

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**Abordagens de Otimização para apoiar a Elaboração e
Análise de Roteiros Turísticos**

Admilson Alcantara da Silva

São Carlos - SP

2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**Abordagens de Otimização para apoiar a Elaboração e
Análise de Roteiros Turísticos**

Admilson Alcantara da Silva

Tese apresentada ao Departamento de Engenharia de
Produção da Universidade Federal de São Carlos,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Morabito.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a. Vitória Pureza.

São Carlos - SP

Junho/2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Admilson Alcantara da Silva, realizada em 13/06/2017:

Prof. Dr. Reinaldo Morabito Neto
UFSCar

Profa. Dra. Vitoria Maria Miranda Pureza
UFSCar

Prof. Dr. Roberto Antonio Martins
UFSCar

Prof. Dr. Henrique Pacca Loureiro Luha
UFAL

Prof. Dr. Maristela Oliveira dos Santos
USP

Prof. Dr. Mario Otavio Batalha
UFSCar

DEDICATÓRIA

À ANDREIA e VANESSA

Companheiras que sempre acreditaram na
conclusão desta etapa de minha vida.

A ANTÔNIO REIS (*in memoriam*) e SHIRLEY REIS

Que me incentivaram a ingressar na
universidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me amparou nos momentos mais difíceis de minha vida e me concedeu a graça de concluir mais uma etapa de minha formação acadêmica.

À minha família, em especial ao meu pai (Armando Chaves), minha mãe (Alzira de Carvalho), ao Seu Lusilânio Ximenes e a minha irmã Shirley Reis, pelo apoio e incentivo.

À família Lima da Silva, em especial aos meus amigos Ronaldo, Reginaldo e Dra. Maria Lima.

Aos meus amigos e orientadores, profs. Reinaldo Morabito Neto e Vitória Maria Miranda Pureza, por elucidarem todas as dúvidas que surgiram no decorrer deste trabalho de pesquisa, pela cumplicidade, paciência, dedicação e interesse.

À minha banca de qualificação, os profs. Henrique Pacca Loureiro Luna, Roberto Antonio Martins e Mário Otávio Batalha, pela colaboração.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa Operacional – GPO/PPGEP/UFSCar (Aline Martins, Amélia Stanzani, Mateus Martins, Karim Perez, Pedro Luis, Gabi Furtado, Jonathan Vega, Alfredo Arteaga, Juan Poveda, Aldair Álvarez, Cezar Alvares, Pedro José, Cleber Rocco, Tamara Baldo e ao seu namorado João), pelo grande auxílio e força.

Ao grupo Dinter/ UEPA, em especial aos meus amigos Fabrício Martins da Costa, Dinaldo Silva, Leila de Fátima, Mariana Carneiro e Fábria Maria, pela cumplicidade e apoio.

À Universidade do Estado do Pará (Depto. de Matemática e Coordenação do DINTER), em especial ao prof. Hélio Ferreira, pela visão, força, coragem, amizade, cumplicidade e confiança.

Ao Departamento de Engenharia de Produção da UFSCar (professores, coordenadores do Programa de Pós-Graduação e à CPG-EP), pela dedicação, credibilidade e sensibilidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro destinado a este trabalho.

À Secretaria de Estado do Turismo do Pará, em especial ao sec. Adenauer Góes, profa. Rosa Carvalho, Sra. Fátima Gonçalves, Msc. João Hufnner, técnicos da Coordenadoria de Estudos, Pesquisas, Estatísticas e Informação – CEPI/SETUR PA, pela credibilidade e apoio institucional.

Ao Grupo de Pesquisa de Geografia de Turismo (GGEOTUR) da Faculdade de Geografia e Cartografia da Universidade Federal do Pará, em especial a profa. Maria Goretti da Costa Tavares, pela viabilização da pesquisa de campo.

Ao Sindicato de Guias de Turismo do Pará (SINGTUR PA), em especial, ao guia de turismo Marco Romero, pelo apoio na da pesquisa de campo.

RESUMO

Considerando as políticas de turismo e seus reflexos na elaboração de roteiros turísticos, é importante levar em conta na elaboração desses roteiros o contexto em que os itinerários são formados, a similaridade dos locais e municípios. Sob essa ótica, os roteiros de turismo têm muito a contribuir para estimular na descoberta de novas regiões para o turismo, beneficiando a comunidade local, visitantes e todos os organismos envolvidos diretamente com a atividade turística. Nesta tese, propõe-se uma nova abordagem, baseada em programação matemática e heurística, para apoiar decisões de elaboração e formatação de roteiros turísticos, considerando o perfil do visitante, o planejamento da viagem, as preferências dos visitantes e os atrativos da natureza. São também levados em conta outros parâmetros como custos, distâncias e valorização das atrações (museus, igrejas, feiras etc.). A abordagem proposta define roteiros turísticos pela resolução de modelos matemáticos tanto por meio de técnicas de programação matemática como pela aplicação de um algoritmo de busca tabu, com vistas a maximizar a satisfação do cliente e minimizar custos envolvidos. Para avaliar o potencial da abordagem na prática, ela é aplicada para construir roteiros em um caso real dos pontos turísticos da Cidade de Belém no Estado do Pará. Para representar adequadamente o presente problema, no processo de modelagem de otimização são empregadas as variantes dos chamados problemas do caixeiro viajante com coleta de prêmios (TSPCP) e com prêmios de prioridade (TSPCPP). Não se tem conhecimento de outros trabalhos na literatura pesquisada que estudaram e propuseram abordagens de otimização de roteiros turísticos na linha de pesquisa aqui investigada. Neste estudo, também são aplicadas algumas técnicas estatísticas para preparação e análise dos dados coletados na Cidade de Belém, tal como a análise do tipo análise de correspondência, importantes para a definição e análise do problema e preparação dos parâmetros requeridos nos modelos de otimização e na meta-heurística de busca tabu. Os resultados mostram como os roteiros podem ser otimizados, evidenciando o potencial da abordagem para reduzir custos operacionais dos roteiros, assim como para maximizar o nível de valorização dos serviços oferecidos ao turista. E contribuem também para fomentar o fortalecimento da identidade regional e podem ajudar a consolidar roteiros turísticos mais satisfatórios e competitivos no mercado de turismo, bem como a ampliação e diversificação da oferta turística.

Palavras-chave: Otimização de Roteiros Turísticos. Problema do Caixeiro Viajante com Coleta de Prêmios. Problema do Caixeiro Viajante com Prêmios de Prioridade. Busca Tabu. Análise Estatística Multivariada.

ABSTRACT

Considering the tourism policies and their effects in touristic routes, it is important to consider the context in which those routes formed during the development of these itineraries and to take into account similar characteristics of locations and municipalities. In this view, the touristic routes could encourage the discovery of new tourism regions to benefit the local communities, visitors and all organizations directly involved in touristic activity. In this work, we propose a new method based on mathematical programming to support the elaboration and formatting of touristic itineraries considering variables such as profile of visitors, planning of the trip, visitor preferences and nature attractive. Other parameters are also considered such as costs, distances, equipment valuation (museums, churches, fairs and others), services provided to tourists. We also regard several regions available for visits, the various segments of tourism, the various tourists profile and the variation cost/time throughout the seasons/periods of the year. In this proposed method, we apply mathematical models and optimization techniques to maximize the customer's satisfaction and minimize the costs involved on the touristic routes. To evaluate the potential of the proposed method in practice, it applied in a case study to build routes in the touristic sights of the City of Belém, State of Pará. For the problems modelling and optimization, we used approaches based on the Prize-Collecting Traveling Salesman Problem (PCTSP) and the Traveling Salesman Problem with Priority Prizes (TSPPP) in order to represent appropriately the problem. We are not aware of other works in literature that studied and proposed optimization methods of touristic routes in this research line. In this study, we applied some statistical techniques for the preparation and analysis of data, such as correspondence analysis type and other important techniques to definition and evaluation of the problem and preparation of parameters required by the optimization models. The results showed how the routes could be optimized highlighting the potential of the proposed method to reduce operating costs as well as to maximize the level of the valuation of services offered to tourists. They also contribute to the strengthening of the regional identity and can help to consolidate more satisfactory and competitive tourist itineraries in the tourism market, as well as the expansion and diversification of tourism.

Key words: Optimization of Touristic Routers. Prize-Collecting Traveling Salesman Problem. Traveling Salesman Problem with Priority Prizes. Tabu Search. Multivariate Statistical Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Definição de roteiro e rota turística.....	25
Figura 2.2. Passos para a Roteirização Turística.....	24
Figura 2.3. Problema do caixeiro viajante.....	27
Figura 2.4. Solução com subciclos.....	28
Figura 2.5. Roteiro ótimo.....	28
Figura 2.6. Mapa de Percepções.....	39
Figura 3.1. Deslocamento do nó 1 (hotel) para o nó 2 (estação das docas), formando o arco (1,2).....	42
Figura 3.2. Pontos turísticos de Belém.....	47
Figura 3.3. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 1.....	49
Figura 3.4. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 2.....	50
Figura 3.5. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 3.....	52
Figura 3.6. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 4.....	54
Figura 4.1. Mecanismo de intensificação/diversificação.....	57
Figura 5.1. Faixa etária dos visitantes que participaram do <i>City tour</i>	67
Figura 5.2. Sexo dos visitantes que participaram do <i>City tour</i>	67
Figura 5.3. Renda dos visitantes que participaram do <i>City tour</i>	68
Figura 5.4. Nível de instrução dos que participaram do <i>City tour</i>	68
Figura 5.5. Motivo da viagem dos que participaram do <i>City tour</i>	69
Figura 5.6. Meio de hospedagem dos que participaram do <i>City tour</i>	69
Figura 5.7. Se mudaria a rota do <i>city tour</i> que participou.....	76
Figura 5.8. Se pagaria para mudar a ordem do <i>city tour</i> que participou.....	77
Figura 5.9. Análise de correspondência - AC das variáveis Estados de residência versus conceitos.....	82
Figura 5.10. AC da variável faixa etária versus conceitos.....	83
Figura 5.11. AC da variável sexo versus conceitos.....	84
Figura 5.12. AC da variável renda versus conceitos.....	85
Figura 5.13. AC da variável escolaridade versus conceitos.....	86
Figura 5.14. AC da variável motivo da viagem versus conceitos.....	87
Figura 5.15. AC das variáveis tipo de hospedagem versus conceitos.....	88
Figura 5.16. AC múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos.....	90
Figura 5.17. AC múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos.....	91

Figura 5.18. AC múltipla das variáveis motivo da viagem, escolaridade e conceitos.....	92
Figura 5.19. AC múltipla das variáveis Estado de residência, tipo de hospedagem e conceitos.....	93
Figura 5.20. AC múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes.....	94
Figura 5.21. AC múltipla das variáveis motivo da viagem, escolaridade e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes.....	95
Figura 5.22. AC múltipla das variáveis Estado de residência, tipo de hospedagem e conceitos com menores valores atribuídos pelos visitantes.....	96
Figura 5.23. AC das variáveis faixas etárias versus mudança de rota.....	98
Figura 5.24. AC das variáveis sexo versus mudança de rota.....	99
Figura 5.25. AC das variáveis renda versus mudança de rota.....	100
Figura 5.26. AC das variáveis escolaridade versus mudança de rota.....	101
Figura 5.27. AC das variáveis motivo da viagem versus mudança de rota.....	102
Figura 5.28. AC das variáveis tipo de hospedagem versus mudança de rota.....	103
Figura 6.1. Exemplo ilustrativo de rota proposta por agências de turismo local.....	109
Figura 6.2. Exemplo ilustrativo de rota proposta com intuito de atender a maior parte dos visitantes.....	110
Figura 6.3. Pontos Turísticos de Belém do Pará.....	122
Figura 6.4. Rota turística R, sem considerar os prêmios atribuídos pelos turistas.....	122
Figura 6.5. Novo percurso da rota turística R, considerando os custos e considerando os prêmios de visita atribuídos pelos turistas.....	123
Figura 6.6. Percurso da rota turística do exemplo 2, considerando os custos, considerando os prêmios de visita atribuídos pelos turistas e o prêmio de prioridade devido a ordem de visita aos pontos turísticos.....	124
Figura 6.7. Percurso da rota turística do exemplo 4, considerando os custos, considerando os prêmios de visita atribuídos pelos turistas do sexo feminino.....	128
Figura 6.8. Percurso da rota turística do exemplo 5, considerando os custos, considerando os prêmios de visita atribuídos pelos turistas com renda de 3 a 5	

salários mínimos.....	129
Figura 6.9. Percurso da rota turística do exemplo 5, considerando os custos, considerando os prêmios de visita atribuídos pelos turistas com renda de 8 a 12 salários mínimos.....	131
Figura 6.10. Percurso da rota turística do exemplo 5, considerando os custos, considerando os prêmios de visita atribuídos pelos turistas com motivo de viagem “outros motivos”	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Exemplo de resultados de uma análise de correspondência simples.....	40
Tabela 3.1. Pontos turísticos de Belém do Pará.....	47
Tabela 3.2. Custo de deslocamento da origem ao destino, em reais	47
Tabela 3.3. Prêmio do nó i	48
Tabela 3.4. Arco ao longo da rota.....	48
Tabela 3.5. Prêmio do nó i . Exemplo 2.....	49
Tabela 3.6. Arco ao longo da rota. Exemplo 2.....	50
Tabela 3.7. Prêmio de ordem k no nó i . Exemplo 3.....	51
Tabela 3.8. Arco ao longo da rota. Exemplo 3.....	52
Tabela 3.9. Ordem de visita k por nó i . Exemplo 3.....	52
Tabela 3.10. Prêmio do nó i . Exemplo 4.....	53
Tabela 3.11. Arco ao longo da rota. Exemplo 4.....	54
Tabela 3.12. Ordem de visita k por nó i Exemplo 4.....	54
Tabela 5.1. Estado de proveniência dos que participaram do <i>city tour</i>	66
Tabela 5.2. Cidade dos visitantes provenientes do Pará.....	66
Tabela 5.3. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos sem extrato, e estratificados por categorias de perfil: Estados de residência e sexo.....	70
Tabela 5.4. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de perfil : Renda (salário mínimo – SM).....	72
Tabela 5.5. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de perfil: Escolaridade.....	73
Tabela 5.6. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de hábitos de viagem: Motivo da viagem.....	74
Tabela 5.7. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de hábitos de viagem: Tipo de hospedagem.....	75
Tabela 5.8. Conceitos atribuídos aos valores médios dos prêmios P_i	79
Tabela 5.9. Valores para o cálculo do critério β das variáveis versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos.....	81
Tabela 5.10. Valores para o cálculo de β das variáveis versus mudança de rota.....	81
Tabela 5.11. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por sexo (feminino), renda (03 a 05 salários mínimos e 8 a 12 salários mínimos) e	97

motivo da viagem (outros motivos).....	108
Tabela 6.1. Resultado para problema do caixeiro viajante coleta de prêmio (<i>priority prize</i>). Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (-100,100). Tempo de execução 3.600 segundos.....	113
Tabela 6.2. Resultado para problema do caixeiro viajante coleta de prêmio (<i>priority prize</i>). Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (0,0). Tempo de execução 3.600 segundos.....	114
Tabela 6.3. Resultados Gams/Cplex e Heurísticas para o CPTSPPP. Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (-100,100). Tempo de execução 3.600 segundos.....	117
Tabela 6.4. Resultado Gams/Cplex e Heurísticas para o CPTSPPP. Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (0,100). Tempo de execução 3.600 segundos.....	118
Tabela 6.5. Síntese dos resultados dos exemplos 1 a 7	121
Tabela 6.6. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j), em reais	123
Tabela 6.7. Prêmio do nó i . Exemplo 1.....	123
Tabela 6.8. Prêmio do nó i atribuídos aos pontos turísticos da rota R pelos turistas exclusivamente do sexo feminino. Exemplo 3.....	125
Tabela 6.9. Prêmio do nó i . Turistas com renda de 3 a 5 salários. Exemplo 3.....	126
Tabela 6.10. Prêmio do nó i . Outros motivos de viagem. Exemplo 3.....	126
Tabela 6.11. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j). Exemplo 4.....	127
Tabela 6.12. Prêmio do nó i , atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas do sexo feminino. Exemplo 4.....	127
Tabela 6.13. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j). Exemplo 5.....	128
Tabela 6.14. Prêmio do nó i , atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos. Exemplo 5.....	129
Tabela 6.15. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j). Exemplo 6.....	130
Tabela 6.16. Prêmio do nó i , atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas com renda de 8 a 12 salários mínimos. Exemplo 6.....	130
Tabela 6.17. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j). Exemplo 7.....	131
Tabela 6.18. Prêmio do nó i . Exemplo 7.....	132

GLOSSÁRIO

ANOVA	Análise de variância
SETUR	Secretaria de Estado de Turismo
GGEOTUR	Grupo de pesquisa de geografia do turismo
SINGTUR	Sindicato dos guias de turismo
SETUR	Secretaria de Estado de Turismo
CADASTUR	Cadastro Nacional do Ministério do Turismo
Mtur	Ministério do Turismo
PO	Pesquisa Operacional
OMT	Organização Mundial do Turismo
TSP	TravellingSalesmanProblem
CPTSP	TSP com coleta de prêmios
TSPCPPP	TSP com coleta de prêmios mais prioridade de prêmios
<i>Package tour</i>	Pacote turístico tradicional em que os serviços e trajetos dificilmente são alterados
<i>Forfait</i>	Pacotes turísticos personalizados
<i>Trade</i>	Empresários
<i>City tour</i>	Visita com breves paradas nos pontos turísticos
<i>By night</i>	<i>City tour</i> realizado a noite

SUMÁRIO

Glossário.....	xiii
Capítulo 1. Introdução.....	15
1.1 Objetivos da tese.....	15
1.2 Justificativa e importância.....	16
1.3 Método de pesquisa.....	17
1.4 Organização da tese e estrutura.....	19
Capítulo 2. Fundamentos teóricos e revisão bibliográfica.....	20
2.1 Definições e métodos em roteiros turísticos.....	20
2.2 Problemas do caixeiro viajante.....	26
2.3 Meta-heurística busca tabu.....	33
2.4 Análise multivariada e análise de correspondência.....	37
Capítulo 3. Definição e formulação matemática do problema.....	42
3.1 Definição do problema.....	42
3.2 Formulação do problema.....	44
3.3 Exemplos ilustrativos.....	46
Capítulo 4. Algoritmo da busca tabu.....	56
4.1 Padrões de trajetória.....	56
4.2 Algoritmo TS.....	58
Capítulo 5. Análises estatísticas e definição dos parâmetros.....	61
5.1 Estudo de caso em Belém do Pará.....	61
5.2 Análise estatística e definição dos parâmetros do modelo.....	66
5.3 Análise de correspondência.....	79
Capítulo 6. Aplicação da abordagem de otimização.....	109
6.1 Exemplo ilustrativo.....	109
6.2 Teste dos modelos e heurística utilizando distribuições aleatórias.....	111
6.3 Exemplo do estudo de caso.....	120
Capítulo 7. Conclusões.....	135
7.1 Considerações finais.....	135
7.2 Pesquisas futuras.....	140
Referências.....	142
Apêndice A.....	145
Apêndice B.....	146

Capítulo 1 - Introdução

A economia de um país pode ser dividida em três grandes setores distintos: o primário, o secundário e o terciário. Eles se estruturam a partir dos recursos utilizados, modos de produção, bens produzidos e serviços agregados. O nível de desenvolvimento econômico perpassa a estruturação e consolidação destes três setores da economia. O turismo pertence ao setor terciário, pois tem como essência atividades baseada na prestação de serviços, visando satisfazer determinadas necessidades. Como qualquer outra atividade do setor terciário, o turismo movimenta direta e indiretamente diversos outros segmentos econômicos.

O modelo atual de gestão do turismo, implantado no Brasil há 10 anos, proporciona que cada unidade federada, região e município procurem suas próprias alternativas de desenvolvimento, de acordo com suas realidades e especificidades. Ele propõe diretrizes políticas e operacionais para orientar o processo do desenvolvimento turístico com foco na regionalização (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2007). Desde 2007, com base em experiências implantadas no Brasil, o Ministério do Turismo (MTur) estabelece seis passos para elaborar roteiros turísticos e propõe um método para elaborar roteiros turísticos. O presente estudo explora e analisa o uso de ferramentas estatísticas e de pesquisa operacional para apoiar decisões relacionadas à execução de alguns desses passos (definição dos territórios envolvidos, realização do diagnóstico do roteiro e implantação do plano operacional). Para tanto, este estudo representa o problema de elaboração de roteiros turísticos por meio de modelagem matemática e propõe o uso de técnicas de otimização combinatória (variantes do clássico problema do caixeiro viajante) e técnicas estatísticas de análise multivariada para analisar esse problema. Até onde se tem conhecimento, nunca foram investigados esse tipo de problema.

1.1 Objetivos da Tese

O objetivo desta tese é propor uma abordagem de otimização para apoiar a elaboração e análise de roteiros turísticos. Esta abordagem é baseada na formulação de problemas por meio de programação matemática e suas soluções via métodos exatos (disponíveis em softwares de otimização como CPLEX, Gurobi etc) e/ou uma meta-heurística de busca tabu. Esta abordagem tem a finalidade de propor aos turistas e aos gestores do turismo roteiros

turísticos de menor custo, menor distância e maior nível de qualidade dos serviços e satisfação do turista. Para isso, esta tese (i) propõe e desenvolve a abordagem de otimização com base em programação matemática; (ii) define perfis, classes e tipos de visitantes para definição destes roteiros turísticos com base nos dados coletados no campo e em análise estatística multivariada, incluindo técnicas de análise de correspondência; (iii) identifica, classifica e estuda particularidades dos polos/pontos turísticos para a definição dos roteiros turísticos, via estratificação e cruzamento de informações utilizando métodos estatísticos; e (iv) aplica o método de otimização proposto em um caso/ situação real no Estado do Pará para mostrar e analisar o potencial e adequação desta abordagem numa situação real.

Esta tese contribui para: (i) levar abordagens/métodos de Pesquisa Operacional para auxiliar atividades de elaboração de roteiros turísticos, onde não são comumente usados; (ii) o fortalecimento da identidade regional; (iii) a inclusão de municípios nas regiões e roteiros turísticos; (iv) a consolidação de roteiros turísticos mais satisfatórios e competitivos no mercado de turismo; e (v) a ampliação e diversificação da oferta turística.

