistema pode ser definido como um conjunto de partes inter-relacionadas em prol de um objetivo comum (CAMPBELL, 1977). Dessa forma, um sistema possui partes que se relacionam e interagem para gerar resultados. Então, para entender um sistema é necessário compreender os elementos que o compõem, suas relações e os conjuntos de atividades (MACIEL, 1974).

“Sistemas são um conjunto de partes coordenadas que concorrem para a realização de um conjunto de objetivos” (FREITAS *et al.*, 1997).



Figura 3- Modelo físico simples de um sistema de informação

Fonte: Adaptado de Freitas *et al.*, 1997

Os sistemas de informação (SI), de forma simples e objetiva, são os responsáveis pelo processamento de dados em informações. Mason e Mitroff (1973) definem como um sistema com características específicas que diante de um problema e contexto necessitam de evidências para alcançar propostas de soluções e estas soluções estão disponíveis em determinados formatos de apresentação.

Segundo Freitas *et al.* (1973), este conceito define o sistema de informação com os principais elementos de decisão:

- Tomador de decisão, considerando as características específicas;
- Contexto organizacional, problema e o contexto inserido;
- Objetivo do processo decisório, alcançar as soluções;
- Forma como as soluções são apresentadas.

No contexto da tomada de decisão os sistemas de informação podem ser classificados de diferentes formas de acordo com o processo decisório. Alter (1976) classifica os SI em sete tipos, dependendo da forma a qual o usuário utiliza o sistema, são elas:

- Somente recuperação de dados: sistema somente recupera os dados de uma única fonte;
- Recuperação e análise de dados: sistema além de recuperar os dados também realiza análises com os dados;
- Análise de várias bases de dados: sistema recupera e analisa os dados de diversas bases de dados;
- Avaliação de decisões utilizando modelos de cálculo: sistema avalia as decisões por meio de cálculos matemáticos e estatísticos;

- Avaliação de decisões utilizando modelos de simulação: sistema avalia as soluções por meio de utilização de cenários futuros;
- Proposta de decisão: propõe alternativas de solução;
- Tomador de decisões: sistema toma as decisões necessárias.

A classificação dos sistemas se torna importante a partir do momento que a necessidade específica de cada organização torna o uso desses recursos uma forma de obter vantagem competitiva. Dessa forma, para obtenção da vantagem competitiva, o sistema deve ser capaz de garantir ao decisor as informações necessárias para a melhor tomada de decisão, garantindo a inteligência, mas também deixando a liberdade de escolha.

Portanto, os sistemas de informação possuem a responsabilidade de apoiar o decisor na tomada de decisão e para isso o entendimento do conceito e da classificação as quais o sistema está inserido, ajudam na definição e na assertividade quanto a utilização dos recursos necessários para a resolução dos problemas.

3.3 ADMINISTRAÇÃO DA FORÇA DE VENDAS

A constante procura por avanços de mercado, lucratividade e crescimento da fatia de mercado faz com que a administração a força de vendas torne-se imprescindível para as organizações, já que esta depende diretamente do desempenho da equipe de vendas e também dos resultados financeiros e mercadológicos.

O plano de vendas, ou seja, a declaração formal de estratégias e metas de vendas são os governadores dos esforços de venda (CHURCHILL JR e PETER, 2007).

Churchill Jr. e Peter (2007) definem a administração de vendas como “o planejamento, direcionamento e controle das atividades de vendas pessoais da organização”. Essas atividades são essenciais no processo de controle das vendas.

A administração das vendas é um processo gerencial que inclui atividades como: descrição da função da força de vendas, definição das estratégias de vendas, configuração do time de vendas, desenvolvimento e direcionamento da equipe e, além disso, elaboração de modelo de avaliação de desempenho (COBRA, 1994).

O planejamento da força de vendas atua então como direcionador das ações da equipe para obtenção dos resultados esperados, além disso, também é utilizado como preparação para eventualidades futuras.

Planejamento é o processo de análise e compreensão de um sistema com a finalidade de alcançar objetivos, avaliando o ambiente e suas potencialidades e projetando cenários alternativos. A execução e a análise da eficácia dos planos elaborados também são papéis dos planejadores (KALLMAN & SHAPIRO APUD PEARCE ET. AL., 1987).

Segundo Maximiano (2000), planejamento é a atividade de prever eventos futuros e de se prever como alcançá-los. Assim, é possível entender planejamento como análise dos cenários, alternativas e, por fim, tomada de decisão.

Kotler (1998) afirma que as decisões sobre objetivos, estratégias, estrutura, tamanho e remuneração da equipe de vendas são exigidas pelo planejamento.

Por ser um processo, o planejamento apresenta algumas atividades básicas que devem ser seguidas para se atingir o objetivo final. Moreira *et. al.* (2001) citam as seguintes etapas básicas para o processo:

- Avaliação de oportunidades de mercado;
- Estimação do potencial de vendas;
- Previsão das vendas;
- Segmentação do mercado;
- Distribuição e logística.

Após a elaboração do planejamento da força de vendas é importante definir como executá-lo. Assim, surgem as estratégias como maneiras de se atingir os objetivos definidos. Em outras palavras, são o conjunto de ações a serem realizadas pela organização para alcançar o objetivo determinado.

Segundo Dias *et. al.* (2006), a estratégia é uma maneira de orientar a força de vendas, direcionando para os fatores que merecem mais foco, e, conseqüentemente, empenhando os esforços necessários nas atividades que realmente geram valor.

A partir das ações estruturadas voltadas para um objetivo específico, que normalmente na administração de vendas são o volume de vendas e o lucro, o foco torna-se os

recursos necessários para implementação das ações e como são obtidas as vantagens competitivas em relação à concorrência.

Para Cobra (1994), existem alguns fatores-chave para incrementar volume de vendas e lucro, que são:

- Custos relacionados à força de vendas (tamanho, tipo, posicionamento, entre outros);
- Qualidade de força de vendas, potencial e força competitiva;
- Os custos de fabricação que variam conforme o volume de vendas.

Portanto, a administração da força de vendas é um processo essencial para as organizações visto que com um bom planejamento é possível prever cenários futuros e traçar estratégias que serão responsáveis pela definição das atividades a serem executadas e também pelo gerenciamento das mudanças que podem ocorrer no percurso. Além disso, os recursos utilizados para obtenção do objetivo final ganham destaque já que quando apoiados por uma estratégia se tornam os maiores responsáveis pela lucratividade de uma organização.

3.4 PROBLEMA DO CAIXEIRO – VIAJANTE

O problema do caixeiro viajante (PCV) é um problema inspirado na necessidade dos vendedores de viajar de cidade em cidade para realizar entregas e vendas entre outras atribuições, de modo a gastar menos esforços e recursos no trajeto.