1.2 Justificativa e importância

O turismo em nível mundial apresenta índices expressivos de crescimento, apesar dos cenários de crise econômica evidenciada (OMT, 2014). Isto comprova, segundo especialistas do setor, a necessidade cada vez maior da sociedade moderna em consumir serviços de lazer e entretenimento e conhecer novos lugares e culturas. A Organização Mundial do Turismo estima que as atividades turísticas sejam diretamente responsáveis por 6% a 8% dos empregos gerados no mundo (OMT, 2014). No Brasil, o mercado turístico movimentou cerca de 11,5 bilhões de dólares em 2015, alcançando a marca de 6,3 milhões de pessoas viajando pelo país (MTUR, 2015). Esses dados confirmam e motivam o avanço do setor e a necessidade contínua em estudá-lo e melhorá-lo. Na Amazônia, por exemplo, os Estados do Pará e o Amazonas concentram os maiores fluxos de visitantes da região, devido principalmente à diversidade paisagística natural e cultural, além dos investimentos em infra-estrutura e qualificação de serviços.

O Brasil tem uma grande diversidade de atrativos turísticos, distribuídos por seu enorme território. Por diversos motivos, esses atrativos têm o potencial de atrair turistas para as localidades onde se encontram. É a partir da identificação e do ato de potencializar os atrativos que se inicia a organização do processo de criar e melhorar roteiros turísticos, fazendo com que a oferta turística de uma região torne-se mais atraente, rentável e economicamente viável. Quando

sua organização é capaz de gerar mais empregos, postos de trabalho e circulação de dinheiro, pode-se dizer que a oferta torna-se mais rentável. Afirma-se dizer que a oferta torna-se comercialmente viável quando são estudadas as condições para desenvolver o turismo de modo a aproveitar o potencial dos atrativos turísticos a partir do planejamento da atividade turística, gerando desenvolvimento econômico para a região (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2007).

Dentre as estratégias utilizadas para a implantação e o fortalecimento do turismo, destaca-se a segmentação do turismo que pode ser aqui entendida como uma forma de organizar o turismo para fins de planejamento, gestão e mercado. O comportamento do consumidor vem mudando e, com isso, surgem novas motivações de viagens e expectativas que precisam ser atendidas. Segmentar significa, portanto, organizar a demanda em grupos diferentes nos quais todos os clientes compartilham características relevantes que os distinguem dos demais. O foco de todo esse processo é criar condições e oportunidades para a estruturação e criação de roteiros turísticos qualificados, diferenciados e competitivos. Significa, ainda, identificar, organizar e articular o setor turístico para uma atuação harmônica, na busca de um posicionamento no mercado em curto, médio e longo prazo.

Neste sentido, é importante e justificável realizar estudos que possam subsidiar o planejamento da criação e melhoramento de roteiros turísticos. Este trabalho apresenta uma nova abordagem para apoiar decisões neste assunto, visto que até onde se tem conhecimento não existe na literatura pesquisada estudos em roteiros turísticos que utilizem a abordagens de otimização na mesma linha de pesquisa explorada nesta tese.

1.3 Método de pesquisa

Quanto às escolhas acerca do método aplicado neste estudo, este é fortemente baseado no esquema interpretativo indutivo. A partir de um conjunto particular de observações rigorosas e variadas, é possível estabelecer uma afirmação universal na forma de lei ou teoria, desde que nenhuma observação entre em conflito com a indução feita. Esse processo de geração de conhecimento é denominado de indutivismo. Vale observar, neste ponto, que a ciência procurou se diferenciar do senso comum com o rigor e a especialização. O rigor aqui toma a forma no tamanho da amostra e na sua variedade (MARTINS, 2012).

A abordagem utilizada neste estudo é quantitativa e o método de pesquisa é do tipo modelagem e simulação. Segundo Bertrand e Fransoo (2002), observa-se na literatura duas classes de pesquisa baseadas em modelos quantitativos. Uma delas é chamada de axiomática e é

primariamente dirigida a modelos de problemas idealizados. A segunda classe de pesquisa é denominada de empírica, sendo primariamente dirigida por descobertas e medidas empíricas.

A pesquisa axiomática quantitativa produz conhecimento sobre o comportamento de certas variáveis do modelo baseada em premissas sobre o comportamento de outras variáveis do modelo. Ela pode também produzir conhecimento sobre como manipular certas variáveis, admitindo um comportamento para as outras variáveis (PUREZA & MORABITO, 2012). Na linha de pesquisa quantitativa empírica, a preocupação principal do pesquisador é assegurar que exista adesão entre as observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade. Neste estudo, utiliza-se pesquisa axiomática quantitativa e também pesquisa do tipo empírica quantitativa. A pesquisa empírica está principalmente interessada em criar um modelo que descreva de forma adequada as relações causais que podem existir na realidade, o que leva a uma melhor compreensão dos processos.

Para avaliar a abordagem de otimização aqui proposta, ela é aplicada para construir roteiros turísticos em um estudo do Estado do Pará. O estudo foi aplicado na Capital do Estado do Pará, devido à disponibilidade de dados e relação do pesquisador com as secretarias de turismo dos municípios e do Estado. O que se chama aqui de estudo não segue rigorosamente o que a literatura de metodologia de pesquisa aborda sobre o assunto, e sim somente uma aplicação do que se propõe a estudar em um local conveniente e de fácil acesso do pesquisador com vistas a testar os modelos e métodos de solução propostos. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de campo em que foram utilizados questionários, entrevistas e levantamento de dados primários e secundários. Na primeira etapa, foram entrevistados 65 turistas em Belém. Foram coletadas também informações referentes aos principais pontos turísticos das Cidades que compõem o estudo, tais como, preços praticados e preços propostos, custos e tempos, considerando as diversas classes de turistas e a variação custo/tempo ao longo das estações/períodos do ano. Em seguida, os dados levantados foram analisados por meio de técnicas estatísticas, como estatística descritiva e análise multivariada do tipo análise de correspondência para preparação e análise dos dados necessários para a abordagem de otimização (MONTEGOMERY, 1992). Para tanto, contou-se com o auxílio dos *software* STATISTICA e SPSS.

Foram também empregadas na abordagem de otimização do problema de roteiros turísticos algumas técnicas de pesquisa operacional desenvolvidas para os chamados problemas do caixeiro viajante (TSP – *Travelling Salesman Problem*) (DANTZIG, FULKERSON e JOHNSON, 1954), o TSP com coleta de prêmios (CPTSP) (KOOPMANS e BECKMAN, 1957), o TSP com prêmios de prioridade (TSPCPPP) e a Heurística de Busca Tabu (GLOVER, 1986), utilizados para representar o problema da criação de roteiros turísticos.

1.4 Organização da tese e estrutura

Este trabalho está organizado em sete capítulos. No Capítulo 1, foi apresentado o objetivo da tese, a importância e justificativa da realização do estudo e o método de pesquisa utilizado nesta tese. No Capítulo 2, são revisados os trabalhos encontrados na literatura abordando o TSP e suas variantes aqui de interesse. Também se apresenta a fundamentação teórica em planejamento, classificação e concepção de roteiros turísticos e de uma revisão de trabalhos de aplicação de métodos em roteiros turísticos e conceitos relativos da meta-heurística busca tabu. No Capítulo 3, o problema é definido/apresentado e é proposto um modelo de otimização e um método para resolvê-lo, baseado em programação linear inteira. No Capítulo 4, apresenta-se um Algoritmo da Busca Tabu desenvolvido para o problema desta tese, especialmente para os casos em que o tamanho dos problemas são grandes e dificultam a solução do modelo por métodos de programação linear inteira. No Capítulo 5, é discutido o processo de coleta de dados na Cidade de Belém e também são apresentados os resultados da análise estatística dos dados, bem como a definição dos parâmetros do modelo de otimização. No Capítulo 6, são apresentados e avaliados os resultados dos testes computacionais com a abordagem de otimização aqui propostas, realizados com exemplos ilustrativos, com distribuição de probabilidade uniforme e depois com exemplos baseados nos dados coletados e citados anteriormente. Finalmente, no Capítulo 7, apresenta-se as conclusões finais deste trabalho e discute-se possíveis pesquisas futuras.

Capítulo 2—Fundamentos Teóricos e Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, apresenta-se os fundamentos teóricos para esta tese e são revisados os trabalhos relacionados encontrados na literatura pesquisada, abordando definições e métodos em roteiros turísticos. Também apresenta-se uma breve revisão das abordagens em TSP e suas variantes, da meta-heurística de busca tabu, e definições em análise estatística multivariada, mais especificamente em análise de correspondência.

2.1. Definições e métodos em roteiros turísticos

Inicialmente, é importante definir formalmente o que são roteiros turísticos, com o intuito de entender suas características e importâncias para o conhecimento de um destino e também definir os produtos turísticos e as diferenças entre roteiro, pacote e excursão. A palavra roteiro significa itinerário ou descrição minuciosa de viagem. Um roteiro turístico pode ser definido como o itinerário planejado de uma atividade turística, que engloba a descrição pormenorizada dos atrativos e atividades dos destinos visitados, bem como o período de duração e a especificação dos horários e serviços inclusos. O roteiro constitui a viagem e a estada com uma sequência de atividades realizadas em um destino ou várias localidades. Por outro lado, o pacote designa a forma de estruturação dos itinerários, envolvendo também os serviços inclusos no roteiro, enquanto que a excursão é uma viagem sem local para estada ou alojamento (PERUSSI & TELES, 2007; PERUSSI, 2011).

Invariavelmente, os turistas necessitam de vários serviços em um roteiro. A idéia de um pacote turístico é reuni-los em um único produto turístico a um preço fechado com vistas a facilitar a experiência dos viajantes. Os principais benefícios que os pacotes turísticos proporcionam aos consumidores referem-se à facilidade de compra de um novo e padronizado produto, voltado para segmentos específicos, com o objetivo de garantir uma experiência de qualidade consistente (MCKERCHER, 2002). Atrelado a essas vantagens, os pacotes diminuem os custos financeiros e o tempo dos turistas na montagem de todos os itens que compõem os itinerários. Os atrativos turísticos e a infraestrutura turística básica compõem o que se chama de produto turístico, que se constitui da oferta turística de um destino.

De acordo com a forma de realização, os roteiros podem ser executados de três formas básicas: (i) pelo próprio viajante; (ii) *package tour*, que implica em um pacote turístico tradicional para

grupos, elaborado pelas operadoras de turismo no qual o trajeto e os serviços já estão arranjados pelo organizador e dificilmente podem ser alterados; (iii) *forfait*, que se refere aos pacotes turísticos personalizados, nos quais os passageiros solicitam o planejamento do roteiro a um consultor de viagens.

Outra modalidade de roteiro é do tipo *hop-on/ hop-off*, que são ônibus panorâmicos, geralmente de dois andares (em algumas Cidades, com o andar de cima aberto), que percorrem todo o circuito de atrações turísticas, passando em intervalos determinados. O esquema é bastante superior ao *city-tour* tradicional, porque o turista pode descer onde quiser, ficando o tempo que precisar. O bilhete vale o dia inteiro e costuma haver tickets válidos para dois ou três dias. O roteiro é narrado por meio de fones de ouvido em diversos idiomas. E o deck aberto é um lugar sensacional para fotografar a Cidade. A maioria das Cidades muito visitadas oferece o serviço, como por exemplo Londres, Nova York, Paris, Barcelona, Madri, Lisboa, BuenosAires, Berlim, Budapeste e Santiago. Apesar de superior ao *city-tour* o *hop-on/ hop-off* ainda é pouco utilizado, sendo que a grande maioria dos turistas ainda se utilizam do roteiro do tipo tradicional. Os roteiros turísticos podem ser elaborados e montados por órgãos públicos ou pela iniciativa privada (PERUSSI, 2011).

Para o planejamento de um roteiro turístico é imprescindível que se detecte os pontos de origem e destino do viajante. Se um roteiro incluir mais de um destino, é necessário que se localize em um mapa as distâncias entre as localidades e as seqüências mais lógica ou apropriada para o seu devido conhecimento. Neste sentido, de acordo com a distância da localidade de origem, é possível classificar os roteiros em: internacionais (quando envolvem continentes, países ou até uma volta ao mundo) ou nacionais (se englobam circuitos regionais, estaduais ou municipais).

A classificação dos roteiros turísticos pode ocorrer em função das características dos destinos nos modelos clássicos (locais que já possuem imagem e estrutura consolidadas no mercado e são visitados pelos turistas de massa), inovadores (referem-se aos destinos tradicionais com alguma atração gerada) e alternativos (são as localidades direcionadas para um público mais exigente e que possui motivações específicas, conhecidos como turistas de minorias). Conforme o local de elaboração, os roteiros turísticos podem ser subdivididos em emissivos, elaborados por operadoras turísticas ou organizações do *trade* turístico com foco nas expectativas dos clientes dos centros emissores, ou receptivos, quando são organizados pelas

empresas do núcleo receptor para adaptar os anseios dos viajantes na localidade visitadas (TAVARES, 2002).

É comum que um itinerário envolva a realização de um *city tour*, que pode ser do tipo básico, onde se visitam os principais pontos turísticos de uma região com algumas breves paradas nos atrativos; do tipo panorâmico, que é o *city tour* sem paradas; do tipo *by night*, que é um passeio realizado à noite pelos principais pontos de atração, que normalmente só funcionam no período noturno; e do tipo motivacional, direcionado a um público com foco singular ou um roteiro customizado. A tarefa de elaborar e estruturar um roteiro requer um acompanhamento detalhado que compõe um complexo processo dividido em etapas ou fases, conforme a visão de diferentes autores que pesquisaram o tema. As fases que compreendem o planejamento e a organização de roteiro turístico de modo geral são: concepção inicial, processo de preparação, contatos comerciais e contratações, definição de preço e vendas, reservas e operação (BRAGA & GUERRA, 2008).

O primeiro passo da montagem de itinerários de turismo consiste no conhecimento das preferências dos visitantes. Depois, na viabilidade de operações, tanto de agência quanto do próprio destino, com o posterior levantamento dos atrativos de natureza geográfica, ecológica e social que mais se destacam na região e, também, o levantamento de acesso a eles, para então se detectar se poderão ser alcançados com ou sem meios de transportes (MORAES, 2000). Sob a ótica de Machado (2005), no planejamento de roteiros turísticos as seguintes fases deveriam ser seguidas: identificação do público-alvo, determinação do tema a ser trabalhado na visitação, reunião dos grupos interessados no projeto para o atendimento de todas as necessidades e anseios de cada equipe, estabelecimento de estratégias para alcançar os objetivos desejados, e elaboração e distribuição do roteiro.

A idéia de concepção inicial, proposta por Braga e Guerra (2008), coincide com as de Moraes (2000) e Machado (2005), onde é preciso partir de uma pesquisa de demanda real e potencial. Arelado a isso, é necessário averiguar a viabilidade de operação do novo destino e as oportunidades de negócios, o que engloba verificar a flexibilidade dos fornecedores (prazos e preços), garantia de operação (regularidade dos serviços e limites dos números mínimos de participantes para a viabilidade econômica do roteiro), sistemas de transporte disponíveis e adequados e a respectiva freqüência, oferta de alojamentos, serviços receptivos e de alimentação durante todos os meses do ano. Moraes (2000) também insere as questões relacionadas às transferências ou traslados de origem até o atrativo específico (veículos e horários), encontros e

boas-vindas, os hotéis, refeições no percurso (horários e margens de erro), transportes domésticos ou locais, atrações, entretenimentos e despedidas.

Todos os autores pesquisados são unânimes em afirmar que a verificação do tipo de público que participará do programa de viagens é essencial. Isto irá indicar a aceitação de um novo produto para determinada clientela, já que para a estruturação de um itinerário haverá dispêndio de tempo e de recursos financeiros em pesquisas, tanto de destinos já visitados (roteiros convencionais - oferta real), quanto de localidades a serem exploradas (novos roteiros - oferta potencial).

O roteiro deve ser montado sempre na perspectiva da demanda ou dos clientes-alvo segundo seus interesses, necessidades e anseios singulares. Nesta perspectiva, o conceito de segmentação de mercado deve ser aplicado para se atingir e superar as expectativas dos turistas. Para tanto, a investigação dos interesses ou razões dos viajantes para visitar uma ou outra localidade está em primeiro plano.

Por isso, a escolha de temas para os roteiros turísticos servem como fatores da atração para a aquisição de um pacote e da escolha de um destino e de uma operadora turística em detrimento de outra, de forma a posicionar a empresa ou o produto na mente do consumidor. Pode-se citar como exemplos os termos “expedições”, “caminhos”, “aventuras”, “especiais” (portadores de necessidades especiais), entre outras denominações, além de citar apenas o nome do destino a ser visitado. Algumas empresas identificam os estilos de viagem de seus clientes com algumas denominações do tipo: caminhada, contemplativo, expedição, família em ação, lua de mel e mergulho, viagem em grupo, etc. Por isso, cada turista deve selecionar o tipo de atividade que pretende realizar durante seu roteiro de acordo com o seu condicionamento físico e o grau de experiência e o consultor de viagem quanto a esse aspecto para um usufruto adequado do roteiro.

O conhecimento da melhor época para cada viagem implica na questão da sazonalidade (períodos de alta e baixa temporada ou estação, que variam de acordo com as condições climáticas de cada localidade, o período de férias escolares e eventos especiais), pois os valores e a procura dos destinos apresentam acentuada variação durante o ano. Não é raro notar que em muitos casos na fase de prospecção se idealiza um roteiro que não consegue se efetivar na prática por questões técnicas, financeiras ou de negociações com os operadores locais. Por esse motivo, é essencial o papel das empresas e órgãos planejadores dos roteiros

turísticos na conscientização dos visitantes, tanto nas centrais de informações turísticas quanto nos centros de interpretação dos atrativos.

A partir dessas premissas básicas, deve-se olhar atentamente para cada item que compõe um roteiro turístico e suas especificações. No Brasil, em 2004 o Ministério do Turismo apresentou como proposta de criação de roteiros um programa denominado “Programa de Regionalização do Turismo”, voltado para a construção de parcerias. Este programa define “roteiro turístico” como um itinerário caracterizado por um ou mais elementos que lhe conferem identidade, definido e estruturado para fins de planejamento, gestão, promoção e comercialização turística (MTUR, 2007).

O roteiro turístico é elaborado para fins de promoção e comercialização. Assim, pode-se deduzir que região turística é a base para o planejamento e ordenamento da oferta turística existente e que os roteiros podem constituir um produto turístico, que deve ser promovido e comercializado.

Com base em experiências implantadas no Brasil, o Ministério do Turismo propõe seis passos para elaborar roteiros turísticos, apresentados na Figura 2.2. No primeiro passo são definidos os territórios. No segundo passo, os atores (pessoas ligadas ao turismo no local) são envolvidos e suas competências e funções são também definidas. No passo três, é feita a hierarquização dos atrativos turísticos, análise do mercado e definição dos segmentos, bem como a identificação dos possíveis impactos sócio-culturais, ambientais e econômicos. No passo quatro, é construído o planejamento estratégico (conforme definido pelo Mtur, embora esse planejamento não necessariamente envolva vários anos, como é usual em planejamento estratégico na engenharia de produção). No passo cinco, o roteiro é elaborado, os preços são fixados e o roteiro turístico é promovido e comercializado. Finalmente, no passo seis, o roteiro é avaliado e monitorado (MTUR, 2007).

Passos para a roteirização turística
1. Definição dos territórios envolvidos
2. Instalação do comitê gestor do roteiro
3. Realização do diagnóstico do roteiro
4. Construção do plano estratégico
5. Implantação do plano operacional
6. Acompanhamento e avaliação das ações implantadas

Figura 2.2. Passos para a Roteirização Turística.
Fonte: MTur, 2007.

Vale observar que esse método é uma sugestão e pode ser adaptado de acordo com as peculiaridades e especificidades de cada região, ou seja, não se caracteriza como única forma de elaboração de roteiro turístico. Assim, conforme a Figura 2.2, o MTur propõe uma forma de elaborar roteiros turísticos que contemplam seis passos. O que se pretende aqui nesta tese não é propor mais um passo para a elaboração de roteiros turísticos, e sim propor o uso de ferramentas estatísticas e de pesquisa operacional para apoiar decisões, principalmente relacionadas ao passo 1 (Definição dos territórios envolvidos), passo 3 (Realização do diagnóstico do roteiro) e passo 5 (Implantação do plano operacional), como é visto nos próximos capítulos desta tese.

Vários estudos foram desenvolvidos para ajudar a organizar um roteiro turístico personalizado. Esses estudos detectaram alguns aspectos novos que devem ser considerados para oferecer a cada turista o itinerário mais adequado ao planejar um roteiro. Alguns desses estudos ajudam os turistas a procurar informações, com base nas suas preferências (Colineau & Wan, 2001; Paris, 2002); Outros consideram também a oferta de turismo existente naquele momento (Jakkilinki, Georgievski, & Sharda, 2007). Destacam-se também alguns estudos que oferecem recomendações sobre o destino a ser visitado ou as atividades a serem realizadas, como o sistema de orientador turístico orientado a objetos (Tsang, Woo & Bloor, 1996), o sistema de planejamento multiagente para resolver problemas na web no domínio do turismo eletrônico (Camacho, Borrajo e Molina, 2001), sistemas de recomendação de viagens (Ricci, 2002), consultas com base em caixa para recomendação de planejamento de viagem (Ricci & Werthner, 2002), sistemas de recomendação de destino (Gretzel, Mitsche, Hwang & Fesenmaier, 2004), eficácia dos sistemas de recomendação móveis para destinos turísticos (Modsching, Kramer, Ten Hagen e Gretzel, 2007), sistema adaptativo orientado para o usuário para planejar visitas turísticas (Castillo et al., 2008), sistemas de recomendação adaptativa para o planejamento de viagens (Mahmood, Ricci, Venturini & Höpken, 2008), um sistema especializado para turistas (Vansteenkoven, Souffriau, Vanden Berghe e Van Oudheusden, 2011). Alguns estudos usam técnicas multi-critérios para considerar os diferentes objetivos considerados no planejamento de uma viagem de turismo (Godart, 1999) que é baseado em otimização combinatória para planejamento de viagem.

Foram desenvolvidos também estudos baseados na localização do turista, usando posicionamento global, para mantê-lo constantemente informado sobre as atividades mais próximas e orientá-lo em um itinerário específico. Outros estudos, além da localização, consideram o perfil do usuário (Yu, Spaccapietra, Cullot e Aufaure, 2003), ou o contexto do

turista (Schmidt-Belz, Laamanen, Poslad e Zipf, 2003; Van Setten, Pokraev e Koolwaaij, 2004; Zipf, 2002). Outros consideram todos esses elementos ao mesmo tempo (Kramer, Modsching, & Ten Hagen, 2007; Ten Hagen, Modsching, & Krarner, 2005). Souffriau e Vansteenwegen (2010) realizam uma revisão exaustiva da literatura e indicam as funcionalidades de diferentes estudos desta natureza, sendo o mais completo o de Vansteenwegen et al. (2011).