O problema se resume da seguinte maneira: O vendedor, saindo de sua cidade, deve visitar exatamente uma única vez todas as cidades de uma dada lista e retornar para casa, tal que a distância percorrida por esse vendedor seja a menor possível. Dessa forma, o vendedor terá utilizado o menor esforço possível e menos recursos durante seu trajeto. Apesar da aparência simples, o PCV é um dos problemas mais investigados na matemática computacional. Sua simplicidade de entendimento aliada a sua complexidade para resolução torna o problema uma excelente plataforma de desenvolvimento de ideias (APPLEGATE *et al.*, 2007).

A origem dos estudos do problema do caixeiro viajante é incerta, porém documentos de 1800's comprovam já a necessidade de solucionar este problema e quão positivos eram os resultados obtidos (APPLEGATE *et al.*, 2007).

Assim, a partir da generalização do problema do vendedor viajante foi possível verificar que este problema não estava relacionado somente com as viagens entre cidades dos vendedores, mas também nas entregas de correspondências dos carteiros, na entrega de suprimentos durante a guerra, entre outros problemas que podem ser solucionados com a mesma ideia do caixeiro viajante.

A definição genérica do problema consiste na procura de um circuito com a menor distância, começando em um nó qualquer, entre vários, visitando cada nó somente uma vez e regressando para o nó inicial, conforme destaca a figura (NILSSON, 1982).

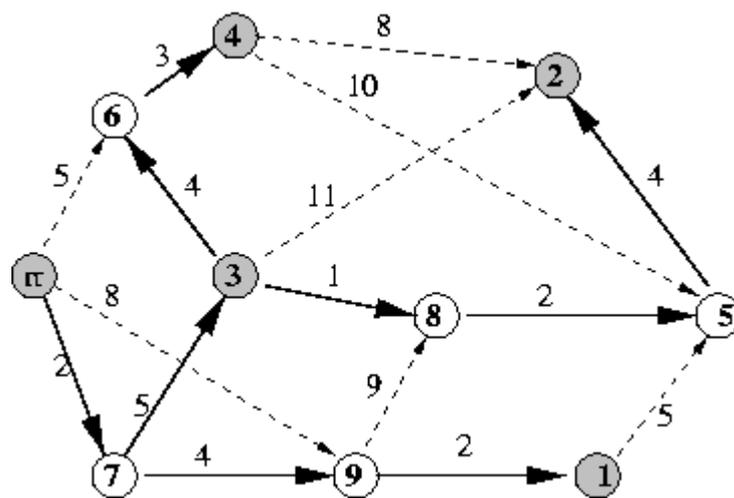


Figura 4 - Problema do Caixeiro-Viajante

Fonte: Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional - <http://www.sbmac.org.br/bol/bol-2/artigos/satoru/satoru.html>. Acesso em outubro de 2016.

O problema do caixeiro viajante se enquadra no ramo de otimização combinatória. Dessa forma, o problema possui uma função objetivo e um conjunto de restrições, ambos relacionados às variáveis de decisão. Estas variáveis estão restritas a um universo de soluções descritas pelas restrições. A resolução do problema pode ser maximização ou minimização da função objetivo, geralmente problemas de caixeiro-viajante são descrito pela minimização da função objetivo.

Portanto, apesar de o PCV ser um problema de simples entendimento devido à sua facilidade de aplicação no mundo real e de ter sido desenvolvidos inúmeros algoritmos para

tentativa de aproximação da resolução, ele ainda é um problema de grande atração para aplicação de novos algoritmos matemáticos.

Para resolução deste problema foram criados diversos métodos que podem ser classificados em exatos e heurísticos. Os métodos exatos sempre visam à obtenção de resultado ótimo, porém a aplicação deles, geralmente, necessita de um maior esforço computacional para que o resultado seja alcançado em tempo aceitável. Alguns exemplos de métodos exatos são Programação Linear, Programação Dinâmica, algoritmos *Branch & Bound* (LAND e DOIG, 1960) e *Branch & Cut* (CROWDER, JOHNSON e PADBERG, 1983). Já os métodos heurísticos visam construir uma estrutura que não garante a melhor resposta, mas que quase sempre encontram uma boa resposta. Uma das classes destes métodos é a construtiva ou Heurística Construtiva (HC).

Heurísticas pertencentes a esta classe, normalmente, utilizam uma função gulosa para ordenar os elementos, que a partir do cálculo do benefício de cada elemento é inserido o “melhor” elemento a cada iteração. Ao aplicar no PCV, na construção de uma boa rota, será considerado apenas o passo seguinte (CAMPELLO; MACULAN, 1994). Mecanismos de *backtracking* não existem em algoritmos construtivos, então, depois de inserir o próximo elemento, não é possível retirá-lo. Na literatura são encontrados diversos tipos de heurísticas construtivas, por exemplo, Vizinho Mais Próximo, Inserção Mais Barata e, Clarke e Wright.

No presente estudo será focado o método do Vizinho Mais Próximo. Neste método heurístico, é definida a cidade inicial da rota, depois disso é inserida na rota corrente, a cidade que apresentar a menor distância para se percorrer em relação à última adicionada. Este processo iterativo é repetido até que todos os elementos sejam inseridos na rota, considerando assim a rota concluída. Este método também é conhecido como o método guloso (*greedy*) já que constrói a solução passo a passo seguindo um conjunto de critérios estabelecidos. Na literatura, são encontrados estudos de aplicação deste método em Gavett (1965), Bellmore e Nemhauser (1968), Solomon (1987) e Kurz (2011).

3.5 MODELAGEM DA FORÇA DE VENDAS

3.5.1 ESTRUTURA DE PESQUISA DE MODELOS DE FORÇA DE VENDAS

O estudo de modelos de força de vendas se tornou complexo devido à quantidade de decisões e variáveis envolvidas na gestão da força de vendas. Assim, com a finalidade de guiar os estudos e facilitar a evolução dos modelos sobre força de vendas foi elaborado um conjunto de cinco camadas sobre as áreas de estudo da gestão da força de vendas (Figura 5). Mantrala et. al. 2010, define o conjunto como o resumo de diversas descobertas na gestão da força de vendas dos últimos 40 anos e, além disso, como passo inicial para identificação de pesquisas baseadas em modelos para resolução de problemas.