Ao lado dos problemas de planejamento de viagem, muitos trabalhos interessantes de De Choudhury et al. (2010), Basu Roy et al. (2011), Yoon et al. (2012) calculam itinerários ótimos de acordo com alguma métrica de recompensa. Por exemplo, os autores de Choudhury et al. (2010) aplicam um algoritmo de aproximação ganancioso recursivo para problemas de orientação – OP, Chekuri e P'al (2005) para planejar itinerários sugeridos. A maioria desses trabalhos concentra-se no aspecto da mineração de dados dos problemas de planejamento de viagem e elaboração de roteiros.

2.2 Problema do caixeiro viajante

Nos anos de 1800, problemas relacionados com o chamado caixeiro viajante começaram a ser desenvolvidos por dois matemáticos: o escocês William Rowan Hamilton e o britânico Thomas Penyngton Kerkman. A forma geral do problema do caixeiro viajante parece ter sido, pela primeira vez, estudada por matemáticos nos anos de 1930 nas Cidades de Harvard e Viena. O problema foi posteriormente estudado por Hassler Whitney e Merrill Flood em Princeton. Excetuando pequenas variações ortográficas, como *traveling* vs *travelling* ou *salesman* vs *salesman's*, o nome do problema ficou globalmente conhecido por volta do ano 1950 (APPLEGATE et al., 2006).

Basicamente, problemas de caixeiro-viajante (*Travelling Salesman Problem* - TSP) (Figura 2.3) envolvem um conjunto de Cidades e ligações (arcos) entre as Cidades, em que o caixeiro sai de uma Cidade base ou um depósito, visita todas as Cidades (ou um subconjunto delas) somente uma vez, e retorna à Cidade base de modo a otimizar um ou mais objetivos. Problemas de caixeiro-viajante pertencem à classe de problemas de *roteamento em nós* (ao invés de *roteamento em arcos*) e são definidos em grafos orientados ou não orientados (ARENALES et al., 2015).

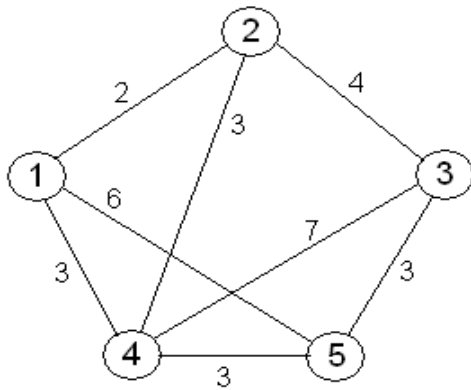


Figura 2.3. Problema do caixeiro viajante
Fonte: Goyal, 2011

O problema clássico do caixeiro viajante (TSP) pode ser modelado via programação matemática da seguinte maneira: Considere um grafo com n nós (incluindo o depósito como nó 1) representando o TSP e sejam os parâmetros do problema:

c_{ij} = custo de viajar do nó i para o nó j .

e as variáveis:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco}(i,j) \text{ é percorrido} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Z_i = variável auxiliar para evitar subciclos.

O modelo de programação linear inteira mista para o TSP é dado por:

$$\min \sum_i \sum_j c_{ij} X_{ij} \quad (2.1)$$

$$\sum_{\substack{i \\ i \neq j}} X_{ij} = 1, \forall j \quad (2.2)$$

$$\sum_{\substack{j \\ j \neq i}} X_{ij} = 1, \forall i \quad (2.3)$$

$$Z_i - Z_j + nX_{ij} \leq n - 1, \forall i, \forall j, i \neq j, i \neq 1, \quad (2.4)$$

$$\text{Com} \begin{cases} X_{ij} \in \{0,1\} \\ Z_i \text{ irrestrito} \end{cases} \quad (2.5)$$

A função objetivo (2.1) minimiza o custo do roteiro. As restrições de atribuições (2.2) e (2.3) garantem que cada nó é visitado uma e somente uma vez, as restrições (2.4) evitam subciclos no roteiro e as restrições (2.5) são do domínio das variáveis.

Um exemplo ilustrativo pode ser considerado no grafo ilustrado na Figura 2.4, em que um caixeiro visita as cinco Cidades 1, 2, 3, 4 e 5. Por exemplo, o caixeiro sai da Cidade 1, visita todas as Cidades 2, 3, 4 e 5 somente uma vez, e retorna à Cidade 1. Já a Figura 2.4 ilustra uma possível solução do modelo expresso nas equações (2.1) a (2.5) para esse exemplo sem considerar as restrições (2.4), ou seja, permitindo subciclos (por exemplo, o subciclo 1-3-4-1) e, portanto, infactível para o problema do caixeiro viajante.

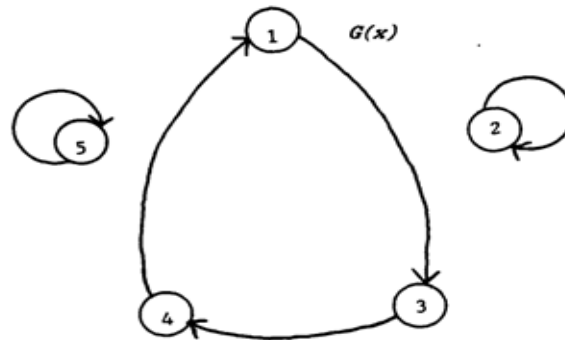


Figura 2.4. Solução com subciclos.
Fonte: Ballas, 1987.

Considerando a função objetivo (2.1) e todas as restrições (2.2) – (2.5), um roteiro ótimo sem subciclos obtido pelo modelo está representado na Figura 2.5 (ciclo 1-2-3-5-4-1), cuja solução ótima tem valor 15.

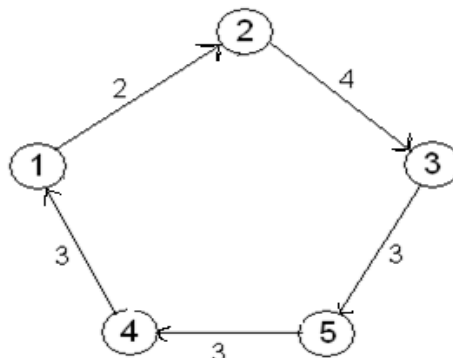


Figura 2.5. Roteiro ótimo do problema do caixeiro viajante da Figura 2.3.
Fonte: E, Ballas, 1987.

Embora tenham sido desenvolvidos e propostos bons algoritmos para resolver o problema, o desenvolvimento e aplicação de algoritmos mais efetivos continua a ser motivo de grande motivação na comunidade científica. Isto se deve, essencialmente, às seguintes razões: o TSP pode ser entendido facilmente, uma vez que se aproxima de diversos problemas populares do mundo real. O TSP demonstra o caso mais simples dos problemas de roteirização, que são de grande relevância para a programação de processos logísticos e industriais. Existem vários conjuntos de dados sobre o TSP disponíveis em literatura, de tal forma que os resultados dos algoritmos podem ser comparáveis, mesmo que a solução ótima do problema não seja ainda definitivamente conhecida. Relativamente à complexidade computacional, o TSP é um problema NP-completo do ponto de vista da teoria da complexidade, conhecido por representar uma larga classe de problemas difíceis de otimização combinatória para os quais não existem algoritmos polinomiais que garantam encontrar a solução ótima (BALAS, 1987).

O TSP está entre os mais estudados problemas na otimização de redes e tem uma ampla variedade de aplicações práticas (CHRISTOFIDES,1979; APPLGATE et al.,2006). Desde o trabalho pioneiro de Dantzig e colaboradores (DANTZIG, FULKERSON e JOHNSON, 1954; DANTZIG & RAMSER, 1959), diferentes modelos e métodos de solução têm sido propostos para representar e resolver de forma eficaz exemplos de grande porte. O TSP também pode ser visto como um caso particular de um problema quadrático de atribuição, conforme Koopmans e Beckmann (1957) e Pureza et al. (2016). Muitas variantes do TSP também foram estudadas na literatura e modelos de programação matemática são muitas vezes a base da maioria destas variantes. Uma série de problemas (*scheduling and routing*) pode ser formulada com algumas generalizações do problema do caixeiro viajante (BALAS, 1987).

Uma variante importante do TSP foi formulada na primavera de 1985 como um modelo para agendar a operação diária de um laminador de aço e foi chamada de Problema do Caixeiro Viajante com Coleta de Prêmio (*Prize Collecting TSP –PCTSP*). O PCTSP está bem relacionado com o problema desta tese. Um laminador produz chapas de aço a partir de placas de laminação a quente ou a frio. Por razões que tem a ver com o desgaste dos rolos, bem como outros fatores, a sequência em que os vários pedidos são processados é importante. A programação de uma rodada consiste em escolher, a partir de um inventário de lajes atribuído aos pedidos, uma coleção que satisfaz um limite inferior sobre o total do peso, e ordenando-o em

uma sequência apropriada. Uma vez que a escolha de placas para a rodada limita as opções disponíveis para o seu sequenciamento, as duas tarefas devem ser resolvidas em conjunto (BALAS, 1987).

O PCTSP capta as características essenciais deste problema. Ele serviu como base para uma abordagem que foi implantada por Balas e Martin (1985) em um pacote de *software* para laminadores de aço de agendamento. O pacote usa uma combinação de várias heurísticas para encontrar soluções quase ótimas para um PCTSP e para organizá-los em programações diárias. O problema do caixeiro viajante com coleta de prêmios pode ser formulado matematicamente da seguinte forma:

Sejam os parâmetros do problema:

c_{ij} = custo de viajar do nó i para o nó j .

p_i = o prêmio recebido ao visitar o nó i .

E as variáveis:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco } (i, j) \text{ é percorrido} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{se o nó } i \text{ é visitado} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Z_i = variável auxiliar para evitar subciclos.

O modelo de programação linear inteira mista para o PCTSP é dado conforme a seguir.

$$\max \sum_i p_i Y_i - \sum_{i \neq j} \sum_j c_{ij} X_{ij} \quad (2.6)$$

$$\sum_{i \neq j} X_{ij} = Y_j, \forall j \quad (2.7)$$

$$\sum_{i \neq 1} X_{i1} = 1 \quad (2.8)$$

$$\sum_{\substack{j \\ i \neq j}} X_{ij} = Y_i, \forall_i \quad (2.9)$$

$$\sum_{\substack{j \\ j \neq 1}} X_{1j} = 1 \quad (2.10)$$

$$Z_i - Z_j + nX_{ij} \leq n - 1, \forall_i, \forall_j, i \neq j, i \neq 1, \quad (2.11)$$

$$\text{Com} \begin{cases} X_{ij}, Y_i \in \{0,1\} \\ Z_i \text{ irrestrito} \end{cases} \quad (2.12)$$

A função objetivo linear (2.6) maximiza o valor total dos prêmios recebidos, menos os custos de transporte incorridos na sequência de visitas de nós. Se um nó for visitado, as igualdades (2.9) asseguram que a saída desse nó é única, enquanto as igualdades (2.7) asseguram que a entrada para esse nó também é única. Note que essas igualdades fazem o acoplamento das variáveis $X_{ij}eY_i$. As igualdades (2.8) asseguram que a volta no depósito (e.g., no nó 1) é única, enquanto que as igualdades (2.10) asseguram que a saída do depósito também é única. As restrições (2.11) evitam subciclos. Já as restrições (2.12) definem o domínio das variáveis. Nota-se que a condição de integralidade das variáveis X podem ser relaxada, sem perda de generalidade, desde que a integralidade das variáveis Y seja mantida em (2.9). Neste caso, as variáveis X são vistas como variáveis de fluxo. Em particular, admite-se que $X_{ii} \equiv 0$. Note que o CPTSP, diferentemente do TSP, não precisa visitar todos os nós do grafo, mas apenas o subconjunto de nós mais lucrativos do ponto de vista da função objetivo, considerando os prêmios e os custos envolvidos.

A revisão apresentada a seguir está fortemente baseado em Pureza et al. (2016). Outra variante importante do TSP para o presente estudo é o TSP com prioridade de prêmios (TSP *whit Priority Prize* –TSPPP). O TSPPP pode ser visto como outra extensão do TSP, em que todos os clientes (nós) têm de ser visitados pelo vendedor ambulante, mas o valor da ordem das visitas dos clientes é considerado na função objetivo do problema. Um prêmio p_{ki} é recebido pelo deslocamento do caixeiro viajante se o cliente i é visitado na ordem k do percurso, enquanto um custo de viagem c_{ij} é incorrido para viajar a partir do cliente i para o cliente j nesta rota. Sendo que p_{ki} pode incluir um prêmio que o caixeiro-viajante recebe quando visita o nó i , independentemente de ordem k , além de um prêmio de prioridade que ele recolhe se visitar o nó i na k -ésima posição de sua rota.

O objetivo do TSPPP é encontrar uma sequência de lucro máximo das visitas dos n clientes, considerando os prêmios recebidos e os custos envolvidos nesta rota. O problema pode ser visto como uma variante do TSP que leva em conta a função objetivo mais geral, com critérios opostos, à procura de soluções que, de alguma forma, considerem a qualidade de atendimento aos clientes e as prioridades de entrega, maximizando os prêmios recebidos e minimizando os custos de entrega.

Uma formulação para o TSPPP pode ser feita por meio de programação quadrática inteira, com uma função objetivo quadrática e restrições lineares nas variáveis (PUREZA et al., 2016). O problema é encontrar um circuito hamiltoniano de lucro máximo ao longo de um grafo direcionado $G(N, A)$, em que N é o conjunto de n nós (clientes) e A é o conjunto de m arcos (conectados aos clientes). Um modelo de programação linear inteiro puro para o TSPPP também pode ser escrito com uma combinação de dois problemas de atribuições lineares conhecidos que suportam o TSP.

Sejam os parâmetros do problema:

c_{ij} = custo de viajar do nó i para o nó j .

p_{ki} = o prêmio recebido quando o nó i é visitado na ordem k , com $p_{ki} = p'_{ki} + p_i$ (sendo que p'_{ki} é o prêmio devido à visita do nó i na ordem k , e p_i é o prêmio recebido no nó i , independente da ordem da visita).

As variáveis do problema são:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco}(i, j) \text{ é percorrido} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$Y_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{se o nó } i \text{ é visitado na ordem } k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O modelo de programação linear inteiro puro (binário) é dado por (admite-se que o nó 1 é o depósito, $Y_{n1} \equiv 1$ e $X_{ii} \equiv 0$)

$$\max \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n p_{ki} Y_{ki} - \sum_{(h,i) \in A} c_{hi} X_{hi} \quad (2.13)$$

$$\sum_{k=1}^n Y_{ki} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ki} = 1 \quad \forall k = 1, \dots, n \quad (2.15)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (2.16)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (2.17)$$

$$X_{1j} \geq Y_{n1} + Y_{1j} - 1 \quad \forall (1, j) \in A \quad (2.18)$$

$$X_{ij} \geq Y_{(k-1)i} + Y_{kj} - 1 \quad (i, j) \in A \quad \forall k = 2, \dots, n \quad (2.19)$$

$$\text{Com } X_{ij}; Y_{ki} \in \{0, 1\} \quad (2.20)$$

A função objetivo linear (2.13) maximiza a prioridade de prêmios recebidos, que depende da ordem de visita, menos os custos de transporte incorridos na sequência de visitas de nós. As restrições de atribuição (2.14) a (2.15) referem-se apenas às variáveis Y , enquanto as restrições de atribuição (2.16) a (2.17) apenas das variáveis X . As igualdades (2.14) asseguram que a saída de cada nó é única, enquanto as igualdades (2.15) assumem que a entrada para cada nó é única. As restrições (2.18) a (2.19) são o acoplamento das variáveis X e Y . Nota-se que a condição de integralidade das variáveis de X pode ser relaxada sem perda de generalidade, dado que a condição de integralidade das variáveis Y seja mantida em (2.20). Neste caso, as variáveis X são vistas como variáveis de fluxo e ao invés de defini-las como $X_{ij} \in \{0, 1\}$, elas podem ser simplesmente definidas como $0 \leq X_{ij} \leq 1$.

Os modelos para o CPTSP e TSPPP dessa Seção são explorados e combinados para desenvolver o modelo do problema desta tese, apresentado no Capítulo 3.

2.3 Meta-heurística de Busca Tabu

Os métodos heurísticos para otimização combinatória começaram a ser desenvolvidos mais intensamente a partir dos anos 1950, como busca de soluções para problemas de otimizações difíceis sob vários aspectos, principalmente do ponto de vista do tempo computacional. Uma heurística é um procedimento para resolver problemas por meio de um enfoque “intuitivo”, em geral racional, no qual a *estrutura* do problema possa ser

interpretada e explorada inteligentemente para se obter uma solução razoável (NICHOLSON, 1971).

Uma vantagem de heurísticas em relação aos métodos exatos refere-se à maior flexibilidade no tratamento das características de um problema. Uma desvantagem das heurísticas, além de não garantirem encontrar uma solução factível ou ótima, é que, em geral, não é possível conhecer a qualidade da solução obtida, ou seja, quão próxima esta solução está da solução ótima (ARENALES et al., 2015). Dentre os diversos tipos de heurísticas que existem (ZANAKIS et al., 1989; SILVER, 2005), destacam-se heurísticas de relaxação, algoritmos de aproximação, heurísticas construtivas, heurísticas de busca local e meta-heurísticas.

O termo meta-heurística foi apresentada por Glover em 1986. Meta-heurísticas são técnicas que, quando aplicadas a métodos de busca local, permitem a superação da otimalidade local com vistas à obtenção de soluções de qualidade superior. Uma meta-heurística pode manipular uma solução completa (ou incompleta) ou uma coleção de soluções (ARENALES et al., 2015). Em 1983, as heurísticas para otimização combinatória foram muito influenciadas por um artigo (KIRKPATRICK et al., 1983) que apresentou um novo enfoque heurístico denominado *simulated annealing*, que foi um dos primeiros algoritmos com estratégia explícita de escapar de ótimos locais com propriedades de convergência para um ótimo global. A partir de então, a pesquisa seguiu novos métodos, como *busca tabu* (GLOVER & LAGUNA, 1997), *algoritmos genéticos* (HOLLAND, 1975), entre muitos outros. A família de meta-heurísticas inclui *greedy randomized adaptive search* (GRASP), busca local iterada, busca local guiada, busca em vizinhança variável, *scatter search* e sistemas de formigas, além de outras sugeridas recentemente (ARENALES et al., 2015).

Busca Tabu

A busca tabu foi proposta por Glover (1986) e é descrita em detalhes em Glover e Laguna (1997). Trata-se de um método que guia um procedimento heurístico de busca local pela utilização de características da solução corrente e da história da busca para explorar o espaço de solução além da otimalidade local. O uso sistemático de *memória adaptativa* constitui a propriedade que distingue busca tabu de outras meta-heurísticas. A palavra “adaptativa” significa que a memória atualiza o armazenamento de elementos de soluções, ou de soluções completas, encontradas durante a exploração do espaço de soluções. A metodologia da busca tabu contém diversas estratégias associadas com memória adaptativa, o que permite muitas

implementações distintas, ao contrário das demais meta-heurísticas puras (sem hibridização), tais como *simulated annealing* e algoritmo genéticos, que têm uma estrutura bem definida (ARENALES et al., 2015).

Busca tabu parte de uma solução gerada por uma heurística construtiva, ou de outro tipo de heurística ou meta-heurística, e qualquer solução é transformada em uma solução vizinha por meio de um movimento, que constitui uma iteração do método. Uma questão importante é a escolha da solução vizinha. Uma alternativa ao melhor movimento da vizinhança é escolher o melhor movimento de uma *lista de candidatos* da vizinhança, um subconjunto de soluções mais promissoras da vizinhança para a busca tabu. Um tipo de memória da busca tabu é aquela composta de um conjunto de soluções *proibidas* de serem visitadas, denominado *lista tabu*, para guiar a busca para a exploração de outras regiões e também para que o método escape de ótimos locais, induzindo a busca a percorrer uma nova trajetória. Sem esta restrição, o método pode escolher o melhor movimento correspondente à menor degradação da função objetivo e, na próxima iteração, ou após algumas iterações, retornar ao ótimo local, o que caracterizaria uma ciclagem, isto é, um ciclo periódico com as mesmas soluções.

O armazenamento de soluções completas (memória *explícita*), em geral, consome uma grande quantidade de memória e tempo se aplicado em cada iteração. Por este motivo, utiliza-se uma lista tabu associada a uma memória *atributiva*, ou memória de *curto prazo*, que armazena *atributos* de soluções que mudaram nas últimas iterações ou no passado recente. Um atributo de uma solução é uma parte da solução e uma *regra de ativação tabu* é definida para proibir atributos selecionados de soluções visitadas recentemente. Os atributos proibidos são denominados *tabu-ativo* e os movimentos que levam a soluções que contém atributos tabu-ativos tornaram-se proibidos, isto é, são considerados *tabu* por um determinado número de iterações, chamado *duração tabu*.

Crítérios de aspiração são utilizados em busca tabu para remover a regra de ativação tabu e um critério largamente usado na literatura é permitir que um movimento proibido seja executado se este leva à atualização da melhor solução encontrada até o momento.

O critério de parada de uma busca tabu pode ser um número máximo de iterações, *Max_Iterações*. Outros critérios de parada são um número de soluções visitadas, número máximo de iterações sem melhoria, ou limite de tempo computacional. A lista de candidatos *LC* consiste do conjunto de soluções promissoras de uma vizinhança. Se *LC* não existe, então considera-se a vizinhança inteira. Em cada iteração da busca tabu a melhor solução da vizinhança *LC* com atributo não tabu é executada, exceto o caso de satisfação do critério de aspiração, em que uma

solução com atributo na lista T_b tem valor menor que o melhor valor corrente da busca. A seguir apresenta-se o procedimento da busca Tabu:

Procedimento Busca Tabu (Max_Iterações, Solução Inicial, Lista de Candidatos LC , Regra de Proibição de Atributo, Duração Tabu)

1. Inicialize lista tabu $T_b = \emptyset$
 2. Para $k = 1, \dots, \text{Max_Iterações}$ faça;
 3. Escolha a melhor solução $x' \in LC(x)$ com atributos não tabu;
 4. Verifique o critério de aspiração: existe $x'' \in T(x)$ com $f(x'') < f(\text{melhor solução corrente})$?
 5. Se o critério de aspiração é verdadeiro, execute o movimento que leva x a x'' ;
caso contrário, execute o movimento que leva x a x' ;
 6. Atualize a lista tabu com atributos proibidos de soluções visitadas recentemente;
 7. Se o critério de aspiração é verdadeiro ou valor $f(x')$ é menor que f (melhor solução corrente), atualize o valor da melhor solução corrente;
 8. Retorne a melhor solução;
- Fim da busca tabu.

A memória de *longo prazo* da busca contém uma história seletiva de soluções completas e de atributos de soluções encontradas durante o processo de busca. Os elementos desta memória são usados para implementar estratégias de *diversificação e intensificação* da busca. Estratégias de diversificação e intensificação são componentes importantes de busca tabu. Estratégias de intensificação envolvem uma combinação de características de soluções de alta qualidade encontradas durante a busca, bem como retornos a estas soluções para um exame mais detalhado na vizinhança destas.