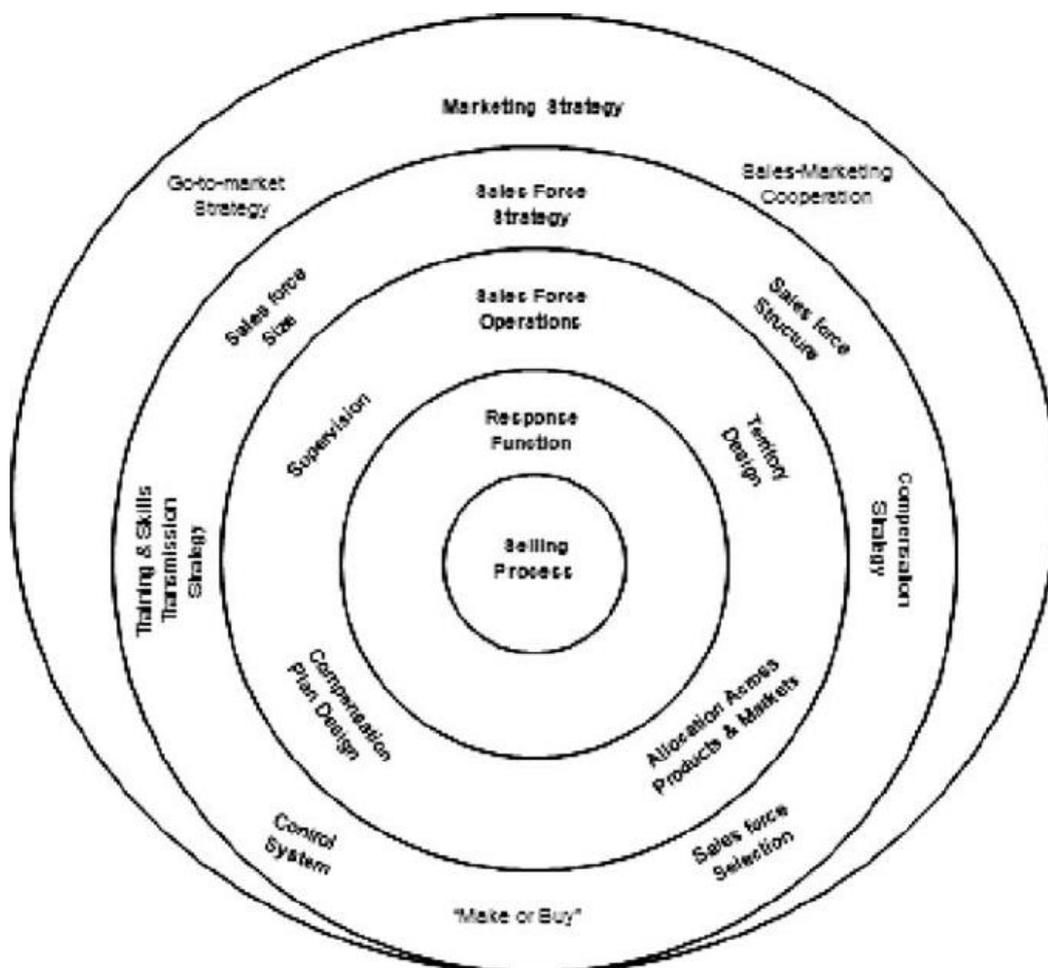


Figura 5 - Estrutura de modelos de pesquisa da força de vendas
Fonte: Mantrala et. al. 2010

A camada mais externa da Figura 5 consiste na interface entre as vendas e a estratégia de marketing onde é possível destacar duas áreas de estudo, a estratégia de "Go-to-

Market” (GTM) e elaborar a cooperação entre vendas e marketing. No segundo nível, é possível encontrar sete áreas chave são elas: “*Make or Buy*” que descreve a força de vendas própria ou terceirização, “*Optimal sales force size*”, que relaciona problemas a respeito do tamanho da força de vendas, seleção da força de vendas, definição da estrutura da força de vendas, características de sistemas de controle e métricas da força de vendas, planos de compensação, estratégia de controle e programas de treinamento. O terceiro nível é definido como operações da força de vendas que consiste na alocação ótima do esforço da força de vendas nos produtos e mercados, implantação de supervisores, planos de incentivo e distribuição da equipe de vendas no território. O próximo nível define a variação comportamento de vendas de acordo com os esforços do time comercial e fatores externos. Por fim, a camada central define o processo de vendas como um todo inter-relacionando todas as demais camadas.

3.5.2 DISTRIBUIÇÃO DA FORÇA DE VENDAS EM TERRITÓRIOS

Zoltners e Sinha (1983) definem que o problema da distribuição das equipes no território pode ser visto como o problema de dividir e agrupar pequenas unidades de cobertura (PUC) em clusters geográficos, chamados de territórios de vendas, de forma a garantir que estes territórios são relevantes e adequados aos critérios de gerenciamento.

Alguns exemplos de PUCs são códigos postais, municípios, estados entre outros. Cada unidade tem um ou mais atributos que a definem, como quantidade de lojas, potencial de vendas e esforço necessário. Geralmente, o valor do atributo do território é obtido através da soma dos atributos das unidades menores (HOWICK e PIDD, 1990).

Zoltners e Sinha (1983) descrevem quatro propriedades de uma boa distribuição no território:

1. Atribuição única de PUC. Todos os PUC são atribuídos somente para um território de vendas;
2. Balanceamento dos atributos. Territórios de vendas são balanceados de acordo com o número de atributos definidos.
3. Continuidade. Os territórios são contínuos.

4. Considerações geográficas. Os territórios devem considerar a acessibilidade geográfica, por exemplo, a existência de rodovias, rios, montanhas e obstáculos intransponíveis.

Howick e Pidd (1990) definem três dimensões para classificar os modelos de distribuição:

1. Critérios simples/múltiplos. Se o modelo tenta balancear somente um atributo então ele é considerado de critério simples, porém se utilizar mais de um atributo é considerado múltiplo (ZOLTNERS, 1979).
2. Medidas de distância/viagens. Os modelos fazem com que os vendedores cubram a área de forma eficiente. Assim, medidas de distância e viagens são utilizadas. Por exemplo, quantidade de viagens e distância a ser percorrida.
3. Centros fixos/busca por centros. O centro do território pode ser fixo ou então ele pode variar de acordo com a atualização da configuração do território.

Outra forma de classificação dos modelos é definida por Zoltners and Sinha (1983):

- Modelos de critérios;
- Modelos heurísticos;
- Modelos de programação matemática.

Apesar de a classificação definir cada tipo de modelo é possível que um modelo contenha características de outros modelos. Por exemplo, um modelo matemático pode contar procedimentos heurísticos para garantir a otimização do sistema e sua classificação é definida a partir da ênfase dada pelo modelo (HESS e SAMUELS, 1971).

3.5.2.1 MODELOS DE CRITÉRIOS

Os modelos de critérios apoiam-se em avaliações informais e utilização de mapas para obtenção da melhor distribuição possível. Este tipo de modelo é definido como totalmente heurístico, porém apesar de estes modelos não satisfazerem as condições definidas para serem heurístico (ZOLTNERS e SINHA, 1983; NICHOLSON, 1971). Um procedimento heurístico pode ser definido como aquele que é solucionado através da intuição onde a estrutura do problema pode ser interpretada e explorada de maneira inteligente para obter uma

solução razoável. Assim, os modelos de critérios apesar de apresentarem *inputs* e objetivo principal não garantem estrutura para atingir o objetivo (NICHOLSON, 1971).

Dessa forma, este tipo de modelo não consegue garantir a eficiência das soluções. Já que apesar de informar os dados iniciais não são descritas a maneira a qual o objetivo é atingido. Sendo assim, não é possível quantificar as distâncias percorridas, o balanceamento correto dos atributos e em casos extremos, não é definido nenhum atributo de balanceamento, contando somente com as medidas de distância.