Dadas as dificuldades na resolução do TSPPP para exemplos grandes por meio de métodos exatos e com objetivo de produzir um algoritmo capaz de fornecer soluções de alta qualidade em tempos computacionais relativamente curtos, Pureza et al. (2016) descreveram um algoritmo de busca tabu para o caso simétrico, em que $c_{ij} = c_{ji}$ para cada arco (i, j) do grafo. Eles basearam-se na busca tabu proposta por Franca, Soza e Pureza (1999) para problemas de *cluster* e, posteriormente, aplicado com sucesso por Pureza et al. (2012) para o problema de roteamento de veículos com janelas de tempo e entregadores múltiplos. A abordagem consiste em um mecanismo integrado de diversificação que altera a regra da ativação tabu (GLOVER & LAGUNA, 1997) de acordo com os padrões de trajetória de busca durante a busca local. Essas

idéias são exploradas e aplicadas para o algoritmo de busca tabu desta tese, descrito no Capítulo 4.

2.4 Análise de Correspondência

Apesar da importância das análises estatísticas descritivas que consideram as informações isoladamente, também é interessante analisá-las conjuntamente, ou seja, relacioná-las pode levar a descobertas úteis, por exemplo, para uma melhor satisfação do visitante no contexto desta tese. Pode-se, por exemplo, associar perfis dos visitantes com outras características. Para realizar as análises pretendidas, técnicas estatísticas multivariadas podem ser empregadas.

Estas técnicas têm sido frequentemente utilizadas em áreas como gerenciamento, *marketing*, medicina, sociologia, economia e mercado, entre várias outras. As técnicas multivariadas permitem analisar o comportamento de várias variáveis simultaneamente. Sua compreensão deve auxiliar bastante nas particularidades exibidas por dados multivariados, como ocorre aqui neste estudo. As técnicas multivariadas de interdependência mais utilizadas são: análise fatorial, análise em componentes principais, análise de *clustering*, entre outras (MONTEGOMERY, 1992). As Análises de Variáveis Categóricas evitam que transformações excessivas distorçam a informação originalmente coletada. Neste sentido, destacam-se as técnicas de análise de correspondência - AC e a análise de correspondência múltipla - ACM para a análise de dados multivariados estritamente categóricos, pela flexibilidade e facilidade de interpretação.

O termo análise de correspondência (*Correspondence Analysis*) deriva do francês (*Analyse factorielle de correspondence*) e foi o termo usado por Jean-Paul Benzecri e outros que desenvolveram a técnica (BARTHOLOMEW et al., 2002). Contudo, a idéia básica é encontrada muito antes, na tentativa de realizar escalas comparativas de categorias em tabelas de contingências. É usualmente empregada para estudar as relações entre variáveis bem como entre as categorias dessas variáveis, representando suas proximidades em um sistema de projeção plana. Estas proximidades são descritas por distâncias projetadas em um plano e avaliadas segundo seu posicionamento, estabelecendo ou revelando possíveis associações. O plano resultante da análise é frequentemente denominado de mapa de percepções (RINALDI, 2007).

Muitas vezes, as técnicas estatísticas multivariadas impõem restrições aos dados, como normalidade, que são difíceis de serem testadas. Com a AC, isso não acontece. Por ser uma técnica com apelo gráfico, basta que as variáveis categóricas sejam aleatórias e que haja boa concentração de toda informação nos dois primeiros componentes, formando o mapa de percepções a ser interpretado em gráficos.

A AC simples envolve uma tabela de dupla entrada, referente ao cruzamento de apenas duas variáveis. O gráfico apresenta dois conjuntos de pontos: pontos correspondentes às linhas e pontos correspondentes às colunas. As associações podem ser obtidas por meio dos pontos (categorias) linhas que estão próximos dos pontos (categorias) colunas e que representam combinações que ocorrem com maior frequência do que seria esperado por um modelo de dependência, ou seja, no qual as categorias linha não estariam correlacionadas com as categorias coluna. Como resultado da análise de correspondência simples, é obtida a melhor representação bidimensional dos dados e uma medida denominada inércia, que representa a quantidade de informação retida em cada dimensão (RINALDI, 2007).

A análise de correspondência múltipla é uma extensão de correspondência simples para o caso de três ou mais variáveis categóricas. Este procedimento é muito parecido com o anterior. As variáveis com suas categorias são ajustadas em uma sequência, de forma que fiquem todas no mesmo espaço multidimensional. Desta forma, a análise de correspondência múltipla realiza uma análise de correspondência simples na qual cada coluna da matriz corresponde a um nível de variável categórica. Na análise de correspondência simples, uma tabela de dupla entrada é analisada, enquanto na análise de correspondência múltipla, uma tabela de múltiplas entradas é projetada dentro de uma dimensão. O procedimento de análise de correspondência múltipla traz algumas alterações importantes para a análise de dados. Nesta, utiliza-se apenas uma dimensão (ou uma variável), assim obtêm-se apenas contribuições para um perfil, o das colunas. Contudo, não se pode desprezar da análise o número de categorias para cada uma das variáveis originais, ainda que todas tenham sido alocadas à uma única variável (RINALDI, 2009).

A representação gráfica da AC é rica em informação permitindo ao analista visualizar rapidamente as relações entre as variáveis, como no exemplo da Figura 2.7. Ela se enquadra dentro de um conjunto de técnicas multivariadas de interdependência, possibilitando que as relações entre variáveis sejam identificadas a partir de pontos-linhas e pontos-coluna. Elementos como auto-valores (*Eigen values*) colaboram para que o analista identifique a qualidade das informações mostradas nos gráficos da análise de correspondência. Os auto-

valores representam o percentual de informações explicadas por cada um dos eixos. O principal objetivo dela é a sintetização da massa de dados, poupando muitos recursos que poderiam ser despendidos no processamento e a análise dos mesmos. A concentração de informações (medida pelos autovalores relativos ao número total de dimensões apresentadas pelas variáveis aleatórias analisadas) deve ocorrer de forma que pelo menos 70% estejam nos dois primeiros componentes que formam o mapa de percepções.

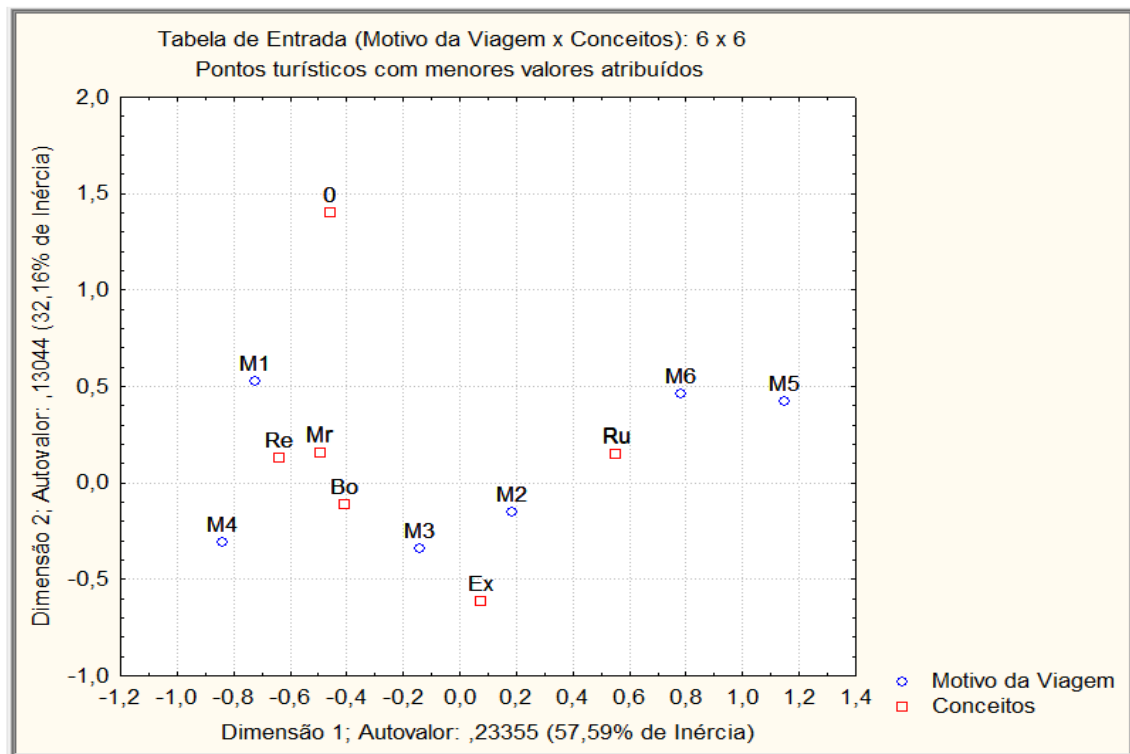


Figura 2.6. Mapa de percepções, resultado da análise de correspondência.
Fonte: Elaborado pelo autor

Recomenda-se que antes da representação gráfica da AC, o teste de Qui-Quadrado (χ^2) seja realizado e que, preferencialmente, a dependência entre as variáveis seja significativa (uma vez que as proximidades serão calculadas a partir dos resíduos resultantes do teste). Adicionalmente, recomenda-se que seja calculado o critério β para que se possa reforçar/validar a representação gráfica. Valores de β superiores a 3 indicam que as variáveis são dependentes a um risco de 5%, em que:

$$\beta = \frac{(\chi^2 - (n - 1)(k - 1))}{\sqrt{(n - 1)(k - 1)}} \quad (2.21)$$

Em que: n = número de linhas e k = número de Colunas da tabela de contingência.

A AC é obtida por cálculos de álgebra linear, utilizando distâncias e autovalores das variáveis analisadas. Todo o cálculo é iniciado a partir das frequências encontradas nas categorias de duas ou mais variáveis cruzadas, obtendo-se uma matriz denominada como matriz de correspondência. Esta sofre transformações, como centralização e padronização, sendo decomposta por meio de seus autovalores, gerando novos eixos de coordenadas (componentes) nos quais os dois mais significativos serão responsáveis pela formação do plano de percepções a ser interpretado.

Um exemplo de como o resultado é apresentado pelo programa STATISTICA para este tipo de análise é mostrado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Exemplo de resultados de uma análise de correspondência simples.

Total da Inércia = 0,17420 Qui-quadrado = 19,162 df = 10					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,3882	0,1507	86,5243	86,5243	16,5797
2	0,1532	0,0234	13,4757	100,0000	2,5822

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta tabela apresenta a análise da matriz indicadora, de onde se retiram os resultados, e contém várias informações como: o número de dimensões que são os componentes na análise. O auto-valor, ou inércia, é o peso de cada eixo na análise. O percentual da inércia, ou proporção, é o quanto cada eixo representa do total da inércia. O percentual acumulado da inércia é o total acumulado da proporção de inércia até aquele eixo e o valor do qui-quadrado é uma estatística não paramétrica utilizada no cálculo do β .

Como se pode ver na Tabela 2.1, a frequência acumulada para o (Eixo2) tem 86,52%, ou seja, mais de 70%, o que torna possível a formação do plano (mapa de percepção) com os dois eixos. Uma vez obtidos os eixos, deve-se calcular as coordenadas dos pontos que estarão no plano que, possivelmente, fornecerá as associações existentes entre as categorias das variáveis estudadas.

Supondo que existam duas variáveis em análise, a primeira é denominada de perfil linha, e é alocada em uma matriz Y, por exemplo, e a segunda variável é denominada de perfil coluna, e é alocada em uma matriz Z. As duas primeiras colunas de Y contêm os pares de coordenadas de pontos linha na melhor representação bidimensional dos dados e, da mesma forma, as duas primeiras colunas de Z contêm os pares de coordenadas de pontos coluna na

melhor representação bidimensional de dados. O último procedimento a ser realizado é colocar os dois conjuntos de pontos, obtidos por meio de Y e Z, que sobrepostos no mesmo gráfico formam o mapa de percepções.

Segundo Hair et al. (2009), o mapa da Figura 2.6 é um exemplo de plano perceptivo contando com duas dimensões e apresenta o resultado de uma pesquisa que buscou correspondência entre duas variáveis ou categóricas.

Batista et al. (2004) afirmam que categorias com localização próxima na projeção plana têm relação mais forte do que categorias mais separadas. Quanto mais próximas duas variáveis no gráfico, mais freqüente as suas ocorrências conjuntas.

Para interpretação do mapa de percepções, convém reforçar alguns conceitos:

- a) Quanto mais próximas as variáveis entre si no plano, mais associadas elas estão;
- b) Pouco se pode concluir de uma variável que está muito afastada das demais;
- c) Quanto mais próximas as variáveis estiverem das duas linhas paralelas aos dois eixos cartesianos, que passam no ponto (0,0), maior será a frequência que elas ocorrem, ou seja, mais representativas serão.

Neste capítulo, revisou-se diversos trabalhos na literatura, que definem métodos em roteiros turísticos, e apresentam a definição e classificação de roteiros e as etapas para realização de um planejamento para roteirização, conforme preconiza o MTur. Revisou-se também o emprego da modelagem de otimização dos problemas baseados nos chamados problemas do caixeiro viajante (TSP), em particular dos problemas do caixeiro viajante com coleta de prêmios (CPTSP) e com prioridade de prêmios (TSPPP), visto que na abordagem de otimização desta tese (Capítulo 3) os roteiros turísticos são influenciados pelos prêmios e pelos custos implicados na visita aos pontos turísticos. Revisou-se também a meta-heurística de Busca Tabu, que é utilizada para resolver problemas grandes desta tese, conforme Capítulo 4. Além disso, revisou-se os trabalhos na literatura que abordam as técnicas de análise de correspondência, para dar subsídio para a elaboração de rotas específicas correspondentes ao perfil e comportamento de viagem dos turistas que participam de viagem com rotas turísticas programadas, conforme discutido no Capítulo 5.

Todos esses trabalhos revisados suportam e contribuem com o objetivo maior deste estudo, que é o de apresentar uma abordagem de otimização para apoiar de forma efetiva a elaboração e análise de roteiros turísticos.

Capítulo 3 - Definição e formulação do problema

Neste capítulo, o problema desta tese é formalmente definido e são propostos modelos matemáticos para representá-lo e para resolvê-lo via *softwares* de otimização, combinando o TSP coleta de prêmios (CPTSP da Seção 2.2) e o TSP com prêmios de prioridade (TSPPP da Seção 2.2).

3.1 Definição do problema

Nesta tese, propõe-se o uso de uma abordagem de otimização para apoiar a elaboração e análise de roteiros turísticos. Para tanto, utiliza-se algumas variantes do TSP, como o CPTSP e o TSPPP. No CPTSP, conforme mencionado no Capítulo 2, são definidas variáveis binárias que determinam se um nó i é visitado e se um arco (i, j) é percorrido. No presente estudo, o nó i é o ponto turístico que pode ou não ser visitado no roteiro em elaboração, sendo que ele inicia no nó $i = 1$ que é, por exemplo, o hotel em que o turista está hospedado. O arco (i, j) é o percurso do turista, quando ele se desloca do ponto turístico i para o ponto turístico j , sendo que no início do *city tour*, o arco $(1, j)$ é o deslocamento do turista do hotel para o primeiro ponto turístico visitado (Figura 3.1). Vale ressaltar que o arco (i, j) pode ou não ser percorrido, com exceção da saída (primeiro percurso) e da chegada (último percurso) do turista no hotel.

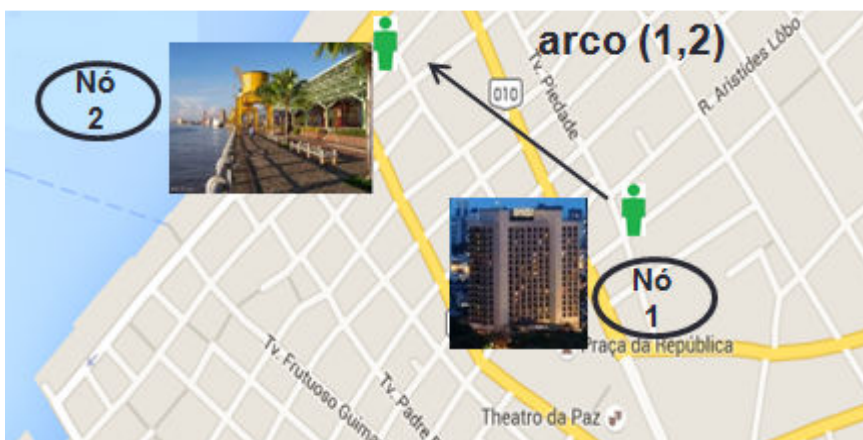


Figura 3.1. Deslocamento de um turista do nó 1 (Hotel) para o nó 2 (Estação das Docas), percorrendo o arco (1,2).

Fonte: Elaborado pelo autor

Admite-se que o turista parte do hotel, visita nós, não obrigatoriamente todos, e no final do percurso retorna ao hotel. Não podem haver subciclos, ou seja, realização de pequenos roteiros dentro do roteiro que começa e termina no hotel. A cada ponto visitado o turista atribuirá um valor, considerando como padrão o preço de visita de todos os nós (passeio completo). Este preço é aqui chamado de prêmio e representa o valor dado pelo turista a cada ponto turístico visitado.

Leva-se em conta também o custo necessário para que o turista realize o *tour*. Considera-se o valor cobrado para o deslocamento do turista de cada ponto turístico para outro, com base no custo médio de deslocamento por quilômetro percorrido utilizado pelas agências de turismo. Outra forma de definir esse custo é com base em tarifas de táxi, visto que é de interesse das agências avaliarem a relação: visita aos pontos turísticos em *city tour* programado por agências *versus* visita aos pontos turísticos *city tour* programado pelo turista utilizando táxi.

O objetivo do problema de roteiros turísticos consiste em minimizar a diferença entre o prêmio total recebido pelo turista e o custo total de realizar o *tour*, sujeito a restrição de que cada ponto turístico é visitado no máximo uma vez pelo turista, e o turista sai e depois volta para o hotel neste *tour*. Ou seja, neste problema o turista parte do hotel, visita alguns ou todos os nós, e no final do percurso retorna ao hotel, sem fazer subciclos dentro do roteiro.

Outro problema que também é utilizado neste estudo para modelar o problema de roteiros turísticos é o TSPPP, conforme Capítulo 2, sendo que agora, além do preço (prêmio) atribuído aos pontos turísticos, também é levado em conta a ordem de visita dos pontos turísticos. Neste caso, também é definido um preço (prêmio) que poderá ser pago pelo turista, caso ele tenha interesse de mudar a ordem da visita dos pontos turísticos. Em outras palavras, o turista pode estabelecer preços diferentes para visitar um ponto turístico em primeiro lugar, em segundo lugar, etc., no roteiro, ou quem sabe até em último lugar na sequência de visitas realizadas por ocasião desse *tour*.

Neste problema do caixeiro viajante combinado com coleta de prêmios (CPTSP) mais prêmios de prioridade (TSPPP), aqui chamado de CPTSPPP, o objetivo consiste em minimizar a diferença entre o prêmio recebido pelo turista (prêmio relativo à visita mais o prêmio relativo à ordem da visita) e o custo de realizar o *tour*. O objetivo do CPTSPPP é igual ao do CPTSP, e as condições anteriores também são válidas. Porém, agora o problema combinado considera também os prêmios de prioridade, dependentes da sequência de visitas. Note que esse problema CPTSPPP combina o CPTSP e o TSPP revisados no Capítulo 2, ou seja, trata-se de um

TSPPP com coleta de prêmios que agora não precisa mais visitar todos os clientes ou, similarmente, um CPTSP com prioridade de prêmios que agora também considera prêmios de prioridade na ordem da visita. Não tem-se conhecimento de outros trabalhos da literatura que estudaram essa variante (CPTSPPP) do TSP, muito menos aplicada para o problema da elaboração de roteiros turísticos.

3.2 Formulação do problema

Nesta Seção, formula-se o CPTSPPP, como uma combinação do CPTSP e do TSPPPP. Sejam um grafo com n nós e os seguintes parâmetros do problema:

p'_{ki} : O prêmio devido a ordem de visita k no ponto turístico i . Cada mudança na ordem de visita k de um ponto i corresponde a um prêmio diferente, similarmente ao TSPPPP.

p_i : o prêmio recebido por visitar um ponto i , independente de sua ordem de visita.

c_{ij} = custo de viajar do nó i para o nó j .

Sejam as variáveis do problema:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco } (i, j) \text{ é percorrido} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$Y_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{se o nó } i \text{ é visitado na ordem } k \text{ do roteiro} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Z_i = variável auxiliar para evitar subciclos

O modelo de programação linear inteira mista para o CTSPPP é dado por (com $X_{ii} \equiv \emptyset$):

$$\max \sum_k \sum_i (p'_{ki} + p_i) Y_{ki} - \sum_{i \neq j} \sum_j c_{ij} X_{ij} \quad (3.1)$$

$$\sum_{i \neq j} X_{ij} = \sum_k Y_{kj}, \forall j \quad (3.2)$$

$$\sum_{\substack{i \\ i \neq 1}} X_{i1} = 1 \quad (3.3)$$

$$\sum_{\substack{j \\ j \neq i}} X_{ij} = \sum_k Y_{ki}, \forall_i \quad (3.4)$$

$$\sum_{\substack{j \\ j \neq 1}} X_{1j} = 1 \quad (3.5)$$

$$Z_i - Z_j + nX_{ij} \leq n - 1, \forall_i, \forall_j, i \neq j, i \neq 1 \quad (3.6)$$

$$X_{1j} = Y_{1j} \quad (3.7)$$

$$X_{ij} \geq Y_{(k-1),i} + Y_{kj} - 1, \forall_i, \forall_j, \forall_k, k \neq 1 \quad (3.8)$$

$$\sum_i Y_{ki} \geq \sum_j Y_{k+1,j}, \forall_k, k \neq n \quad (3.9)$$

$$\sum_k Y_{ki} \leq 1, \forall_i \quad (3.10)$$

$$\sum_i Y_{ki} \leq 1, \forall_k \quad (3.11)$$

$$\text{Com} \begin{cases} X_{ij}, Y_{ki} \in \{0,1\} \\ Z_i \text{ irrestrito} \end{cases} \quad (3.12)$$

A função objetivo linear (3.1) maximiza a prioridade de prêmios recebidos em cada nó, pela visita em si e também pela ordem da visita, menos os custos de transporte incorridos na sequência de visitas dos nós. As igualdades (3.2) e (3.4) referem-se às restrições de atribuição e acoplamento das variáveis X e Y . As igualdades (3.4) asseguram que a saída de cada nó é única se esse nó for visitado, enquanto que as igualdades (3.2) asseguram que a entrada para cada nó é única se esse nó for visitado. As igualdades (3.3) e (3.5) garantem que o *tour* comece e termine no depósito (nó 1). As restrições (3.6) evitam subciclos. As restrições (3.7) e (3.8) também acoplam as variáveis X e Y . As restrições (3.9) a (3.11), embora não sejam necessárias para o modelo, evitam simetrias (soluções factíveis equivalentes) e desta maneira, melhoram o desempenho da solução do modelo. Finalmente, as restrições (3.12) definem o domínio das variáveis. Convém ressaltar que, diferentemente do TSPPP, o modelo CPTSPPP não exige que todos os nós sejam visitados no *tour*, mas apenas aqueles nós que maximizam o valor da função objetivo (eventualmente todos os nós, dependendo dos valores dos prêmios e dos custos de

viagem). E diferentemente do CPTSP, o modelo CPTSPPP considera prêmios de prioridade no roteiro, além dos prêmios de visita.