Por outro lado, o modelo de critérios por utilizar mapas e avaliações informais se torna mais fácil garantir a continuidade do território e levar em consideração a acessibilidade geográfica. Sendo assim, apesar de não garantir boas soluções a implantação deste tipo de modelo é mais fácil e ágil, aumentando sua probabilidade de uso.

3.5.2.2 MODELOS HEURÍSTICOS

Os modelos de distribuição heurística seguem o padrão adaptado de Howick e Pidd, (1990):

1. Construção de uma solução possível;
2. Encontrar o pior, ou melhor, território de acordo com o critério selecionado;
3. Realizar o procedimento de distribuição novamente para melhorar os territórios, através da avaliação dos atributos;
4. Verificar se teve melhoria nos territórios. Nos casos positivos a análise é terminada e em casos negativos retorna para o passo 2.

As vantagens de utilizar os modelos heurísticos são obtidas na atribuição única de cada unidade de cobertura a um território, já que eles iniciam seu processo em uma solução possível e na continuidade do território, pois as alterações normalmente são efetuadas nas vizinhanças dos territórios. Os casos de Deckro (1977) e Howick (1990) são bons exemplos dessa aplicação.

Por outro lado, os modelos heurísticos muitas vezes não respeitam a acessibilidade geográfica, visto que são testadas as PUCs de cada território diversas vezes, e consequentemente as medidas de distâncias. Tais problemas podem ser vistos nos modelos de Easingwood (1973) e Deckro (1977).

3.5.2.3 MODELOS DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

Os modelos de programação matemática são aqueles baseados em variáveis quantificáveis, algoritmos matemáticos, e podem utilizar diversas teorias matemáticas para sua implementação.

Zoltners e Sinha (1983) identificam dois tipos principais de modelos matemáticos:

- Modelos de Particionamento;
- Modelos de distribuição de PUCs.

Os modelos de particionamento são descritos como complexos e computacionalmente ineficientes (SHANKER, TURNER e ZOLTNERS, 1975). Já os modelos de distribuição de PUCs são mais simples e eficientes, geralmente, utilizam programação binária para sua definição.

Os modelos de programação matemática são descritos como os mais eficientes, já que conseguem se encaixar nas quatro propriedades de uma boa distribuição da força de vendas. No entanto, dependendo da sua sofisticação, tornam-se mais difíceis de ser implantados devido a não consideração de aspectos qualitativos e, além disso, muitas vezes vão consumir mais tempo para construção e aplicação.

4.2 ATRIBUTOS DE BALANCEAMENTO

Os atributos utilizados para balancear a distribuição das cidades entre os vendedores são a quantidade de clientes disponíveis em cada cidade e a distância a ser percorrida por cada vendedor, sendo a quantidade de clientes o critério preferencial. Foram escolhidos estes dois critérios com a finalidade de gerar maior eficiência dos vendedores em relação às visitas realizadas, uma vez que quão mais equilibrada for à quantidade de clientes e distância a ser percorrida, menor será o tempo necessário para cobrir a carteira total. Nas trinta cidades selecionadas, existem 356 clientes para serem distribuídos. Além disso, foi estipulado que o número máximo de clientes para um vendedor é 230 e o número mínimo é de 160 clientes.

4.3 ALGORITMO

O algoritmo matemático utilizado é uma adaptação do proposto por Zoltners e Sinha (1983). Trata-se da otimização da quantidade de clientes pela distância, considerando um limite máximo e mínimo de clientes por vendedor e limitando que cada unidade de cobertura só pode ser atribuída a um vendedor. O modelo matemático é descrito a seguir:

$$\text{Min. } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (w_j d_{ij}) x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a: } l_i \leq \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \leq u_i \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \text{ para } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ou } 1 \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

onde, m é o número de cidades, n é o número de vendedores, w é a quantidade de clientes por cidades, d é a distância entre as cidades, l é o limite mínimo de clientes, u é o limite máximo de clientes e x é o fator de escolha das cidades para os clientes.

A análise do balanceamento pode ser dividida em três fatores, análise da quantidade de clientes, análise da quantidade de cidades e análise da quantidade de clientes pela dispersão das unidades de cobertura no território.

Após encontrar as definições das cidades para os respectivos vendedores, é construído o circuito mais curto para cada vendedor. Este circuito é construído a partir do método heurístico do Vizinho Mais Próximo, que utiliza a menor distância entre a cidade

antecessora e a predecessora sucessivamente até finalizar todas as cidades do grupo selecionado.

4.4 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO

A contínua distribuição das unidades de cobertura (cidades) pelo algoritmo, a atribuição única, a consideração dos fatores geográficos e o balanceamento dos atributos, são as propriedades que caracterizaram uma boa distribuição (ZOLTNER; SINHA, 1983).

A figura 7 ilustra o resultado obtido a partir da aplicação do algoritmo.

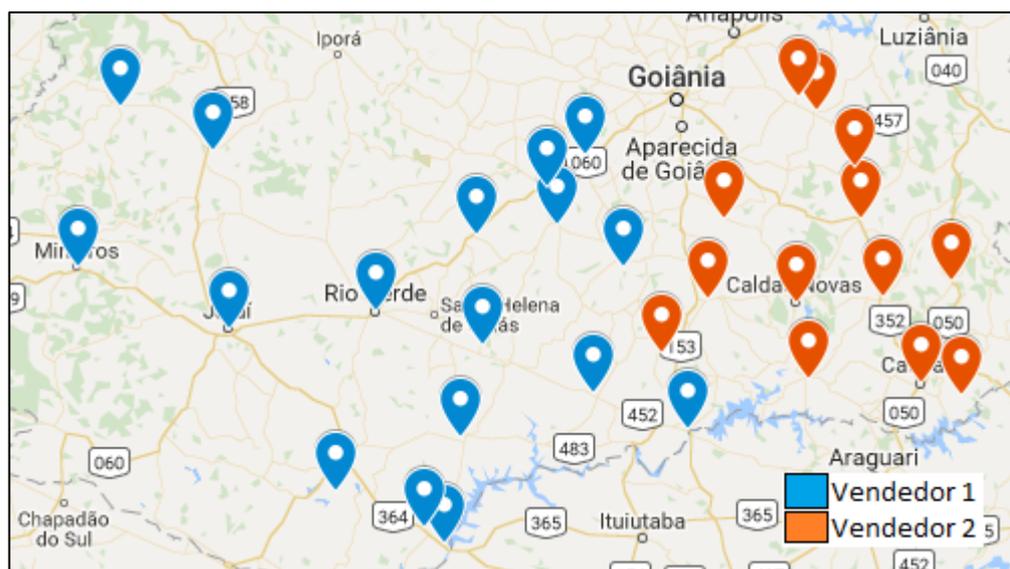


Figura 7 - Distribuição das Unidades de Cobertura
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

É possível verificar que foram formados dois conjuntos de cidades bem distintos. Sendo assim, destaca-se a continuidade construída pelo algoritmo. Outra propriedade que caracteriza uma boa distribuição também é verificada, a atribuição única das cidades para cada vendedor. Por fim, os fatores geográficos como montanhas, lagos, entre outros, também foram respeitados.