Aplicando o modelo CPTSPPP no objeto de estudo desta tese, o problema de roteiros turísticos, tem-se que:

Os prêmios devidos à ordem de visita p'_{ki} foram definidos em pesquisas realizadas com turistas que já visitaram, ou realizaram *city tour* em Belém, que é o local onde realizou-se um estudo de caso, conforme Capítulos 5 e 6. Dessa forma, o turista poderá indicar novas alternativas para visitar os pontos de sua preferência, não seguindo rigorosamente o comando de um roteiro pré-definido. Da mesma forma, os prêmios devidos a visita p_i foram definidos em pesquisas realizadas com turistas que realizaram *city tour* em Belém.

E ainda, se um turista parte do ponto turístico i para o ponto turístico j , então essa variável tomará o valor binário 1, incluindo o arco $i \rightarrow j$ no roteiro turístico. Caso contrário, ela terá o valor 0, e esse arco não fará parte do roteiro. E, evitando realizar *sub tours* dentro do *tour* que começa e termina no hotel, o turista parte do hotel, visita alguns ou todos os nós, não obrigatoriamente todos, e no final do percurso retorna ao hotel.

Se o turista visitar o ponto turístico i na ordem k , então essa variável tomará o valor binário 1. Caso contrário, ela será igual a 0, e o ponto turístico i será ou não visitado, mas se for visitado, não será na ordem k .

3.3 Exemplos ilustrativos

A seguir são apresentados alguns exemplos ilustrativos para melhorar a compreensão do modelo e verificar sua corretude e consistência.

Exemplo 1: CPTSPPP (com valores de prêmios de visita e custos tais que os turistas visitam todos os nós no roteiro ótimo, ou seja, similar a um TSP com coleta de prêmios).

Neste exemplo, considera-se cinco nós (Figura 3.2), sendo um nó o depósito (Hotel) e os demais nós alguns pontos turísticos da Cidade de Belém (Ver-o-Peso, Museu Emílio Goeldi, Teatro da Paz e Mangal das Garças) (Tabela 3.1). Admite-se que os visitantes só poderão sair uma vez e chegar uma vez em cada ponto turístico, se este for visitado no roteiro.

Tabela 3.1. Pontos turísticos de Belém do Pará

Nó	Pontos turísticos
1	Hotel
2	Ver-o-Pêso
3	Museu Emílio Goeldi
4	Teatro da Paz
5	Mangal das Garças

Fonte: Elaborado pelo autor

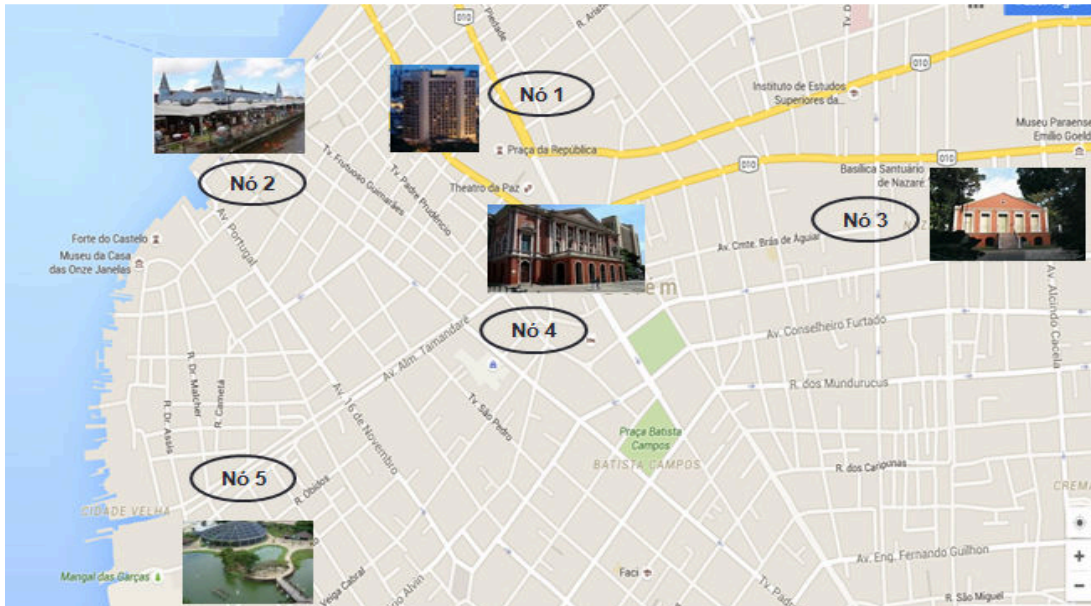


Figura 3.2. Pontos turísticos de Belém.

Fonte: Elaborado pelo autor

Por simplicidade, toma-se como custo de deslocamento entre os pontos de visita o valor da tarifa de táxi tabelada e utilizada na Cidade de Belém, num certo período de 2015, conforme a Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Custo de deslocamento da origem ao destino, em reais (R\$).

Origem	Destino				
	1	2	3	4	5
1	0	7.55	11.60	6.67	11.08
2	8.05	0	13.85	9.32	8.56
3	15.62	15.62	0	13.00	18.29
4	7.80	11.33	9.82	0	11.84
5	11.93	12.09	14.35	10.32	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Para cada ponto turístico, atribui-se arbitrariamente um prêmio de visita fictício, variando de 0 a 100, e associamos a cada nó a um valor n de 1 a 5, conforme a Tabela 3.3. Esses prêmios foram escolhidos de maneira que compensa o turista visitar todos os nós. (pontos).

Tabela 3.3. Prêmio do nó i

Ponto turístico	Nó	Prêmio
Hotel	1	0
Ver-o-Pêso	2	34
Museu Emílio Goeldi	3	98
Teatro da Paz	4	56
Mangal das Garças	5	92

Fonte: Elaborado pelo autor

Após definido o custo de deslocamento entre os nós e os prêmios associados a visita a cada nó, resolveu-se o modelo CPTSPPP com o auxílio do software GAMS 24.0.2 e CPLEX 12.5.0, e obteve-se os seguintes resultados:

O valor obtido na solução do CPTSPPP que maximiza o prêmio total menos o custo total é igual a 228.74, com o *Gap* de otimalidade de 0% (solução ótima) e tempo de execução menor que 1segundo. O roteiro ótimo parte do nó 1 para o nó 2 (hotel para o Ver-o-Peso), depois do nó 2 para o nó 5 (Ver-o-Peso para o Mangal das Garças), depois do nó 5 para o nó 3 (Mangal das Garças para o Museu Emílio Goeldi), em seguida do nó 3 para o nó 4 (Museu Emílio Goeldi para o Teatro da Paz) e, finalmente, do nó 4 para o nó 1 (Teatro da Paz para o Hotel). Conforme a Tabela 3.4 e Figura 3.3, o roteiro obedece todas as restrições do modelo CPTSP (Seção 3.1). Note que essa solução é igual à solução de um modelo TSP com coleta de prêmios de visita, ou seja, igual à solução do modelo CPTSP visitando todos os nós deste exemplo.

Tabela 3.4. Arco ao longo da rota.

		Arco (i, j) ao longo da rota				
		1	2	3	4	5
Nó i	1		1			
	2					1
	3				1	
	4	1				
	5			1		

Fonte: Elaborado pelo autor

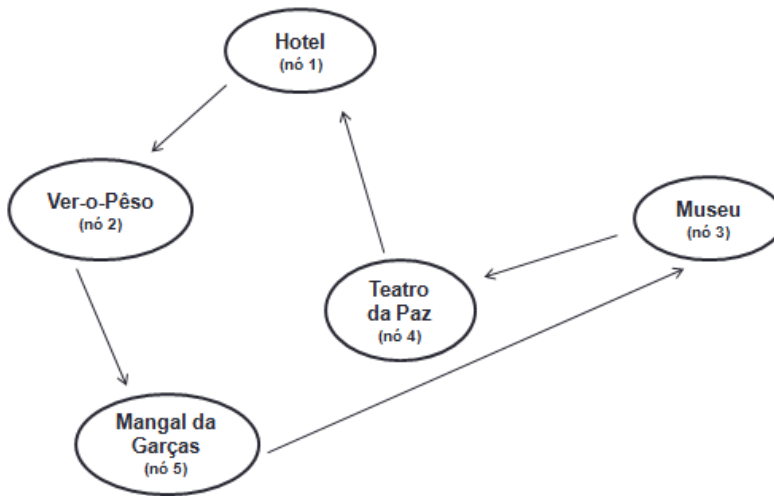


Figura 3.3. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 1.
Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 2: CPTSPPP (com valores de prêmios de visita e custos tais que os turistas não visitam todos os nós no roteiro ótimo), ou seja, similar ao CPTSP.

No exemplo 1, onde se encontra uma solução ótima para o modelo CPTSPPP, os turistas visitam todos os nós no roteiro ótimo. Agora se quer, para o mesmo modelo CPTSPPP, exemplificar uma situação em que não é mais lucrativo o turista visitar todos os nós. Considere-se, neste exemplo 2, os mesmos nós da Tabela 3.1, e o mesmo custo de deslocamento da origem ao destino da Tabela 3.2. Para cada ponto turístico, novamente atribui-se arbitrariamente um prêmio fictício, variando de 0 a 100, e associa-se a cada nó a um valor n de 1 a 5, conforme a Tabela 3.5. Note que o prêmio de visita do Ver-o-Peso foi reduzido de 34 (Tabela 3.4) para 5 (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Prêmio do nó i . Exemplo 2

Ponto turístico	Nó	Prêmio
Hotel	1	0
Ver-o-Pêso	2	5
Museu Emílio Goeldi	3	98
Teatro da Paz	4	56
Mangal das Garças	5	92

Fonte: Elaborado pelo autor

Após definido o custo de deslocamento entre os nós e os prêmios associados a cada nó, resolveu-se o modelo CPTSPPP com o auxílio do software GAMS/CPLEX, conforme se mencionou no exemplo 1, e obteve-se os seguintes resultados:

O valor obtido na solução do CPTSPPP que maximiza o prêmio total menos o custo total é igual a 199,77, com o *Gap* de otimalidade de 0% (solução ótima) e tempo de execução menor que 1 segundo. O roteiro ótimo parte do nó 1 para o nó 5 (Hotel para o Mangal das Garças), depois do nó 5 para o nó 3 (Mangal das Garças para o Museu Emílio Goeldi), em seguida do nó 3 para o nó 4 (Museu Emílio Goeldi para o Teatro da Paz), e finalmente do nó 4 para o nó 1 (Teatro da Paz para o Hotel). Conforme a Tabela 3.6 e Figura 3.3, esse roteiro obedece todas as restrições do modelo CPTSPPP (Seção 3.1). Note que essa solução é igual a solução do modelo CPTSP para esse mesmo exemplo. Verifica-se que quando se atribui o prêmio de valor igual a 5 ao nó 2 na Tabela 3.5, o nó 2 não é visitado, no entanto, se atribui um prêmio no valor acima de 5 ao nó 2, ele passa a ser visitado, ou seja, para um prêmio acima do valor 5, é vantajoso para o turista visitar o nó 2.

Tabela 3.6. Arco ao longo da rota. Exemplo 2.

		Arco (i, j) ao longo da rota			
		1	3	4	5
Nó i	1				1
	3			1	
	4	1			
	5		1		

Fonte: Elaborado pelo autor

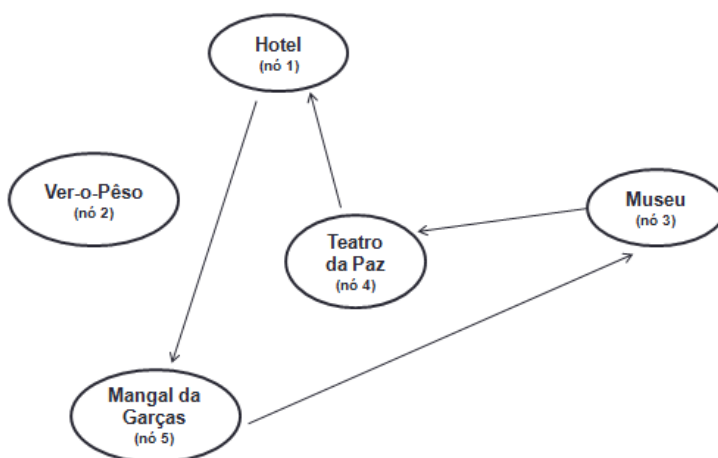


Figura 3.4. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 2.

Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 3: CPTSPPP (com valores de prêmios de visita e prioridade e custos tais que os turistas visitam todos os nós no roteiro ótimo, ou seja, similar ao TSPPP).

Neste exemplo, quer-se, para o modelo CPTSPPP, exemplificar uma situação em que os turistas visitam todos os nós para coletar prêmios de visita e prêmios de prioridade. Considera-se neste exemplo 3 os mesmos nós da Tabela 3.1, e os mesmos custos de deslocamento da origem ao destino da Tabela 3.2. Para cada ponto turístico, novamente atribui-se arbitrariamente um prêmio fictício, variando de 0 a 100, e associa-se a cada nó um valor n de 1 a 5, conforme a Tabela 3.3. Em seguida, sugere-se um alto prêmio de valor 50, para que o nó 3 (Museu Emílio Goeldi) seja o primeiro na ordem de visita do roteiro, conforme a Tabela 3.7

Tabela 3.7. Prêmio de ordem k no nó i . Exemplo 3.

Ordem	Nó				
	1	2	3	4	5
1	0	0	50	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Após definidos os custos de deslocamento entre os nós, os prêmios associados a cada nó, e os prêmios relativos à ordem de visitação, resolveu-se o modelo CPTSPPP, novamente com o auxílio do software GAMS/CPLEX, conforme mencionado no exemplo 1, e obteve-se os seguintes resultados:

O valor obtido na solução do CPTSPPP que maximiza o prêmio total menos o custo total é igual a 276.10, com o *Gap* de otimalidade de 0% (solução ótima) e tempo de execução menor que 1 segundo. O roteiro ótimo parte do nó 1 para o nó 3 (Hotel para o Museu Emílio Goeldi), depois do nó 3 para o nó 2 (Museu Emílio Goeldi para Ver-o-peso), em seguida do nó 2 para o nó 5 (Ver-o-peso para o Mangal das Garças), depois do nó 5 para o nó 4 (Mangal das Garças para o Teatro da Paz), e finalmente do nó 4 para o nó 1 (Teatro da Paz para o Hotel). Conforme a Tabela 3.8 e 3.9 e Figura 3.4, esse roteiro obedece todas as restrições do modelo CPTSPPP (Seção 3.1). Note que essa solução é igual à solução do modelo TSPPP para esse mesmo exemplo.

Tabela 3.8. Arco ao longo da rota. Exemplo 3.

		Arco (i, j) ao longo da rota				
		1	2	3	4	5
Nó i	1			1		
	2					1
	3		1			
	4	1				
	5				1	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3.9. Ordem de visita k por nó i . Exemplo 3.

		Nó i				
		1	2	3	4	5
Ordem k	1			1		
	2		1			
	3					1
	4				1	
	5	1				

Fonte: Elaborado pelo autor

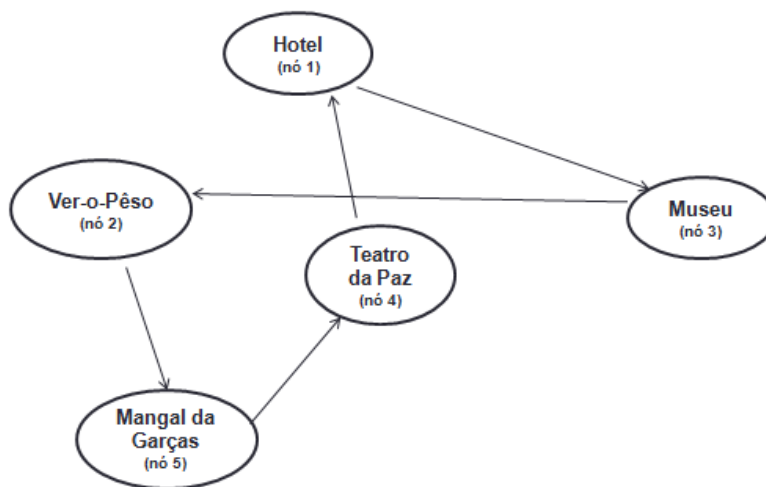


Figura 3.5. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 3.

Fonte: Elaborado pelo autor

No exemplo da Figura 3.3, o custo da viagem é de R\$ 51,26, enquanto que no exemplo da Figura 3.5, o custo da viagem é de R\$ 53,90. Ou seja, o custo da viagem aumentou em relação a viagem do exemplo da Figura 3.5, contudo ainda vale a pena para o turista realizar a viagem da Figura 3.5. Pois, no exemplo dessa Figura 3.5, ele maximiza os prêmios obtidos na viagem, mesmo tendo um custo maior.

Exemplo 4: CPTSPPP (com valores de prêmios de visita e prioridades e custos tais que os turistas não visitam todos os nós no roteiro ótimo).

Neste exemplo, quer-se para o modelo CPTSPPP, exemplificar a situação mais geral em que os turistas não visitam todos os nós para obter o maior lucro, levando em conta prêmios de visita e de prioridades. Considera-se, neste exemplo 4, os mesmos nós da Tabela 3.1, os mesmos custos de deslocamento da origem ao destino da Tabela 3.2. Para cada ponto turístico, atribui-se arbitrariamente um prêmio fictício, variando de 0 a 100 conforme a Tabela 3.10 a seguir, e associa-se a cada nó a um valor n de 1 a 5, conforme a Tabela 3.3. Em seguida, utiliza-se um alto prêmio de valor 50, para que o nó 3 (Museu Emílio Goeldi) seja o primeiro na ordem de visita do roteiro, conforme a Tabela 3.7.

Tabela 3.10. Prêmio do nó i . Exemplo 4.

Ponto turístico	Nó	Prêmio
Hotel	1	0
Ver-o-Pêso	2	34
Museu Emílio Goeldi	3	98
Teatro da Paz	4	6
Mangal das Garças	5	92

Fonte: Elaborado pelo autor

Após definidos os custos de deslocamento entre os nós, os prêmios associados a cada nó, e os prêmios relativos à ordem de visitação, resolve-se o modelo CPTSPPP.

O valor obtido na solução do CPTSPPP que maximiza o prêmio total menos o custo total é igual a 226.29, com o *Gap* de otimalidade de 0% (solução ótima) e tempo de execução menor que 1segundo. O roteiro ótimo parte do nó 1 para o nó 3 (Hotel para o Museu Emílio Goeldi), depois do nó 3 para o nó 2 (Museu Emílio Goeldi para Ver-o-peso), em seguida do nó 2 para o nó 5 (Ver-o-peso para o Mangal das Garças), e finalmente do nó 5 para o nó 1 (Mangal das Garças para o Hotel). Conforme a Tabela 3.11 e 3.12 e Figura 3.5, ele obedece todas as restrições do modelo CPTSPPP (Seção 3.1). Verifica-se que quando atribuímos o prêmio de valor igual a 6 ao nó 4 na Tabela 3.10, o nó 4 não é visitado. No entanto, ao se atribuir um prêmio no valor acima de 6 ao nó 4, ele passa a ser visitado, ou seja, para um prêmio acima do valor 6, é vantagem para o turista visitar o nó 4.

Tabela 3.11. Arco ao longo da rota. Exemplo 4.

		Arco (i, j) ao longo da rota			
		1	2	3	5
Nó i	1			1.000	
	2				1.000
	3		1.000		
	5	1.000			

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3.12. Ordem de visita k por nó i . Exemplo 4.

		Nó i			
		1	2	3	5
Ordem k	1			1.000	
	2		1.000		
	3				1.000
	5	1.000			

Fonte: Elaborado pelo autor

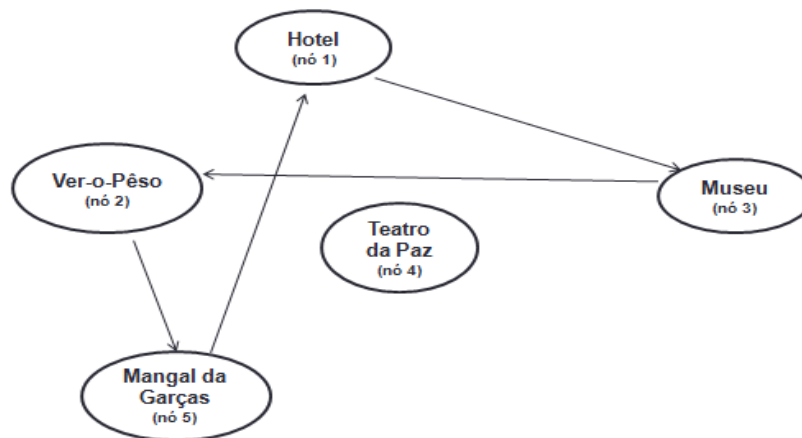


Figura 3.6. Roteiro ótimo do modelo CPTSPPP do exemplo 4.

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste capítulo, o problema desta tese foi formalmente definido e formulado por um modelo matemático de programação linear inteira para representá-lo e para resolvê-lo usando *software* de otimização, combinando o TSP coleta de prêmios (CPTSP) e o TSP com prêmios com prioridade (TSPPP). Em seguida, foram apresentados e resolvidos alguns exemplos ilustrativos para melhor compreensão do modelo e avaliação de sua consistência. Convém salientar que o CPTSP pode ser visto como um caso particular do CPTSPPP, em que todos os prêmios da ordem de prioridade são nulos, ou em todos que são iguais entre si.

Na definição do problema considera-se o uso de um método de otimização para apoiar a elaboração e análise de roteiros turísticos utilizando algumas variantes do TSP, como o

CPTSP e o TSPPP definidos no Capítulo 2. Neste, foi apresentado um modelo de programação linear inteira mista para o CPTSPPP, para apoiar o objetivo maior da tese, que é propor uma abordagem de otimização para a elaboração de roteiros turísticos. A função objetivo deste modelo é igual a do CPTSP, porém agora considera-se também os prêmios de prioridade, dependentes da sequência de visitas. Conforme mencionamos, o CPTSPPP combina o CPTSP e o TSPP, ou seja, pode ser visto como um TSPPP com coleta de prêmios, que não precisa visitar todos os nós no roteiro ótimo, ou como um CPTSP com prioridade de prêmios, que considera também os prêmios de prioridade. Como dito anteriormente, não se tem conhecimento de outros estudos da literatura que estudaram essa variante (CPTSPPP) do TSP. Com o uso do *software* GAMS/CPLEX, resolveu-se alguns exemplos ilustrativos que ajudam a melhor compreender o modelo e reforçam sua consistência e corretude. No Capítulo 6 são resolvidos exemplos maiores e mais realistas para esse problema usando o modelo proposto neste Capítulo.

Capítulo 4 – Algoritmo de Busca Tabu

Dadas as dificuldades intrínsecas na resolução de instâncias maiores do CPTSPPP com métodos exatos, propõe-se neste capítulo um algoritmo heurístico capaz de fornecer soluções de alta qualidade em tempos computacionais relativamente curtos para todas as instâncias abordadas nesta tese. O algoritmo baseia-se na abordagem de busca tabu adaptativa proposta em França, Sosa e Pureza (1999) para o Problema de Agrupamento Capacitado e posteriormente aplicada em Pureza, Morabito e Reimann (2012) para o Problema de Roteamento de Veículos com Janelas de Tempo e Múltiplos Entregadores, e em Pureza, Morabito e Luna (2016) para o Problema do Caixeiro Viajante com Prêmios de Prioridade.

A abordagem consiste em um mecanismo integrado de intensificação/diversificação que altera a regra de ativação tabu (GLOVER & LAGUNA, 1997) de acordo com os padrões de trajetória de busca (a curva do valor da solução versus iteração) durante a busca local. Basicamente, assume-se que os padrões de trajetória de busca refletem o nível de restritividade imposto pelos valores dos parâmetros tabu, ou seja, pelo período tabu e pela regra de ativação tabu, de maneira que o foco do algoritmo é o de alterar os níveis de restritividade de forma a intensificar a exploração quando as trajetórias identificam regiões possivelmente promissoras, e promover a diversificação da busca para outras partes do espaço de solução se as chances da melhoria parecem mínimas.

4.1 Padrões de trajetória

Para identificar um padrão de trajetória, o processo de busca é dinamicamente dividido em estágios e para cada dois estágios consecutivos $g - 1$ e g . O valor médio da solução no estágio g (μ_g) é comparado com o valor médio da solução no estágio $g - 1$ (μ_{g-1}). Se esses valores médios forem aproximadamente iguais e o coeficiente de variação das médias dos dois estágios estiver próximo de zero, entende-se que a busca descreve uma trajetória estagnada. Por outro lado, se μ_g é maior que μ_{g-1} , uma trajetória de ascensão está ocorrendo. Similarmente, uma trajetória descendente é identificada se μ_g é menor do que μ_{g-1} .

Uma vez que o padrão de trajetória é identificado, as alterações nos níveis de restritividade são prescritas para iterações th , em que h é um número inteiro gerado

aleatoriamente em uma faixa pré-especificada $[h_{min}, h_{max}]$ e τ é um fator de ajuste associado ao padrão de trajetória observado. Antes da avaliação da trajetória, verifica-se se houve melhora na última etapa. Neste caso, os níveis de restritividade e o valor do fator de ajuste também são definidos de forma apropriada. Ou seja, a abordagem reage a fases de melhoria, estagnação, trajetórias ascendentes e trajetórias de descendente, o implica em quatro valores de fator de ajuste τ possíveis para definir a duração da aplicação das alterações nos níveis de restritividade. O período de aplicação corresponde a um novo estágio $g + 1$ e uma vez que este termina, uma nova avaliação de padrão de trajetória é realizada usando os valores médios dos estágios g e $g + 1$, e assim por diante.

A Figura 4.1a ilustra a identificação de uma trajetória descendente no estágio de busca g ($\mu_{g-1} > \mu_g$) e a conseqüente prescrição de redução dos níveis de restritividade. A Figura 4.1b mostra o impacto da redução desses níveis no estágio $g+1$. Quando uma nova avaliação do padrão de trajetória é realizada após $\tau \times h_{g+1}$ iterações, μ_{g+1} é comparada a μ_g , indicando uma trajetória ascendente. Note que no caso do CPTSPPP, trajetórias ascendentes e fases de melhoria indicam regiões promissoras para as quais se prescreve nenhuma mudança ou a redução dos níveis de restritividade, enquanto que para trajetórias descendentes, a restritividade imposta pelos parâmetros tabu é levemente relaxada para interromper a diversificação. Por fim, quando ocorre estagnação na busca, são impostos altos níveis de restritividade, visando a diversificação.

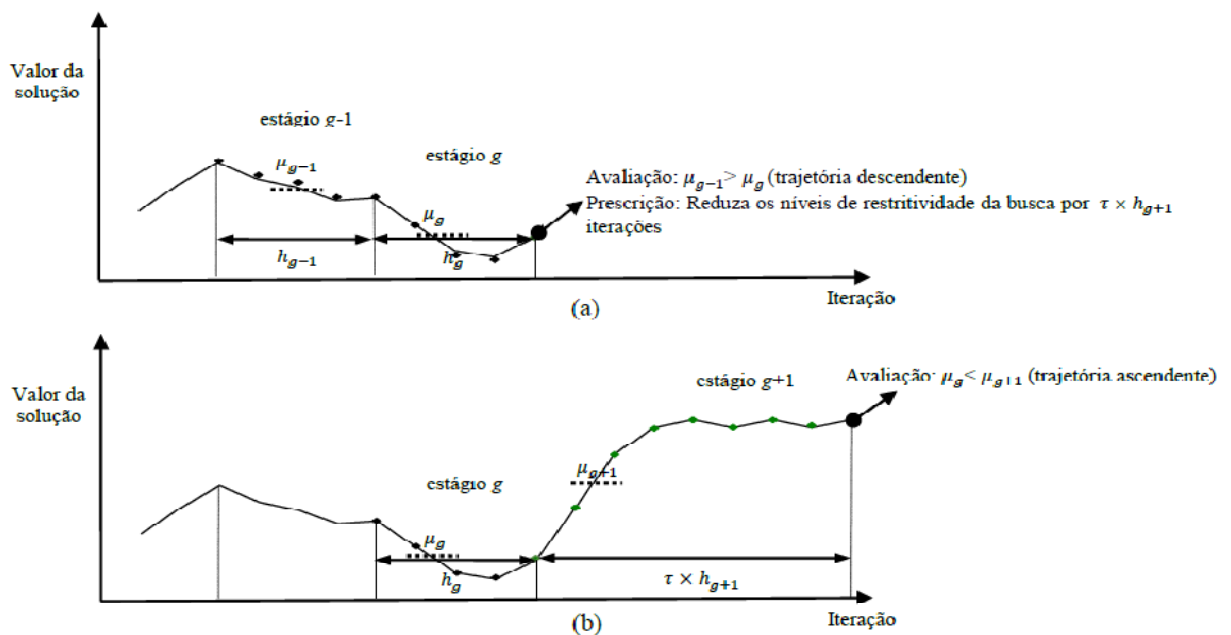


Figura 4.1: Mecanismo de intensificação/diversificação

4.2 Descrição do algoritmo

Uma descrição do algoritmo de busca tabu para o CPTSPPP (doravante referenciado como algoritmo TS) é apresentada a seguir:

1. Seja n o número total de nós a serem considerados para roteamento.
2. (Construção da rota) A partir de uma rota parcial S , compreendendo um nó escolhido aleatoriamente i ($i \neq 1$) e o nó 1 fixado na n -ésima posição da rota, expanda S selecionando o nó não roteado j e sua posição de inserção que resulta no maior lucro. Repita a etapa até que todos os nós sejam roteados.
3. Inicialize a iteração atual, defina os parâmetros tabu padrão e aplique a busca local para dois estágios consecutivos $g - 1$ e g .
4. Repita até que o tempo máximo de execução T_{\max} seja atingido:
 - 4.1 Se nenhuma melhora da solução tiver sido obtida no estágio g , identifique o padrão de trajetória atual descrito pelos estágios $g-1$ e g .
 - 4.2 Defina os parâmetros tabu de acordo com o padrão de trajetória ou fase de melhoria. Aplique a busca local para o número prescrito de iterações, obtendo um novo estágio de busca $g + 1$. Faça $g - 1 = g$ e $g = g + 1$.
5. Retorne a melhor solução encontrada.

As rotas iniciais produzidas pela heurística de construção (passo 2) são melhoradas aplicando quatro tipos de movimentos. Dois deles, a troca de arcos 2-OPT e a troca de posição de dois nós, são utilizados em Pureza et al. (2016) para o CPTSPPP. O terceiro e quarto movimentos, por sua vez, consistem respectivamente na remoção de um nó da rota para o conjunto de nós não roteados US, e na reinserção de um nó do conjunto US para a posição da rota que resulta no maior lucro total. Note que esses dois últimos movimentos são necessários para o CPTSPPP, uma vez que este admite rotas com um número de nós menor que n .

No caso dos movimentos 2-OPT e troca, os arcos excluídos (adicionados) são rotulados como tabu-ativos pelo período tabu determinado aleatoriamente na faixa sempre que um novo movimento prescreve sua adição (remoção), e conforme mencionado na Seção anterior, os níveis de restritividade são manipulados pela regra de ativação tabu. Esta última prescreve o número tolerável de arcos tabu-ativos para cada um dos dois tipos de movimento em um determinado estágio de busca. Observe que quanto menor for o valor de tolerância, mais restrito

é o processo de pesquisa. Valores de tolerância para 2- OPT e troca são dados pelos parâmetros TL e TE, respectivamente. No caso do movimento de remoção (reinscrição) de um nó, sua reinscrição (remoção) é rotulada como tabu-ativa, e o número de nós tabu-ativos tolerados por um destes dois tipos de movimento são dados pelos parâmetros TR (remoção) e TA (reinscrição). A duração (número de iterações) do status tabu-ativo de um dado arco ou nó é selecionada aleatoriamente no intervalo $[t_{min}, t_{max}] = [10, 20]$.

No passo 3, os valores iniciais de tolerâncias (TL, TE, TR, TA) = (1, 1, 1, 1) são aplicados nos dois primeiros estágios de pesquisa. O primeiro estágio compreende todas as soluções entre a solução de partida e o primeiro ótimo local, enquanto o segundo estágio começa com a solução que se segue ao primeiro ótimo local e termina com a solução obtida h iterações à frente, sendo h aleatoriamente gerado no intervalo $[h_{min}, h_{max}] = [50, 100]$, também utilizado para gerar os comprimentos dos demais estágios.

No passo 4.2, se alguma melhoria da solução é obtida no último estágio, valores de tolerância (TL, TE, TR, TA) e fator de ajuste τ passam a ser iguais a (1, 2, 1, 1) e 0,1, respectivamente. Esses valores de tolerância visam intensificar a exploração em regiões possivelmente promissoras. Embora eles não pareçam altos, valores maiores quase invariavelmente levam à ciclagem. Usa-se um valor baixo para τ (resultando em um número relativamente pequeno de iterações) porque, em alguns casos, há geralmente apenas alguns movimentos de melhoria subsequentes.

Tolerâncias baixas (TL, TE, TR, TA) = (0, 1, 0, 0) com $\tau = 0,5$ são impostas quando ocorre a estagnação da busca, especificamente, quando o valor absoluto do percentual do desvio da solução entre a média da fase atual e solução da média da fase anterior é inferior ou igual a 5%, e o coeficiente de variação das médias dos dois estágios é inferior ou igual a 0,2. Ou seja, a estagnação é identificada quando:

$$\left| \frac{\mu_{g-1} - \mu_g}{\mu_{g-1}} \right| \leq 0,05, \quad \sigma/\mu \leq 0.2 \quad (4.1)$$

Se o valor médio da solução aumenta (trajetória ascendente e possivelmente região promissora), não são aplicadas alterações de tolerância, porém faz-se $\tau = 2$. Finalmente, se o valor médio da solução diminui, as tolerâncias são definidas como (TL, TE, TR, TA) = (0, 1, 0, 0) e $\tau = 1$.

O algoritmo da busca tabu descrito neste capítulo é aplicado e analisado para resolver problemas de tamanho grande no Capítulo 6, em comparação com a solução do modelo proposto no Capítulo 3.

Capítulo 5– Análises Estatísticas e Definição de Parâmetros

Neste capítulo, é apresentado o estudo de caso no Estado do Pará e algumas análises estatísticas bem como a definição dos parâmetros do modelo do Capítulo 3 por meio dessas análises, para uso nos experimentos do Capítulo 6.

5.1 Estudo de caso em Belém do Pará

Conforme mencionado no Capítulo 1, foram coletados dados e informações referentes aos turistas na Cidade de Belém do Pará. Em seguida, eles foram analisados por meio de técnicas estatísticas, tais como análise de correspondência, revisados no Capítulo 2.

Na busca por um local adequado onde se pudesse realizar a coleta de dados, optou-se pela Cidade de Belém do Pará, devido à proximidade do pesquisador com os atores locais envolvidos na atividade turismo. A proposta de estudo pressupõe uma contribuição futura a uma melhoria no nível de satisfação das pessoas que realizam visita (turistas e comunidade local) aos pontos turísticos de um roteiro pré-definido. Como é descrito a seguir, pôde-se perceber que, devido ao interesse, tanto dos visitantes quanto dos atores envolvidos no turismo local, houve uma boa contribuição na inserção ao estudo proposto. Este fato acabou ampliando e enriquecendo o desenvolvimento dessa pesquisa.

A percepção de alguns atores envolvidos na atividade turismo

Foram envolvidos na pesquisa de campo cinco guias de turismo credenciados no cadastro nacional de guias, duas agências de turismo, um grupo de pesquisa de geografia do turismo da Faculdade de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará (GGEOTUR), o Sindicato dos Guias de Turismo (SINGTUR) e a Secretaria de Estado de Turismo do Pará (SETUR). Tanto os guias quanto as agências e o laboratório realizam visitas em pontos turísticos de Belém. Devido à diversidade de pacotes oferecidos e trabalhados por esses atores, não foi possível contar com todos, mas contou-se com a contribuição de dois guias credenciados, as duas agências de turismo, o laboratório de geografia e turismo, o sindicato dos guias e a SETUR.

Os dois guias são cadastrados no Cadastro Nacional do Ministério de Turismo (CADASTUR) e associados ao SINGTUR. Eles atuam em duas empresas locais, guiam grupos em visita dentro da Cidade de Belém e também fora da Cidade. Os guias foram contratados e remunerados para aplicar os questionários.

Quanto às duas agências de turismo, a primeira realiza *tour* de uma e duas noites na ilha do Marajó, *river tour* que são passeios pelos furos, igarapés, caminhada pela floresta e visita às ilhas e *city tour*, que são visitas aos pontos turísticos da Cidade de Belém. A segunda realiza *city tour*, visita aos parques ecológicos, passeio à ilha do Combú e ao litoral da zona do salgado do Pará (praias). As duas agências permitiram a aplicação dos questionários por meio dos seus guias.

O GGEOTUR é formado por seis monitores da graduação em geografia, três bolsistas do programa de iniciação científica, quatro professores mestres, cinco professores doutores e alguns professores colaboradores de outras faculdades. O laboratório também autorizou a aplicação dos questionários.

O SINGTUR possui mais de 50 guias sindicalizados. O SINGTUR reuniu os guias para pedir apoio no sentido de se colocarem a disposição para aplicar os questionários.

A SETUR coordena as políticas de turismo no Estado do Pará e possui um planejamento estratégico denominado Plano Ver-O-Pará. Ela atua em cinco frentes, denominadas grades de produtos turísticos, que são: Turismo na Natureza, Turismo Cultural, Turismo de Eventos e Turismo de Negócios. O organograma da SETUR apresenta uma coordenadoria de estudos e pesquisa, que possui quatro técnicos graduados em turismo, um doutorando em turismo, dois estatísticos e dois estagiários.

Instrumentos e materiais para a coleta de dados

O questionário elaborado

Elaborou-se um questionário (Apêndice A) com intuito de levantar o valor dado pelo visitante aos pontos turísticos visitados. No questionário, procurou-se avaliar o perfil do visitante (residência permanente, sexo, faixa etária, renda e escolaridade), seu hábito de viagem (motivo da viagem e tipo de hospedagem) e sua avaliação de cada ponto turístico visitado. Outra questão procura estabelecer uma ordem de importância para o visitante em relação aos pontos

visitados. Estas se tornaram de conhecimento do visitante logo após a realização de um roteiro percorrido. Finalmente, foram solicitadas informações sobre se o visitante mudaria de ordem, para decidir como ordená-las e se pagaria algum valor a mais por isso.

Realização da amostra piloto

Na pesquisa, foram aplicados um total de 110 questionários, sendo que antes da aplicação de todos estes questionários foi realizada uma amostra piloto com 65 entrevistas. A finalidade de uma amostra piloto, geralmente, é de testar os instrumentos de coleta de dados e verificar se o tamanho amostral proposto é adequado. Na amostra piloto foram entrevistados visitantes, que tiveram a experiência de participar de roteiros turísticos programados.

Uma contribuição da amostra piloto foi a inclusão de visitantes residentes na Cidade de Belém. Outra contribuição da amostra piloto foi à redefinição dos valores atribuídos aos pontos turísticos e o valor atribuído à mudança de rota. Neste item, o texto da pergunta 12 do questionário (Figura 5.1) não ficou bem claro e precisou de maior cuidado na hora de sua apresentação ao visitante. Na pergunta 8, do questionário, o valor original da escala era de R\$ 0,00 a R\$ 350,00, mas após a pesquisa piloto percebeu-se que os entrevistados tiveram dificuldades de atribuir valores nessa escala. Então, quando a pesquisa foi realizada com amostra maior, foram aplicados mais questionários, mudando a escala para o valor de R\$ 0,00 a R\$ 100,00, o que tornou mais fácil para o entrevistado responder. Então a pergunta 8, após a mudança de escala ficou da seguinte forma: Qual valor na escala de (0 a 100 reais) você daria para os pontos turísticos visitados por você?

Quanto ao tamanho amostral, pelas características do questionário e pela particularidade do tipo de pesquisa em roteiros turísticos, os questionários foram aplicados parte no meio e parte no término da visita, o que exigiu esforço do pesquisador. Devido ao cansaço físico do caminho percorrido e a dispersão dos visitantes imediatamente após o término da visita, teve-se que aplicar parte dos questionários durante o percurso e combinar com os visitantes a conclusão da pesquisa no final do percurso. Tal decisão se pautou em tomar o maior tamanho amostral possível, pois se despendia, em média, cerca de cinco minutos por entrevista para preenchimento do questionário. Desta forma, no período citado foram coletados cento e dez questionários. Assim, com este procedimento, ficou caracterizada uma amostragem aleatória estratificada por grupo de visita. Desta forma, foram entrevistados cerca de 10% dos visitantes

que participaram de visitas a roteiros turísticos programados no período da coleta. Os roteiros turísticos em que foram aplicados os questionários foram os seguintes:

1. Roteiro no centro de Belém, programado pelo pesquisador. Visita a 10 pontos turísticos da Cidade de Belém. Por ordem de visita: Forte do Castelo, Casa das Onze Janelas, Rua Siqueira Mendes, Igreja da Sé, Museu de Arte Sacra, Praça do Relógio, Mercado de Ferro, Mercado de Carne, Feira do Ver-O-Peso e Estação das Docas. (14 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro A.
2. Roteiro Geoturístico I, programado pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Visita a seis pontos turísticos da Cidade de Belém. Por ordem de visita: Cine Olímpia, Praça das Sereias, Prédio do Instituto Educacional Paraense, Edifício Manoel Pinto da Silva, Palacete Bolonha e Praça da República. (19 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro B.
3. Roteiro Geoturístico II, também programado pela UFPA. Visita a oito pontos turísticos da Cidade de Belém, por ordem de visita: Cine Olímpia, Praça das Sereias, Instituto Educação do Pará, Edifício Manoel Pinto da Silva, Palacete Bolonha, Praça da República, Hotel Avenida e Rua Santo Antônio. (07 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro C.
4. Roteiro *City Tour*, programado por uma agência de turismo localizada em Belém. Visita a oito pontos turísticos da Cidade de Belém por ordem de visita: Santuário Basílica de Nazaré, Museu Emílio Goeldi, Estação das Docas, Feira do Ver-O-Peso, Forte do Castelo, Casa das Onze Janelas, Igreja da Sé, Museu de Artes Sacra. (05 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro D.
5. Roteiro *City Tour* em Belém, programada por outra agência de turismo localizada na Cidade em Belém. Visita a seis pontos turísticos da Cidade de Belém, por ordem de visita: Santuário Basílica de Nazaré, Polo Joalheiro, Forte do Castelo, Casa das Onze Janelas, Igreja da Sé, Museu de Artes Sacra. (20 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro E.

6. Roteiro Geoturístico III, programado pela UFPA. Visita a oito pontos turísticos de Belém, por ordem de visita: Feira do Açaí, Igreja da Sé, Forte do Presépio, Casa das Onze Janelas, Praça Dom Frei Caetano, Ruas Siqueira Mendes, Casa Rosada e Igreja de Santo Alexandre. (25 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro F.
7. Roteiro Geoturístico IV, programado pela UFPA. Visita a sete pontos turísticos de Belém, por ordem de visita: Mercado de Ferro, Mercado de Carne, Feira do Ver-o-peso, Rua 15 de Novembro, Igreja das Mercês, Praça do Pescador e Estação das Docas. (20 visitantes entrevistados). Este roteiro é aqui denominado de roteiro G.

O planejamento da coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em dias pré-determinados e num período de 4 horas por dia, no segundo semestre de 2015 e 2016, por ser considerado um período do ano de grande fluxo de visitantes (SETUR PA, 2016). Tendo sido realizada a amostra piloto, a partir do mês de setembro, e com a aproximação da festa religiosa do Círio de Nossa Senhora de Nazaré, as coletas também foram realizadas no mês de outubro. Entrevistou-se mais visitantes em novembro de 2015, por ocasião do *city tour* realizado pela UFPA.

Recursos humanos empregados

Devido à necessidade de programar uma visita guiada, contratou-se um guia credenciado ao SINGTUR para orientar os visitantes e para entrevistá-los contou-se com voluntários (dois estudantes de estatística da UFPA, um mestre em turismo e um geógrafo). Quanto às visitas programadas pelas agências de turismo local, contratou-se o próprio guia da agência. No *city tour* organizado pela UFPA, as entrevistas foram realizadas pelo próprio autor deste trabalho.

Os pesquisadores contratados tinham experiência de coleta de dados e foram treinados para aplicar o questionário do apêndice utilizado neste estudo.