A última propriedade a ser analisada é o balanceamento dos atributos escolhidos. O Quadro 3 informa os valores dos atributos de balanceamento que são a quantidade de clientes e cidades distribuídas para cada vendedor.

Quadro 3- Atributos de Balanceamento

Indicadores	Vendedor 1	Vendedor 2
Quantidade Clientes	167	189
Quantidade de Cidades	17	13
Clientes por Cidade	9,82	14,53

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Conforme já mencionado, análise do balanceamento é dividida em: análise da quantidade de clientes, análise da quantidade de cidades e análise da quantidade de clientes pela dispersão das unidades de cobertura no território. Em relação à quantidade de clientes, os valores obtidos mostram equilíbrio entre os dois vendedores sendo a diferença entre os dois de 22 clientes, representando apenas 6% de diferença do total de clientes. O segundo fator é a quantidade de cidades, que também se mostra equilibrada, visto que a diferença entre os dois representa apenas 13,3% do total de cidades. Por fim, o vendedor dois apresenta uma concentração maior de clientes por cidade, o que pode ser explicado não só pela quantidade de clientes e cidades, mas também pelas distâncias entre as cidades. A figura 7 ilustra que a dispersão das unidades de cobertura no território do vendedor 1 são maiores que as do vendedor 2, assim, o tempo despendido pelo vendedor 1 em viagens é compensado pela menor concentração de clientes por cidade, já o vendedor dois apresenta maior concentração de clientes por cidade e menos tempos de viagens entre as cidades.

Portanto, o algoritmo conseguiu atingir o resultado esperado de uma boa distribuição, visto que atende às quatro propriedades: continuidade, atribuição única, fator geográfico e balanceamento dos atributos de maneira satisfatória. A partir da distribuição das carteiras obtidas pelo algoritmo, os tomadores de decisão serão capazes de realizar análises qualitativas e alterar a distribuição das cidades, visando assim à maior eficiência da força de vendas.

4.5 ANÁLISE DO CIRCUITO

Os circuitos foram construídos a partir da distribuição das unidades de cobertura, utilizando o método do Vizinho Mais Próximo, que a partir da cidade inicial se baseia no menor caminho a ser percorrido para o próximo ponto para inserir uma nova cidade até

acabarem todos os elementos do conjunto. As figuras 8 e 9 ilustram os circuitos dos vendedores 1 e 2, respectivamente.

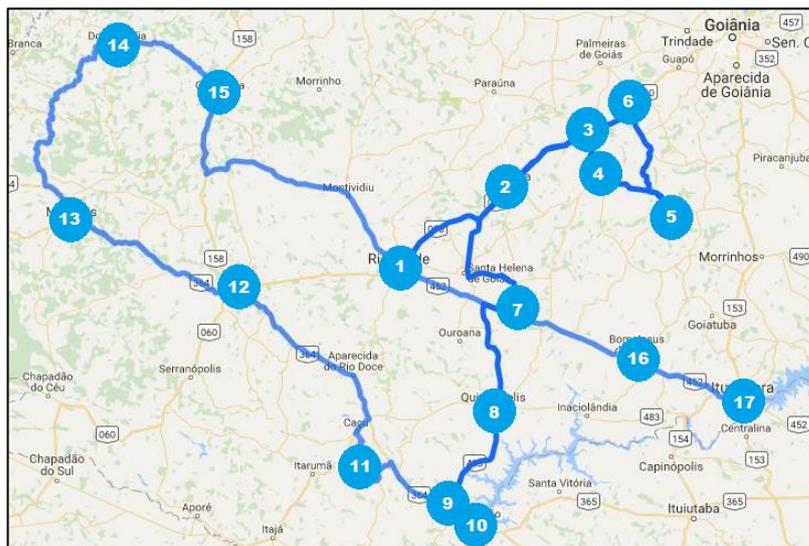


Figura 8 - Circuito Vendedor 1
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O circuito encontrado para o vendedor 1 apesar de seguir sempre o caminho mais curto para a cidade seguinte não apresenta a melhor forma de roteirizar as unidades de cobertura. Realizando uma análise qualitativa do circuito é possível perceber diversos cruzamentos, idas e voltas desnecessárias. Assim, a rota elaborada para o vendedor 1 ainda precisa de ajustes para melhorar a eficiência do vendedor e reduzir os custos de viagens.

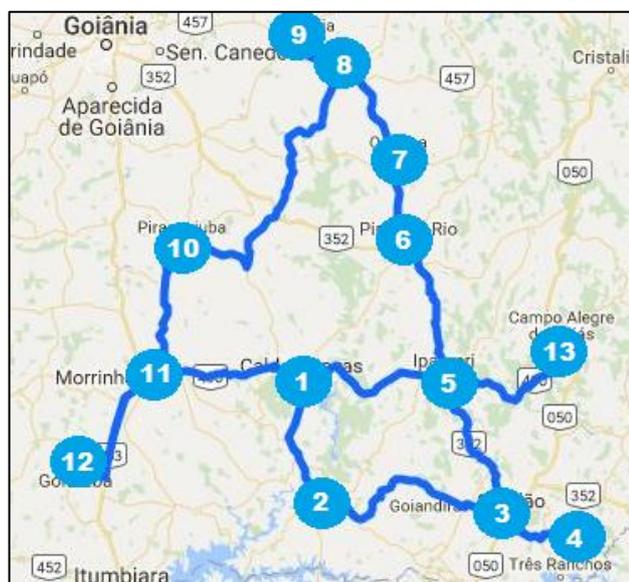


Figura 9 - Circuito Vendedor 2
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Utilizando a mesma linha de raciocínio do vendedor um para o circuito do segundo também é possível verificar cruzamentos que prejudicam a qualidade da rota.

A tabela 4 informa a distância total dos circuitos de cada vendedor.

Quadro 4 - Distâncias Totais Circuitos

	Circuito vendedor 1	Circuito vendedor 2
Distância Total (Km)	1809	967

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Comparando os circuitos dos dois vendedores encontra-se uma discrepância muito grande em relação à distância total a ser percorrida. O circuito do vendedor um é aproximadamente 47% maior que o circuito do vendedor 2, mostrando assim um desequilíbrio nas distâncias percorridas pelos vendedores. Apesar disto, os resultados do Quadro 3 sugerem uma distribuição adequada das cidades e dos clientes com relação aos vendedores.

Como dito acima, apesar dos resultados do Quadro 3 serem bem satisfatórios observa-se pelas Figuras 8 e 9 que melhorias quanto ao trajeto dos vendedores ainda são possíveis.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho implantou um modelo matemático para a distribuição de uma carteira de 356 clientes para uma força de vendas de 2 vendedores, balanceando os atributos quantidade de clientes e número de cidades e construção de rotas para cada um dos vendedores de acordo com a respectiva carteira elaborada.

O modelo foi implantado no software MatLab®, rodado num computador com sistema operacional 64 bits, processador com 2,27 GHz e memória RAM de 4,00 GB e levou em torno de 0,5 a 1 minuto para atingir o resultado final.

O estudo mostrou que é possível aplicar modelos matemáticos capazes de otimizar a distribuição das carteiras de vendas em determinado território levando em consideração espaços geográficos, continuidade de território, balanceamento de atributos e unicidade de responsabilidade. Tal fato é comprovado visto que os resultados apresentados se encaixam na definição de boa distribuição definida por Zoltners e Sinha (1983), ou seja, o modelo conseguiu atingir as quatro propriedades de maneira satisfatória. Além disso, é importante ressaltar que mais atributos poderiam ter sido inseridos no sistema bastando apenas que estes sejam quantificáveis. Portanto, os resultados obtidos pelo modelo são capazes de garantir aos tomadores de decisão uma excelente gama de informações que poderão ser avaliadas qualitativamente para então, após o processo decisório, serem implementadas no mundo real.

Por outro lado, em relação à elaboração das rotas dos vendedores não é possível dizer que foi obtido a melhor solução visto que através da análise qualitativa dos roteiros é possível verificar possibilidades de melhoria. Portanto, o resultado obtido pode ser considerado uma primeira visão de como poderiam ser definidas as rotas dos vendedores, servindo de suporte para a definição da melhor rota, esta para ser encontrada deve passar por processos mais robustos de melhoria de rotas.

Os resultados apresentados corroboram então com os resultados apresentados por Zoltners e Sinha (1983), em relação à aplicação de modelos matemáticas para criação de distribuições de território. Além disso, através da boa distribuição dos vendedores, é capaz de melhorar os custos relacionados à força de vendas e, conseqüentemente, conforme afirmado por Cobra (1994), melhorar os volumes e rentabilidade de vendas.

O trabalho se limitou a utilização dos atributos quantidades de clientes, número de cidades e distâncias percorridas para realização da distribuição. Para trabalhos futuros, sugere-se aumentar o número de atributos, utilizando potenciais de volume, potenciais de prospecção e até consideração da movimentação da concorrência no modelo.

Além disso, é proposta para trabalhos futuros a utilização de outro método de roteirização para elaboração das rotas, por exemplo, o método heurístico de Clarke e Wright e outros métodos propostos por (NOVAES, 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTER, L. S. How effective managers use information systems. **Harvard Business Review**, Boston, 1976. v 54. n2. 97 - 104.

APPLEGATE, D. L. et al. **The Traveling Salesman Problem**. Princeton: Princeton University Press, 2007.

BELLMORE, M.; NEMHAUSER, G. L. The traveling salesman problem: a survey. **Operations Research**, 1968. Vol. 16. 538 - 558.

CAMPBELL, J. **Understanding information systems: foundations for control**. Cambridge: Winthrop Publishers, 1977.

CAMPELLO, R. E.; MACULAN, N. **Algoritmos e Heurísticas: Desenvolvimento e Avaliação de Performance**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1994.

CHURCHILL JR, G. A.; PETER, J. P. **Marketing: criando valor para o cliente**. São Paulo: Saraiva, 2007.

COBRA, M. **Administração de marketing**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

CROWDER, H.; JOHNSON, E. L.; PADBERG, M. W. Solving Large Scale Zero One Linear. In: _____ **Operational Research**. [S.l.]: [s.n.], v. 31, 1983. p. 808 - 834.

DECKRO, R. F. Multiple objective districting: A general heuristic approach using multiple criteria. **Operational Research Quarterly**, 1977. 28/4 (Part II) 953 - 961.

DIAS, S. R. et al. **Gestão de Marketing**. São Paulo: Saraiva, 2006.

EASINGWOOD, C. A heuristic approach to selecting sales regions and territories. **Operational Research Quarterly**, 1973. 24/4 527 - 534.

ELLON, S. et al. Encyclopedia Britannica. Disponível em: <<https://global.britannica.com/topic/operations-research#ref22348>>. Acesso em: 25 out. 2016.

FREITAS, H. et al. **Informações e Decisão: Sistemas de apoio e seu impacto**. Porto Alegre: Atlas, 1997.

GAVETT, J. W. Three heuristic rules for sequencing jobs to a single production. **Management Science**, Vol. 11B, 1965. 166 - 176.

GERHARDT, T.; SILVEIRA, D. **Métodos de Pesquisa**. 1ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HESS, S. W.; SAMUELS, S. A. Experiences with a sales districting model: Criteria and implementation. **Management Science** , 1971. 18/4 41 - 54.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN , G. J. **Introduction to operations Research**. 9ª. ed. New York: McGraw Hill, 2013.

HOWICK, R. S. **A multi-stage framework to analyse sales force deployment decisions**. University of Lancaster. Lancaster. 1990.

HOWICK, R. S.; PIDD, M. Sales force deployment models. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, 1990. (48) 294-310.

KOTLER, P. **Administração de marketing**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 10ª edição. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KURZ, M. E. Heuristics for the Traveling Salesman Problem. **Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science**, 2011.

LAND, A. H.; DOIG, A. G. An automatic method for solving discrete programming. **Econometrica** 28, 1960. 497 - 520.

MACIEL, J. **Elementos de teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1974.

MANTRALA, M. K. et al. Sales force modeling: State of the field and research agenda. **Marketing Letters**, Setembro 2010. 255-272.

MASON, R.; MITROFF, I. I. A program for research on management information systems. **Management science**, Providence, 1973. 475 - 487.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MOREIRA, J. C. T. et al. **Administração de vendas**. 1ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

NICHOLSON. Optimization Techniques. In: NICHOLSON **Optimization in Industry**. London: Longman Press, v. I, 1971. Cap. 10.

NILSSON, N. J. **Principals of artificial intelligence**. New York: Birkhauser, 1982.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. Rio de Janeiro : Campus, 2006.

PEARCE, J. A.; FREEMAN, E. B.; ROBINSON, R. B. The tenuous link between formal strategic planning and financial performance. **The academy management review**, Oct 1987. v. 12. n. 4. 658 - 675.

PORTER, M. **Estratégia Competitiva – Técnicas para Análise de Indústrias e de Concorrência**. 18ª Edição. ed. São Paulo - SP: Campus, 1986.

SHANKER, R. J.; TURNER, R. E.; ZOLTNERS, A. A. Sales territory design: An integrated approach. **Management Science**, 1975. 22/3 309-230.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOLOMON, M. M. Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems. **Operations Research**, 1987. Vol. 35. 254 - 265.

TARTUCE, T. J. A. **Métodos de Pesquisa**. Fortaleza: UNICE - Ensino Superior, 2006.

ZOLTNERS, A. A. A unified approach to sales territory alignment. **Sales Management: New Developments from Behavioral and Decision Model Research**, Cambridge, MA, 1979. 360-376.