5.2 Análise estatística e definição dos parâmetros do modelo

O questionário aplicado nas visitas foi realizado com a intenção de levantar características importantes para os visitantes, ou seja, que determinam suas preferências. Por outro lado, pretende-se também levantar possíveis insatisfações que os visitantes possam ter em relação aos roteiros percorridos. Estas insatisfações devem ser consideradas como oportunidades na melhoria da qualidade dos roteiros oferecidos pelas agências de turismo locais ou concorrentes.

Ainda, com o objetivo de comparação, algumas visitas desejáveis foram ordenadas pelos visitantes por ordem de preferência. Das comparações, podem-se obter as preferências dos clientes em visitar pontos turísticos. Outras informações foram analisadas, como naturalidade, faixa etária, sexo, renda, escolaridade, hábitos de viagem e, ainda, se o turista pagaria a mais para mudar a ordem de visita. Essas informações foram analisadas e relacionadas por meio de análise de correspondência, conforme apresentado posteriormente.

Quanto ao perfil dos visitantes

Todos os visitantes entrevistados são brasileiros, sendo 72,7% do Estado do Pará e 27,3% de outros Estados da federação, conforme ilustra a Tabela 5.1. Os visitantes de outros Estados são provenientes dos Estados do Ceará (13,6%), São Paulo (5,5%), Maranhão (3,6%), Bahia (1,8%), Piauí (0,9%) e Rio Grande do Norte (0,9%).

Tabela 5.1. Estado de proveniência dos visitantes que participaram do *city tour*.

Estados	Percentual
Pará	72,7
Outros Estados	27,3
Total	100,0

Fonte: Pesquisa de Campo.

Dos visitantes provenientes do Estado do Pará, 86,3% são da Cidade de Belém e 13,7% são de outros municípios, conforme ilustra a Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Cidade dos visitantes provenientes do Pará.

Cidades	Percentual
Belém do Pará	86,3
Outros Municípios do Pará	13,7
Total	100,0

Fonte: Pesquisa de Campo.

Visitantes de várias faixas etárias participaram do *City Tour* na Cidade de Belém, mais de 60% com idade acima de 35 anos, com destaque para as pessoas na faixa etária de 51 a 65 anos (Figura 5.1)

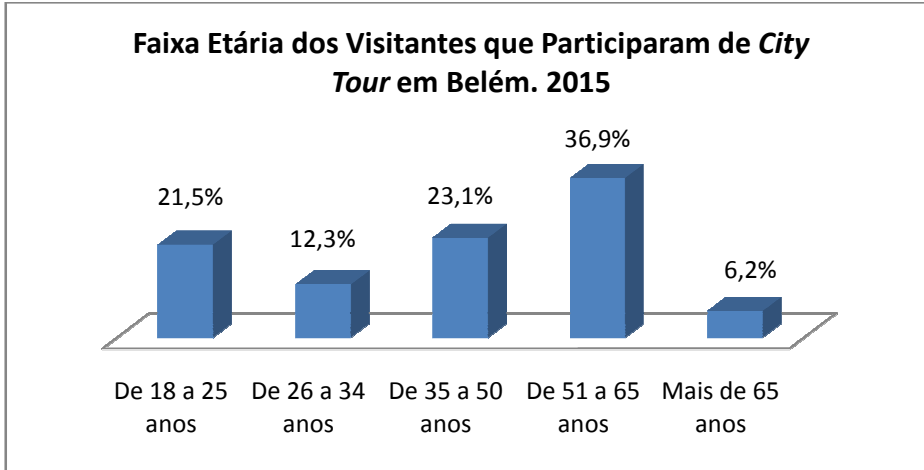


Figura 5.1. Faixa Etária dos Visitantes que Participaram de *City Tour* em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

Participaram da visita pessoas do sexo masculino e feminino, com uma presença um pouco maior de visitantes do sexo feminino (Figura 5.2).

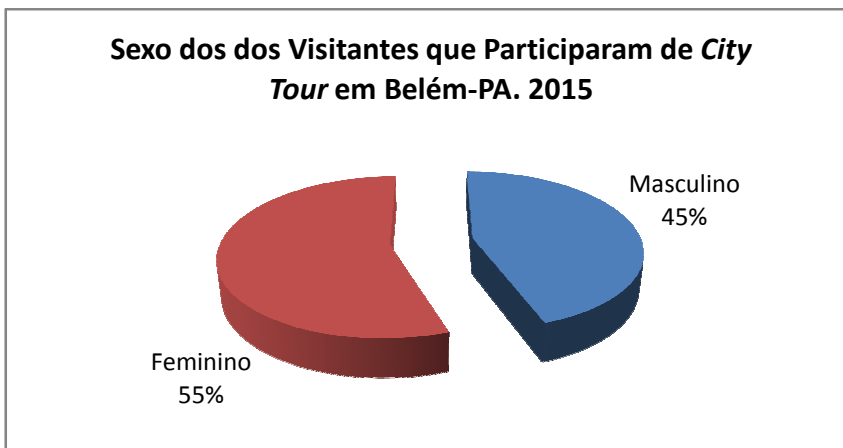


Figura 5.2. Sexo dos Visitantes que Participaram do *City Tour* em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

Visitantes de diversas faixas de renda participaram das visitas, mais de 60% com renda acima de 03 salários mínimos, com destaque para os visitantes que possuem renda na faixa de 01 a 03 salários. (Figura 5.3).

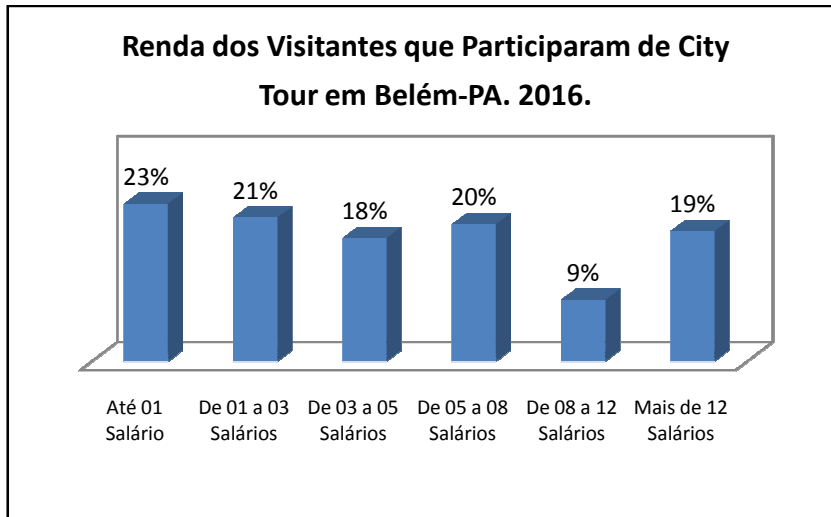


Figura 5.3. Renda dos Visitantes que Participaram de *City Tour* em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

Participaram das visitas pessoas de todos os níveis de instrução, mais de 79% com nível superior. Destaca-se a presença de pessoas com pós-graduação (especialização e mestrado) participando destas visitas, conforme ilustra a Figura 5.4.

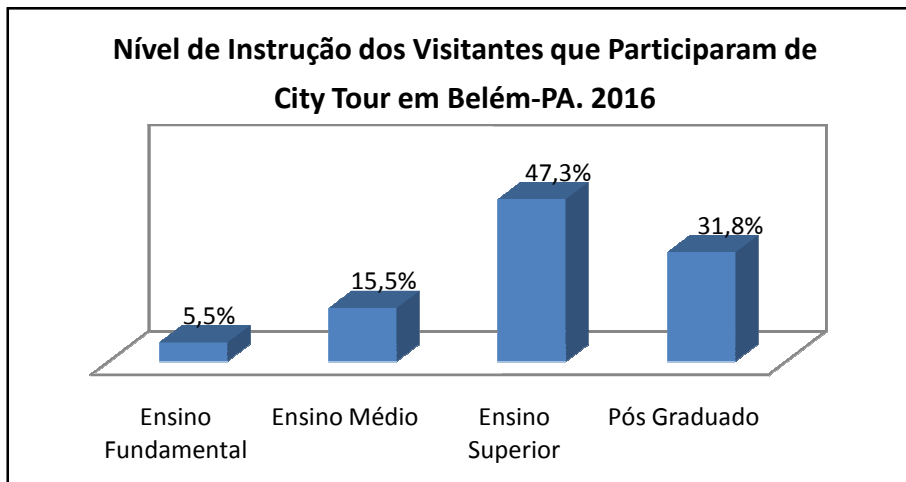


Figura 5.4. Nível de Instrução dos Visitantes que Participaram de *City Tour* em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

Quanto aos hábitos de viagem, foram levantadas questões sobre motivos para visitar outros lugares e tipo de hospedagem de preferência. O principal motivo declarado para que os participantes de *city tour* visitem outros lugares foi Natureza e Ecoturismo, seguido de Cultura, e depois Sol e Praia (Figura 5.5).

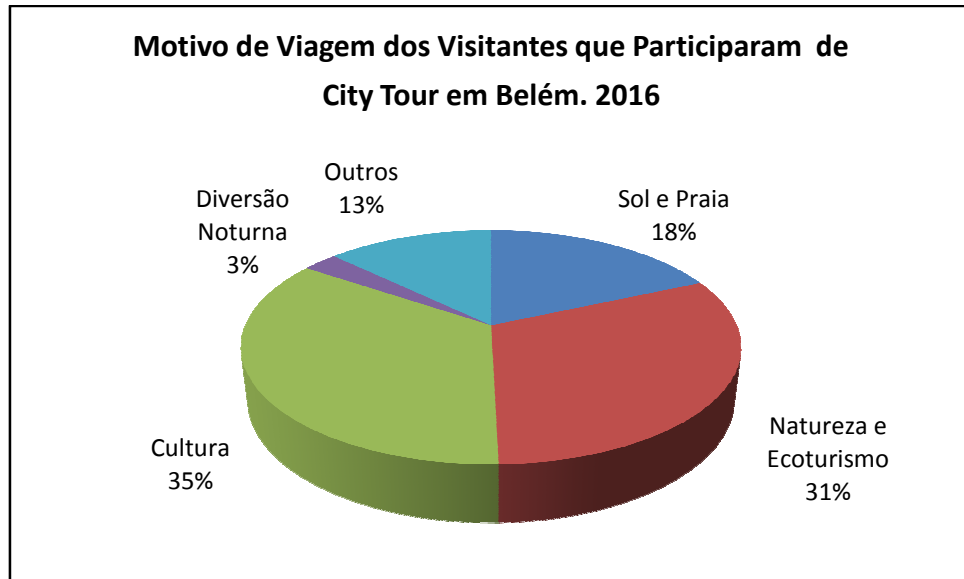


Figura 5.5. Motivo de viagem dos Visitantes que Participaram de *City Tour* em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

O tipo de hospedagem de preferência dos que participaram do *City Tour* foi o hotel. O segundo tipo de hospedagem preferido pelos visitantes é casa de parentes, seguido de casa de amigos (Figura 5.6)

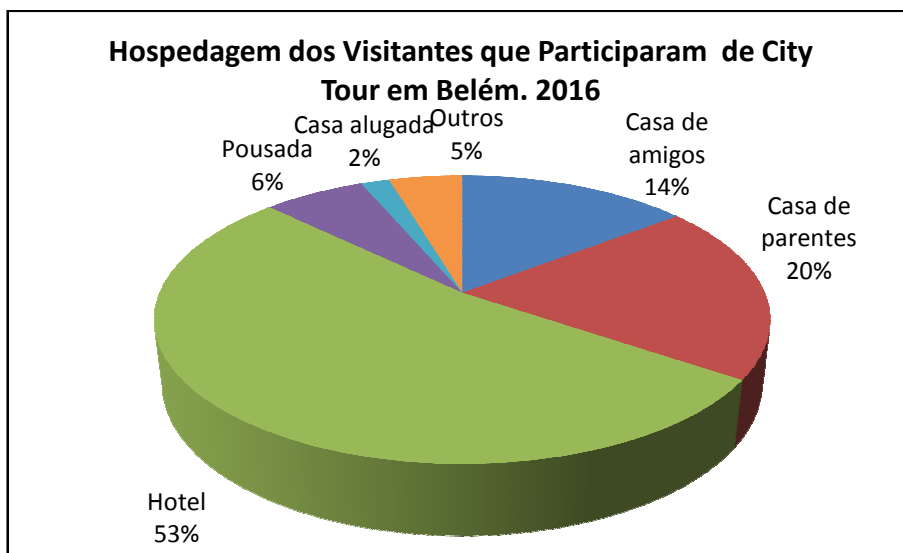


Figura 5.6. Hospedagem dos Visitantes que Participaram de *City Tour* em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

Quanto à avaliação dos lugares visitados, com intuito de se avaliar quais os pontos turísticos de preferência de cada tipo de visitante, cada um atribuiu um valor de 0 a 100 (em reais) a cada ponto turístico visitado. O valor 100 corresponde ao valor máximo atribuído pelo

visitante a cada ponto turístico visitado durante o *City Tour* na Cidade de Belém, enquanto que o valor 0 corresponde ao valor mínimo sugerido para inferir que o visitante não deseja visitar esse ponto turístico.

Considerando a média dos pontos atribuídos aos lugares visitados, em ordem decrescente, o melhor pontuado foi o Pólo Joalheiro (100,0), depois a Santuário Basílica de Nazaré (95,9) e, respectivamente, a Igreja de Santo Alexandre (93,4), Praça Dom Frei Caetano (92,0), Igreja da Sé (89,8), Igreja das Mercês (89,0), Casa Rosada (88,2), Forte do Castelo (86,9), Museu Emílio Goeldi (86,4), Praça do Relógio (85,7), Palacete Bolonha (85,8), Estação das Docas (84,3), Casa das Onze Janelas (82,9), Feira do Ver-O-Peso (81,7), Rua Siqueira Mendes/1ª Rua de Belém (77,9), Cine Olímpia (76,1), Rua 15 de Novembro (75,1), Mercado de Carne (74,7), Praça da República (74,5), Hotel Avenida (70,8), Rua Santo Antônio (66,4), Edifício Manoel Pinto da Silva (63,6), Praça do Pescador (63,0), Mercado de Ferro (60,7), Feira do Açaí (61,2), Instituto de Educação do Pará (53,4), Praça das Sereias (34,3) e Museu de Arte Sacra (26,1).

Os valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade) e hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) estão disponíveis nas Tabelas 5.3 a 5.7. Os dados dessas tabelas serão utilizadas na análise de correspondência simples e múltiplas, que serão apresentadas na próxima Seção, em que será avaliada a associação entre o perfil dos turistas, os hábitos de viagem dos turistas e os prêmios atribuídos aos pontos turísticos, bem como a associação entre o perfil e hábito de viagem dos turistas e a possibilidade de mudança na ordem da rota turística.

Tabela 5.3. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos sem extrato, e estratificados por categorias de perfil: Estados de residência e sexo.

Pontos turísticos	Valores médios atribuídos aos pontos turísticos				
	Sem extrato	Pará	Outros Estados	Sexo masculino	Sexo feminino
1.Pólo Joalheiro	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2.Santuário Basílica de Nazaré	95,9	100,0	94,9	96,9	95,1
3.Igreja de Santo Alexandre	93,4	93,1	100,0	89,5	96,4
4.Praça Dom Frei Caetano	92,0	92,5	80,0	90,9	92,8
5.Igreja da Sé	89,8	91,6	87,0	89,3	90,2
6.Igreja das Mercês	89,0	89,7	82,5	96,2	84,2
7.Casa Rosada	88,2	88,5	80,0	88,6	87,8
8.Forte do Castelo	86,9	92,6	77,8	83,2	89,8
9.Museu Emílio Goeldi	86,4	*	86,4	91,5	83,0
10.Praça do Relógio	85,7	46,2	94,3	87,7	65,7
11.Palacete Bolonha	85,8	84,6	94,3	87,7	83,2
12.Estação das Docas	84,3	83,7	85,9	84,6	84,2
13.Casa das Onze Janelas	82,9	85,4	79,0	79,8	85,5
14.Feira do Ver-O-Peso	81,7	81,3	82,5	76,7	85,5
15.1ª Rua de Belém	77,9	78,6	73,8	69,3	85,4
16.Cine Olímpia	76,1	73,7	94,3	78,6	74,8
17.Rua 15 de Novembro	75,1	75,1	75,0	80,0	71,9
18.Mercado de Carne	74,7	71,6	89,3	64,0	83,2
19.Praça da República	74,5	71,2	100,0	79,5	68,9
20.Hotel Avenida	70,8	71,6	66,0	66,0	83,0
21.Rua Santo Antônio	66,4	69,2	50,0	58,2	83,0
22.Edifício Manoel Pinto	63,6	60,3	88,6	70,4	56,8
23.Praça do Pescador	63,0	63,3	60,0	65,0	61,7
24.Mercado de Ferro	60,7	59,2	67,7	55,8	64,6
25.Feira do Açaí	61,2	62,5	30,0	66,4	57,1
26.Instituto de Educação IEP	53,4	51,6	67,0	57,1	48,4
27.Praça das Sereias	34,3	33,2	66,3	42,7	30,5
28.Museu de Arte Sacra	26,1	23,3	27,9	25,3	26,9

Fonte: Pesquisa de Campo

* O turista com a determinada característica do estrato não visitou o determinado ponto turístico.

Tabela 5.4. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de perfil : Renda (salário mínimo – SM).

Pontos turísticos	Valores médios atribuídos aos pontos turísticos					
	Até 1 SM	de 1 a 3 SM	de 3 a 5 SM	de 5 a 8 SM	De 8 a 12 SM	Mais de 12 SM
1.Pólo Joalheiro	*	*	100,0	100,0	100,0	100,0
2.Santuário Basílica de Nazaré	83,0	*	93,2	100,0	100,0	95,1
3.Igreja de Santo Alexandre	90,5	95,0	83,3	100,0	100,0	100,0
4.Praça Dom Frei Caetano	96,7	78,3	86,6	100,0	100,0	100,0
5.Igreja da Sé	89,7	95,5	86,2	80,4	93,2	96,9
6.Igreja das Mercês	97,0	80,0	84,0	90,0	82,5	95,0
7.Casa Rosada	83,9	76,7	100,0	100,0	95,0	100,0
8.Forte do Castelo	94,4	90,2	81,6	70,2	93,2	96,9
9.Museu Emílio Goeldi	100,0	*	66,0	*	*	83,0
10.Praça do Relógio	28,0	55,1	54,3	45,3	*	100,0
11.Palacete Bolonha	77,7	83,2	100,0	97,2	58,0	91,5
12.Estação das Docas	82,0	88,4	80,7	72,5	85,0	93,2
13.Casa das Onze Janelas	86,3	72,8	77,6	79,1	93,2	95,4
14.Feira do Ver-O-Peso	82,0	83,6	74,2	69,0	80,0	96,1
15.1ª Rua de Belém	86,3	77,1	69,1	58,4	90,0	91,5
16.Cine Olímpia	77,6	60,8	75,0	94,3	24,5	95,7
17.Rua 15 de Novembro	87,0	52,7	68,0	70,0	75,0	87,5
18.Mercado de Carne	73,0	72,1	73,6	63,7	95,0	84,0
19.Praça da República	72,0	72,0	83,0	77,6	38,5	91,5
20.Hotel Avenida	*	66,0	66,0	100,0	*	66,0
21.Rua Santo Antônio	*	49,5	58,0	100,0	*	75,0
22.Edifício Manoel Pinto	57,8	68,3	58,0	74,8	16,0	74,7
23.Praça do Pescador	58,0	43,3	76,0	40,0	60,0	75,0
24.Mercado de Ferro	55,1	51,7	60,2	36,2	89,0	92,0
25.Feira do Açaí	60,0	48,3	43,3	100,0	75,0	73,3
26.Instituto de Educação IEP	60,8	44,6	50,0	52,5	16,0	77,2
27.Praça das Sereias	27,0	28,5	41,5	38,6	24,5	66,5
28.Museu de Arte Sacra	20,3	24,6	26,0	29,7	29,0	31,1

Fonte: Pesquisa de Campo

* O turista com a determinada característica do estrato não visitou o determinado ponto turístico.

Tabela 5.5. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de perfil: Escolaridade.

Pontos turísticos	Valores médios atribuídos aos pontos turísticos			
	Ensino fundamental	Ensino Médio	Ensino Superior	Pós-graduado
1. Pólo Joalheiro	*	*	100,0	*
2. Santuário Basílica de Nazaré	77,3	*	98,4	*
3. Igreja de Santo Alexandre	*	96,7	88,1	100,0
4. Praça Dom Frei Caetano	*	96,7	92,3	90,0
5. Igreja da Sé	83,0	100,0	89,2	87,1
6. Igreja das Mercês	80,0	95,0	89,2	86,9
7. Casa Rosada	*	96,7	85,7	88,9
8. Forte do Castelo	77,3	89,5	87,4	85,6
9. Museu Emílio Goeldi	88,6	*	83,0	*
10. Praça do Relógio	*	65,8	55,4	38,0
11. Palacete Bolonha	66,5	86,6	96,6	84,3
12. Estação das Docas	78,0	90,0	88,8	77,1
13. Casa das Onze Janelas	77,3	78,9	85,6	78,6
14. Feira do Ver-O-Peso	73,0	89,2	84,6	75,5
15. 1ª Rua de Belém	*	77,7	80,9	74,0
16. Cine Olímpia	66,5	63,2	96,6	74,8
17. Rua 15 de Novembro	50,0	92,5	71,4	72,8
18. Mercado de Carne	40,0	87,3	70,7	72,2
19. Praça da República	66,5	76,4	83,2	72,0
20. Hotel Avenida	*	66,0	83,0	66,0
21. Rua Santo Antônio	*	66,0	75,0	62,2
22. Edifício Manoel Pinto	66,5	52,0	76,4	62,7
23. Praça do Pescador	50,0	57,5	61,4	68,7
24. Mercado de Ferro	40,0	57,3	53,2	72,4
25. Feira do Açaí	*	46,7	60,0	67,8
26. Instituto de Educação IEP	66,5	27,2	56,4	59,8
27. Praça das Sereias	50,0	30,4	29,8	40,1
28. Museu de Arte Sacra	28,0	28,2	27,1	16,2

Fonte: Pesquisa de Campo

* O turista com a determinada característica do estrato não visitou o determinado ponto turístico.

Tabela 5.6. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de hábitos de viagem: Motivo da viagem.