ZOLTNERS, A. A.; SINHA, P. Sales Territory Alignment: A Review and Model. **Management Science**, Maryland, 1983. 29(11):1237-1256.

APÊNDICE

		Pág.
Apêndice I	Quadro de Número de Clientes por Cidade	44
Apêndice II	Quadro de Distâncias de Cidades Origens a Destinos	45
Apêndice III	Quadro de Distâncias Entre Destinos – Parte I	46
Apêndice IV	Quadro de Distâncias Entre Destinos – Parte II	47
Apêndice V	Quadro de Distâncias Entre Destinos – Parte III	48
Apêndice VI	Quadro de Resultados da Distribuição	49
Apêndice VII	Quadro da Rota do Vendedor 1	50
Apêndice VIII	Quadro da Rota do Vendedor 2	51
Apêndice IX	Algoritmo Matemático	52

APÊNDICE I: Quadro de Número de Clientes por Cidade

Cidade	Nrº Clientes
Caldas Novas	46
Catalão	42
Rio Verde	32
Pires do Rio	20
Itumbiara	18
Jatai	18
Morrinhos	15
Piracanjuba	12
Mineiros	11
Orizona	10
Goiatuba	9
Vianópolis	9
Edéia	8
São Simão	8
Pontalina	8
Caiapônia	8
Caçu	8
Doverlândia	8
Bom Jesus de Goiás	6
Indiara	6
Silvânia	6
Cezarina	6
Quirinópolis	6
Acreuna	6
Maurilândia	5
Campo Alegre de Goiás	5
Ipameri	5
Corumbaíba	5
Ouvidor	5
Paranaiguara	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

APÊNDICE II: Quadro de Distâncias de Cidades Origens a Destinos

	Distância (Km)	Cidades Origem	
		Rio Verde	Caldas Novas
Cidades Destino	Caldas Novas	319	0
	Catalão	407	133
	Rio Verde	0	319
	Pires do Rio	381	68
	Itumbiara	199	130
	Jataí	91	407
	Morrinhos	259	59
	Piracanjuba	271	79
	Mineiros	196	513
	Orizona	375	101
	Goiatuba	205	113
	Vianópolis	333	145
	Edéia	157	174
	São Simão	178	360
	Pontalina	210	129
	Caiapônia	207	499
	Caçu	127	386
	Doverlândia	271	563
	Bom Jesus de Goiás	137	182
	Indiara	133	200
	Silvânia	323	160
	Cezarina	166	200
	Quirinópolis	112	283
	Acreuna	81	242
	Maurilândia	87	255
	Campo Alegre de Goiás	432	117
	Ipameri	376	61
	Corumbaíba	326	52
	Ouvidor	440	166
	Paranaiguara	164	343

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

APÊNDICE III: Quadro de Distâncias Entre Destinos – Parte I

Distância Entre Destinos	Caldas Novas	Catalão	Rio Verde	Pires do Rio	Itumbiara	Jataí	Morrinhos	Piracanjuba	Mineiros	Orizona
Caldas Novas	999	133	319	68	130	407	58	79	513	101
Catalão	133	999	407	114	208	499	175	195	603	148
Rio Verde	407	407	999	381	199	90	259	270	196	376
Pires do Rio	68	114	381	999	208	471	121	102	577	34
Itumbiara	130	208	199	208	999	290	87	175	396	280
Jataí	407	499	90	471	290	999	349	360	109	465
Morrinhos	58	175	259	121	87	349	999	55	455	193
Piracanjuba	79	195	270	102	175	360	55	999	470	134
Mineiros	513	603	196	577	396	109	455	470	999	571
Orizona	101	148	376	34	280	465	193	134	571	999
Goiatuba	113	210	205	176	55	295	55	143	400	248
Vianópolis	157	183	346	69	277	435	191	132	541	36
Edéia	174	291	157	259	193	247	116	157	352	261
São Simão	360	365	178	439	234	199	317	406	295	473
Pontalina	129	246	210	214	148	229	71	112	405	246
Caiapônia	499	589	207	486	406	117	440	424	175	472
Caçu	386	454	127	508	254	148	327	400	244	492
Doverlândia	591	682	300	578	499	210	533	516	124	565
Bom Jesus de Goiás	182	273	137	245	64	227	124	212	332	317
Indiara	200	316	132	251	219	222	141	144	328	236
Silvânia	160	209	323	95	280	413	194	135	519	62
Cezarina	203	335	166	221	221	255	144	122	361	205
Quirinópolis	283	355	112	346	151	201	224	313	282	380
Acreuna	242	358	81	304	227	170	184	197	276	289
Maurilândia	255	347	87	318	138	176	197	285	282	352
Campo Alegre de Goiás	117	73	432	110	260	522	173	194	627	144
Ipanneri	61	62	376	52	203	465	117	137	571	86
Corumbaitaba	52	85	326	122	124	415	110	130	521	156
Ouvidor	153	34	440	148	239	530	209	229	635	181
Paranaíguara	343	380	164	406	211	184	284	373	281	440

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

APÊNDICE IV: Quadro de Distâncias Entre Destinos – Parte II

Distância Entre Destinos	Goiatuba	Vianópolis	Edéia	São Simão	Pontalina	Catapônia	Cacú	Doverlândia	Bom Jesus de Goiás	Indiara	Silvânia	Cezarina
Caldas Novas	113	157	174	360	129	499	386	591	182	200	160	203
Catalão	210	183	291	365	246	589	454	682	273	316	209	335
Rio Verde	205	346	157	178	210	207	127	300	137	132	323	166
Pires do Rio	176	69	259	439	214	486	508	578	245	251	95	221
Itumbiara	55	277	193	234	148	406	254	499	64	219	280	221
Jataí	295	435	247	199	229	117	148	210	227	222	413	255
Morrinhos	55	191	116	317	71	440	327	533	124	141	194	144
Piracanjuba	143	132	157	406	112	424	400	516	212	144	135	122
Mineiros	400	541	352	295	405	175	244	124	332	328	519	361
Orizona	248	36	261	473	246	472	492	565	317	236	62	205
Goiatuba	999	245	125	285	116	411	266	504	70	150	248	189
Vianópolis	245	999	231	508	244	442	462	535	314	206	32	175
Edéia	125	231	999	259	53	339	284	432	145	26	218	60
São Simão	285	508	259	999	310	312	90	404	225	267	458	300
Pontalina	116	244	53	310	999	392	337	485	118	79	223	82
Catapônia	411	442	339	312	392	999	265	99	343	339	420	372
Cacú	266	462	284	90	337	265	999	354	260	255	446	289
Doverlândia	504	535	432	404	485	99	354	999	436	431	513	465
Bom Jesus de Goiás	70	314	145	225	118	343	260	436	999	166	317	200
Indiara	150	206	26	267	79	339	255	431	999	999	192	34
Silvânia	248	32	218	458	223	420	446	513	317	192	999	153
Cezarina	189	175	60	300	82	372	289	465	200	34	153	999
Quirinópolis	163	395	182	82	235	318	102	411	149	192	373	225
Acreuna	232	259	81	215	133	287	203	351	164	55	237	88
Maurilândia	185	355	104	149	156	293	210	357	75	151	333	184
Campo Alegre de Goiás	228	179	289	437	244	595	526	659	296	315	206	331
Ipaneri	171	121	233	427	188	537	443	601	240	258	147	272
Corumbáiba	129	208	225	357	181	507	374	571	190	251	211	251
Ouvidor	244	216	324	395	280	621	484	685	305	350	243	368
Paranaçuara	223	457	244	16	297	301	77	394	211	254	435	286

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

APÊNDICE V: Quadro de Distâncias Entre Destinos – Parte III

Distância Entre Destinos	Quirinópolis	Acreuna	Maurilândia	Campo Alegre de Goiás	Ipameri	Corumbaita	Ouvidor	Paranaiguara
Caldas Novas	283	242	255	117	61	52	153	343
Catalão	355	358	347	73	62	85	34	380
Rio Verde	112	81	87	432	376	326	440	164
Pires do Rio	346	304	318	110	52	122	148	406
Itumbara	151	227	138	260	203	124	239	211
Jatai	201	170	176	522	465	415	530	184
Morrinhos	224	184	197	173	117	110	209	284
Piracanjuba	313	197	285	194	137	130	229	373
Mineiros	282	276	282	627	571	521	635	281
Orizona	380	289	352	144	86	156	181	440
Goiatuba	163	232	185	228	171	129	244	223
Vianópolis	395	259	355	179	121	208	216	457
Edéia	182	81	104	289	233	225	324	244
São Simão	82	215	149	437	427	357	395	16
Pontalina	235	133	156	244	188	181	280	297
Caiapônia	318	287	293	595	537	507	621	301
Caçu	102	203	210	526	443	374	484	77
Doverlândia	411	351	357	659	601	571	685	394
Bom Jesus de Goiás	149	164	75	296	240	190	305	211
Indiara	192	55	151	315	258	251	350	254
Silvânia	373	237	333	206	147	211	243	435
Cezarina	225	88	184	331	272	251	368	286
Quirinópolis	999	139	73	396	339	270	384	68
Acreuna	139	999	99	368	311	304	403	201
Maurilândia	73	99	999	370	313	263	378	125
Campo Alegre de Goiás	396	368	370	999	71	171	101	451
Ipameri	339	311	313	71	999	111	95	400
Corumbaita	270	304	263	171	111	999	117	365
Ouvidor	384	403	378	101	95	117	999	410
Paranaiguara	68	201	125	451	400	365	410	999

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

APÊNDICE VI: Quadro de Resultados da Distribuição

Resultado Distribuição	Vendedor 1	Vendedor 2
Caldas Novas	0	1
Catalão	0	1
Rio Verde	1	0
Pires do Rio	0	1
Itumbiara	1	0
Jataí	1	0
Morrinhos	0	1
Piracanjuba	0	1
Mineiros	1	0
Orizona	0	1
Goiatuba	0	1
Vianópolis	0	1
Edéia	1	0
São Simão	1	0
Pontalina	1	0
Caiapônia	1	0
Caçu	1	0
Doverlândia	1	0
Bom Jesus de Goiás	1	0
Indiara	1	0
Silvânia	0	1
Cezarina	1	0
Quirinópolis	1	0
Acreuna	1	0
Maurilândia	1	0
Campo Alegre de Goiás	0	1
Ipameri	0	1
Corumbaíba	0	1
Ouvidor	0	1
Paranaiguara	1	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

APÊNDICE VII: Quadro da Rota do Vendedor 1

Rota Vendedor 1		
Ordem	Cidade	Distância Próxima Cidade
1	Rio Verde	81
2	Acreúna	55
3	Indiara	26
4	Edéia	53
5	Pontalina	82
6	Cezarina	184
7	Maurilândia	73
8	Quirinópolis	68
9	Paranaiguara	16
10	São Simão	90
11	Caçu	148
12	Jataí	109
13	Mineiros	124
14	Doverlândia	99
15	Caiapônia	343
16	Bom Jesus de Goiás	64
17	Itumbiara	194
	Total	1809

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

APÊNDICE VIII: Quadro da Rota do Vendedor 2

Rota Vendedor 2		
Ordem	Cidade	Distância Próxima Cidade
1	Caldas Novas	52
2	Corumbaíba	85
3	Catalão	34
4	Ouvidor	95
5	Ipameri	52
6	Pires do Rio	34
7	Orizona	36
8	Vianópolis	32
9	Silvânia	135
10	Piracanjuba	55
11	Morrinhos	55
12	Goiatuba	228
13	Campo Alegre de Goiás	74
	Total	967

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

APÊNDICE IX: Algoritmo Matemático

```
%Minimização da função objetiva para obtenção da distribuição ótima
x = intlinprog(f,intcon,A,b,Aeq,beq,lb,ub)

% Nesta etapa é construída a matriz de cidade por vendedor a partir do
% resultado obtido pela distribuição ótima
[m1,n1]=size(d_sites);
[m,n]=size(x);
m=m/m1;
n =n*m1;
aux_k=m*n;
num_site=1;
mult_k=1;
j=1;

for k=1:aux_k
    if x(k)>0
        if k > mult_k*m
            num_site=num_site+1;
            j=1;
            cliente_site(j,num_site)=k-(num_site-1)*m;
            j=j+1;
        end;
        if k<=mult_k*m
            cliente_site(j,num_site)=k-(num_site-1)*m;
            j=j+1;
        else
            mult_k=mult_k+1;
        end;
    end;
end;

cliente_site

%Nesta etapa são criadas as rotas de cada vendedor a partir do método
%Heurístico do Vizinho Mais Próximo.
d_clientes_aux = d_clientes;
[num_cliente,num_site]=size(cliente_site);
j=1;
[sites,clients]=size(d_sites);
cliente_site_aux=cliente_site;
count=1;
for i=1:num_site
    l=1;
    [dist_min,j]=min(d_sites(i,:));
    soma_aux=sum(cliente_site_aux(:,i));
    while soma_aux~=0
        for k=1:num_cliente
            if cliente_site_aux(k,i)~=0
                if cliente_site(k,i)==j
                    caminho_matriz(i,l)=j;
                    l=l+1;
                    d_clientes(:, [j])=[999];
                    cliente_site_aux(k,i)=0;
                    [dist_min,j1]=min(d_clientes(j,:));
                end
            end
        end
    end
end
```

```

[a1,b1]=find(cliente_site_aux==j1);
d_clientes_aux=d_clientes;
soma_aux=sum(cliente_site_aux(:,i));
while b1~i
    d_clientes_aux(:, [j1])=[999];
    [dist_min,j1]=min(d_clientes_aux(j,:));
    [a1,b1]=find(cliente_site_aux==j1);
    if soma_aux==0;
        b1=i;
        k=num_cliente;
    end;
end;
j=j1;
end;
end;
end;

caminho_matriz

end

```