Pontos turísticos	Valores médios atribuídos aos pontos turísticos					
	Sol e praia	Natureza	Cultura	Espor-tes	Diver-são	Outros
1. Pólo Joalheiro	*	100,0	100,0	0	0	100,0
2. Santuário Basílica de Nazaré	*	96,6	100,0	*	*	93,2
3. Igreja de Santo Alexandre	88,3	95,0	93,6	*	100,0	100,0
4. Praça Dom Frei Caetano	86,7	92,0	94,5	*	80,0	100,0
5. Igreja da Sé	84,6	88,1	93,7	*	95,0	90,1
6. Igreja das Mercês	90,0	97,0	83,3	85,0	*	100,0
7. Casa Rosada	91,6	75,0	95,4	*	80,0	75,0
8. Forte do Castelo	89,3	77,9	93,8	*	91,5	88,7
9. Museu Emílio Goeldi	*	83,0	*	*	*	88,7
10. Praça do Relógio	75,7	56,7	33,0	*	16,0	*
11. Palacete Bolonha	88,8	89,5	83,2	*	66,0	83,0
12. Estação das Docas	81,2	85,3	85,0	90,0	100,0	80,5
13. Casa das Onze Janelas	86,5	77,3	86,4	*	56,5	88,7
14. Feira do Ver-O-Peso	75,8	79,9	86,5	70,0	100,0	83,0
15. 1ª Rua de Belém	69,8	72,0	86,1	*	73,0	100,0
16. Cine Olímpia	66,5	89,5	73,1	*	100,0	33,0
17. Rua 15 de Novembro	66,2	79,0	74,7	70,0	*	100,0
18. Mercado de Carne	68,5	66,7	83,6	90,0	66,0	100,0
19. Praça da República	69,2	72,6	79,3	*	100,0	50,0
20. Hotel Avenida	66,0	66,0	77,3	*	*	*
21. Rua Santo Antônio	58,0	75,0	66,3	*	*	*
22. Edifício Manoel Pinto	60,0	78,9	63,0	*	16,0	16,0
23. Praça do Pescador	32,5	76,0	74,4	50,0	*	30,0
24. Mercado de Ferro	47,2	59,7	68,0	80,0	33,0	100,0
25. Feira do Açaí	43,3	62,0	74,5	*	40,0	50,0
26. Instituto de Educação IEP	36,3	69,9	56,3	*	33,0	16,0
27. Praça das Sereias	17,5	55,6	38,0	*	0,0	33,0
28. Museu de Arte Sacra	17,7	24,8	30,8	*	11,0	29,5

Fonte: Pesquisa de Campo

* O turista com a determinada característica do estrato não visitou o determinado ponto turístico.

Tabela 5.7. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por categorias de hábitos de viagem: Tipo de hospedagem.

Pontos turísticos	Valores médios atribuídos aos pontos turísticos					
	Casa de amigos	Casa de parentes	Casa alugada	Hotel	Pousada	Outros
1.Pólo Joalheiro	*	*	*	100,0	*	*
2.Santuário Basílica de Nazaré	*	*	*	95,9	*	*
3.Igreja de Santo Alexandre	90,0	95,0	*	97,9	75,0	100,0
4.Praça Dom Frei Caetano	90,0	95,0	*	95,0	75,0	100,0
5.Igreja da Sé	93,0	89,4	*	89,6	75,0	100,0
6.Igreja das Mercês	92,5	92,5	85,0	88,5	100,0	70,0
7.Casa Rosada	77,5	100,0	*	92,1	90,0	100,0
8.Forte do Castelo	95,3	80,2	*	86,4	90,0	100,0
9.Museu Emílio Goeldi	*	*	*	86,4	*	*
10.Praça do Relógio	58,0	55,4	*	33,0	*	*
11.Palacete Bolonha	91,5	86,6	*	88,2	79,0	77,7
12.Estação das Docas	95,0	81,1	95,0	82,8	100,0	80,0
13.Casa das Onze Janelas	84,3	66,8	*	88,0	75,0	100,0
14.Feira do Ver-O-Peso	87,5	75,2	97,5	82,1	100,0	100,0
15.1ª Rua de Belém	84,2	57,9	*	90,4	85,0	100,0
16.Cine Olímpia	66,5	86,6	*	78,1	66,5	77,7
17.Rua 15 de Novembro	75,0	80,0	82,5	72,8	60,0	80,0
18.Mercado de Carne	86,5	65,0	90,0	80,9	50,0	100,0
19.Praça da República	66,2	73,2	*	84,3	62,2	72,0
20.Hotel Avenida	66,0	*	*	74,5	66,0	66,0
21.Rua Santo Antônio	33,0	*	*	70,5	100,0	50,0
22.Edifício Manoel Pinto	65,0	66,4	*	63,0	49,5	77,7
23.Praça do Pescador	60,0	45,0	90,0	61,0	90,0	80,0
24.Mercado de Ferro	73,2	40,9	80,0	75,3	100,0	60,7
25.Feira do Açaí	57,5	35,0	*	76,6	15,0	50,0
26.Instituto de Educação IEP	54,7	59,6	*	46,4	47,5	72,7
27.Praça das Sereias	13,7	40,0	*	31,3	44,7	72,0
28.Museu de Arte Sacra	19,5	21,6	*	28,6	*	*

Fonte: Pesquisa de Campo

* O turista com a determinada característica do estrato não visitou o determinado ponto turístico.

Ainda quanto a avaliação dos lugares visitados, considerando os valores máximos e mínimos atribuídos aos pontos turísticos, alguns pontos turísticos receberam nota mínima 0 (zero). Isto significa dizer que algumas pessoas que participaram dos roteiros programados não gostariam de visitar alguns pontos turísticos. Os pontos turísticos que receberam nota mínima com valor 0 foram: Rua Siqueira Mendes/1ª Rua de Belém, Mercado de Carne, Praça do Pescador, Mercado de Ferro, Feira do Açaí, Instituto de Educação do Pará e Praça das Sereias.

Quanto a opinião sobre possível mudança no percurso, 26,4% dos visitantes disseram que mudariam. Já 73,6% não mudariam a rota realizada (Figura 5.7).

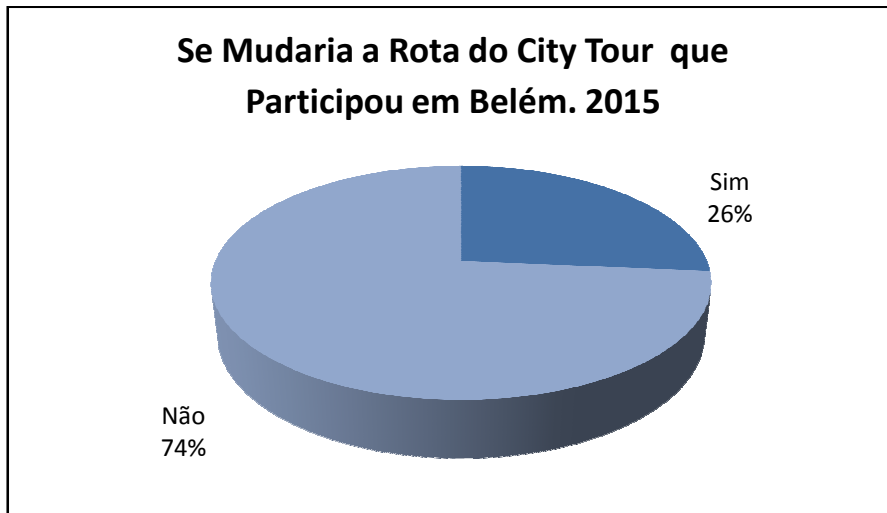


Figura 5.7. Se mudariam a rota do *City Tour* que Participou em Belém.
Fonte: Pesquisa de Campo.

Os visitantes que mudariam de rota propuseram as seguintes sugestões de novos percursos para as rotas:

Novo percurso para o roteiro A: 1,5,2,3,4,6,7,8,9,10,1;

Novo percurso para o roteiro B: 1,4,2,3,5,1;

Novo percurso para o roteiro C: 1, 6,7,8,2,3,4,5,1;

Novo percurso para o roteiro D: 1,8,7,6,5,4,1.

Outro novo percurso para o roteiro D: 1,8,7,6,5,4,3,2,1;

Novo percurso para o roteiro E: 1,6,5,4,3,1.

Outro novo percurso para o roteiro E: 1, 6,5,4,3,2,1.

Outro novo percurso para o roteiro E: 1,3,4,5,6,1.

Novo percurso para o roteiro F: 1,7,6,5,4,3,2,1.

Novo percurso para o roteiro G: 1,7,6,5,4,3,2,1.

Como se pode observar, no novo roteiro A, os visitantes passam primeiro no ponto 5. No novo roteiro B, os visitantes passam primeiro no ponto 4. No novo roteiro C, o visitante passaria primeiro no ponto 6 até o ponto 8 e depois retornaria para o ponto 2 seguindo até o ponto 5. No novo roteiro D, o visitante passaria primeiro no ponto 8 e não visitaria os pontos 2 e 3. Outra opção dada para o roteiro D seria inverter a ordem da visita. No novo roteiro E, o visitante passaria primeiro no ponto 6 e não visitaria o ponto 2. Na outra opção do roteiro E,

o visitante começaria pelo ponto 6, em seguida visitaria o ponto 5, depois o ponto 4 até chegar no ponto 1. E em mais uma opção para o roteiro E, o visitante não visitaria o ponto 2. No novo roteiro F, o visitante inverteria a ordem de visita. No novo roteiro G, também o visitante inverteria a ordem de visita.

Considerando todos os visitantes, 10% pagariam a mais para mudar a ordem do roteiro. Agora, considerando somente os visitantes que optariam por mudar a ordem, 37,9% desses pagariam a mais para mudar a ordem, enquanto que 62,1% não mudariam. O valor médio em Reais que o visitante pagaria para primeira ordem seria R\$ 39,40 (com valor mínimo de R\$ 10,00 e máximo de R\$ 100,00) e para a última ordem seria de R\$ 35,50 (com valor mínimo de R\$ 10,00 e máximo de R\$ 57,00). (Figura 5.8)

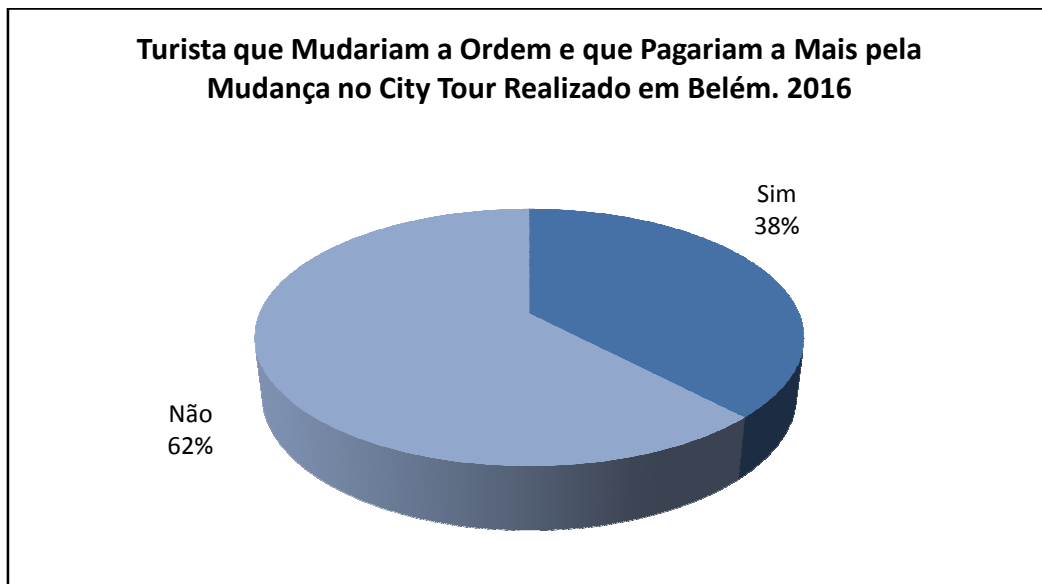


Figura 5.8. Se turista pagaria para mudar a ordem do *City Tour* que participou em Belém. Fonte: Pesquisa de Campo.

Foram entrevistadas 110 pessoas, que tiveram a experiência de participar de roteiros turísticos programados e participaram dos roteiros “Roteiro no centro de Belém” programado pelo pesquisador, do “Roteiro Geoturístico” programado pela Universidade Federal do Pará e do “Roteiro City Tour” programada por uma agência de turismo localizada em Belém. A pesquisa foi realizada nos meses de setembro, outubro e novembro dos anos de 2015 e 2016. Contou-se com o apoio de guias de turismo, estudantes de estatística da UFPA, um mestre em turismo e um geógrafo. Após a realização da pesquisa-piloto, recorreu-se ao *software* SPSS e EXCEL para auxiliar na produção dos gráficos e tabelas.

Em suma, os resultados obtidos mostram que os visitantes são brasileiros, sendo 72,7% provenientes do Estado do Pará, e 27,3% de outros Estados. Dentre os paraenses, 86,3% são da Cidade de Belém. Esses visitantes possuem renda acima de 03 salários mínimos (60%), com destaque para os visitantes que possuem renda na faixa de 01 a 03 salários. Sendo que mais de 79% possuem nível superior, cujo principal motivo de visita é Natureza e Ecoturismo, seguido do motivo Cultura, e depois Sol e Praia. O tipo de hospedagem de preferência desses visitantes é Hotel. O segundo tipo de hospedagem preferido pelos visitantes é Casa de Parentes, seguido de Casa de Amigos.

Considerando a preferência dos visitantes e a média dos pontos atribuídos aos lugares visitados, em ordem decrescente, os melhores pontos turísticos de Belém são o Pólo Joalheiro, depois Santuário Basílica de Nazaré a Igreja de Santo Alexandre e a Praça Dom Frei Caetano, e os de menos importância para os visitantes são a Rua Siqueira Mendes/1ª Rua de Belém, Mercado de Carne, Praça do Pescador, Mercado de Ferro, Feira do Açaí, Instituto de Educação do Pará e Praça das Sereias. Quanto à opinião sobre possível mudança no percurso, 26,4% dos visitantes disseram que mudariam. Dos visitantes que optaram por mudar a ordem, 37,9% pagariam a mais para mudar a ordem. O valor médio em reais que o visitante pagaria para primeira ordem seria R\$ 39,40 e para a última ordem seria de R\$ 35,50.

A partir desse levantamento sobre o perfil dos visitantes e suas preferências, pode-se propor uma análise mais minuciosa considerando a relação entre as informações sobre o perfil desses visitantes e suas preferências. Isso é apresentado na próxima Seção, em que utilizam-se as estatísticas multivariadas, mais especificamente a análise de componentes principais.

Os resultados da pesquisa mostraram que os roteiros realizados pela UFPA tinham uma frequência muito grande de pessoas da própria Cidade de Belém. Com isso, constata-se que o morador de Belém também pode ser um cliente das agências e beneficiário dos resultados do estudo.

5.3 Análise de Correspondência – AC

Nesta Seção, apresentam-se os resultados dos estudos de análise multivariada do tipo Análise de Correspondência (AC), descrita no Capítulo 2. Inicia-se a AC avaliando a possibilidade de existência de dependência entre as variáveis a um risco de 5%. Para isso, utiliza-se um critério denominado de critério β . Para definir o valor de β , estima-se o valor de Qui-Quadrado (χ^2). Um valor de $\beta > 3$ evidencia a dependência entre as variáveis testadas. Somente após o teste de hipótese e constatar-se a evidência de dependência entre as variáveis, é que será avaliada a associação entre elas por meio de mapas de similaridade ou dissimilaridade. As análises de correspondências apresentadas neste trabalho mostram mais de 70% de toda a informação nos dois primeiros componentes, tornando estatisticamente válidos os mapas de percepção obtidos. Várias outras análises de correspondência foram feitas neste trabalho, porém foram desconsideradas porque não alcançaram este percentual mínimo como pré-requisito.

Após avaliar a associação entre as variáveis, realiza-se a análise de correspondência simples e múltipla entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos. Em seguida, realiza-se também a análise de correspondência simples entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e a variável mudança na ordem da rota.

- **AC simples entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos:**

Para realizar a AC simples entre as categorias perfil, hábitos de viagem dos turistas, e os valores médios dos pontos turísticos, foram atribuídos conceitos aos valores médios dos prêmios P_i das Tabelas 5.3 a 5.7, conforme apresentado na Tabela 5.8.

Tabela 5.8. Conceitos atribuídos aos valores médios dos prêmios P_i .

Intervalos de prêmios	Conceitos atribuídos
80 a 100	Excelente – Ex
60 a 80	Bom – Bo
40 a 60	Regular – Re
20 a 40	Ruim – Ru
0 a 20	Muito ruim - Mr

Fonte: Elaborado pelo autor

Na AC desta Seção, consideram-se dois grupos de pontos turísticos. No primeiro grupo foram selecionados para a análise os dez melhores pontos turísticos, ou seja, os dez pontos turísticos com maiores prêmios atribuídos pelos visitantes. No segundo grupo, foram selecionados para a análise os dez pontos turísticos de menor predileção dos visitantes, ou seja, os dez pontos turísticos com menores prêmios atribuídos pelos visitantes.

AC entre os dez pontos turísticos com maiores prêmios atribuídos pelos visitantes:

A Tabela 5.9 mostra os resultados referentes aos critérios de avaliação das possibilidades de realização da AC simples, como Inércia, valor do qui-quadrado e valor do critério β .

Considerando as variáveis de perfil do turista versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que em todas as variáveis de perfil consideradas na Tabela 5.9, os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação com um total acima de 70% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 0% da informação. Verifica-se também que em todas as variáveis de perfil versus conceitos atribuídos, o valor de β é maior que 3, com isso, conclui-se que as variáveis de perfil e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

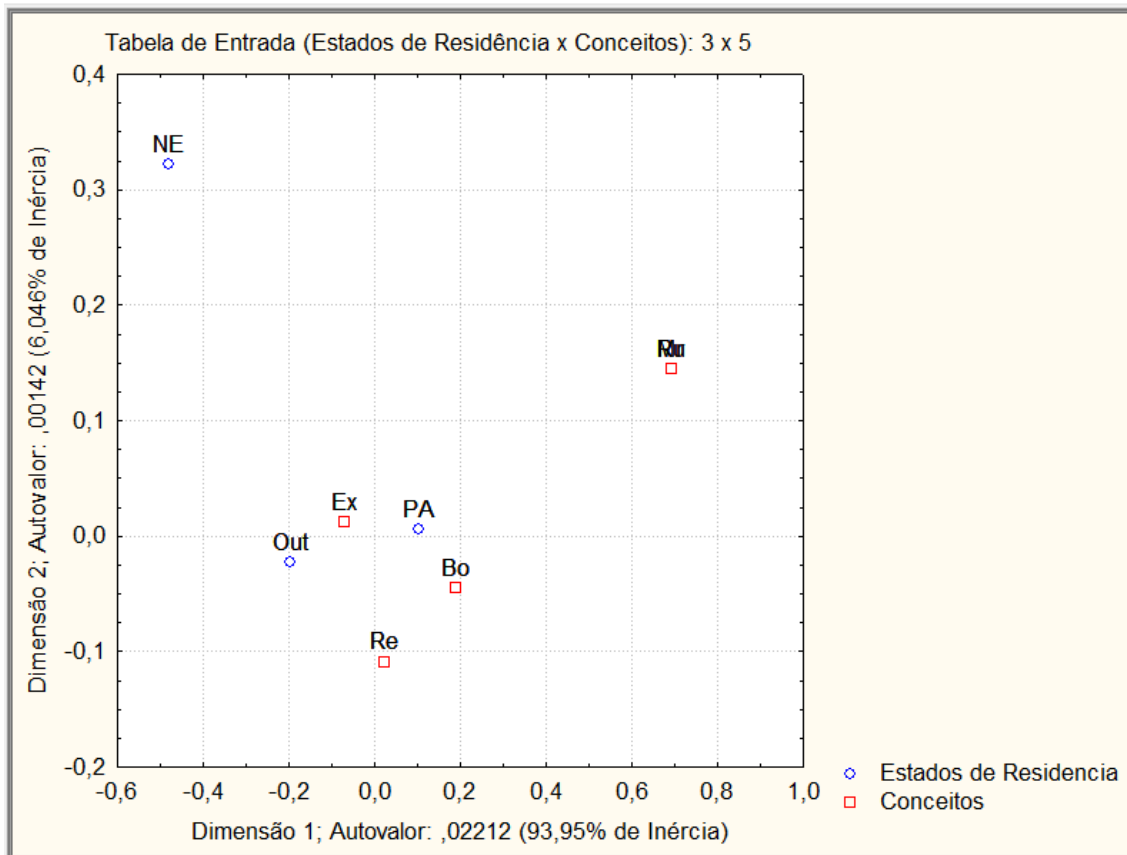
Tabela 5.9. Valores para o cálculo do critério β das variáveis versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos

Estado de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,0235 Qui-quadrado = 1,9780 $\beta = 5,59$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,1487	0,0221	93,9544	93,9544	1,8583
2	0,0377	0,0014	6,0455	100,000	0,1195
Faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,11996 Qui-quadrado = 16,7699 $\beta = 67,07$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,3656	0,1271	63,6838	63,6838	10,6797
2	0,2675	0,0715	35,8518	99,5356	6,0123
3	0,0304	0,0009	0,4643	100,000	0,0778
4	0,0000	0,0000	0,0000	100,000	0,0000
Sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,0842 Qui-quadrado = 7,0746 $\beta = 20$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,2284	0,0521	61,9691	61,9691	4,3840
2	0,1789	0,0320	38,0309	100,000	2,6905
Renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,2545 Qui-quadrado = 21,38 $\beta = 95,6$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,3786	0,1434	56,3426	56,3426	12,0462
2	0,2573	0,0662	26,0087	82,3513	5,5607
3	0,2089	0,0436	17,1454	99,4968	3,6657
4	0,0358	0,0013	0,5032	100,000	0,1076
Escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,1701 Qui-quadrado = 14,293 $\beta = 49,5$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,3667	0,1345	79,0607	79,0607	11,3
2	0,1471	0,0216	12,7262	91,7870	1,81
3	0,1182	0,0139	8,2130	100,000	1,17
Motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,1769 Qui-quadrado = 14,866 $\beta = 66,5$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,2849	0,0811	45,8732	45,8732	6,8194
2	0,2664	0,0709	40,1051	85,9784	5,9619
3	0,1357	0,0184	10,4070	96,3854	1,5471
4	0,0799	0,0064	3,6145	100,000	0,5373
Tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos					
Total da Inércia = 0,1591 Qui-quadrado = 13,37 $\beta = 53,5$					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,3339	0,1115	70,0600	70,0600	9,3688
2	0,2160	0,0466	29,3300	99,3900	3,9224
3	0,0310	0,0009	0,6000	100,000	0,0809
4	0,0000	0,0000	0,0000	100,000	0,0000

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Estado de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.9 mostra a AC simples das variáveis, Estados de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (93,9% + 6,04%), com um total de 93,9% da informação. Pode-se verificar que os residentes no Estado do Pará consideram os dez melhores pontos turísticos bom, enquanto que, os visitantes de outros Estados consideram os pontos turísticos excelente (Figura 5.9).



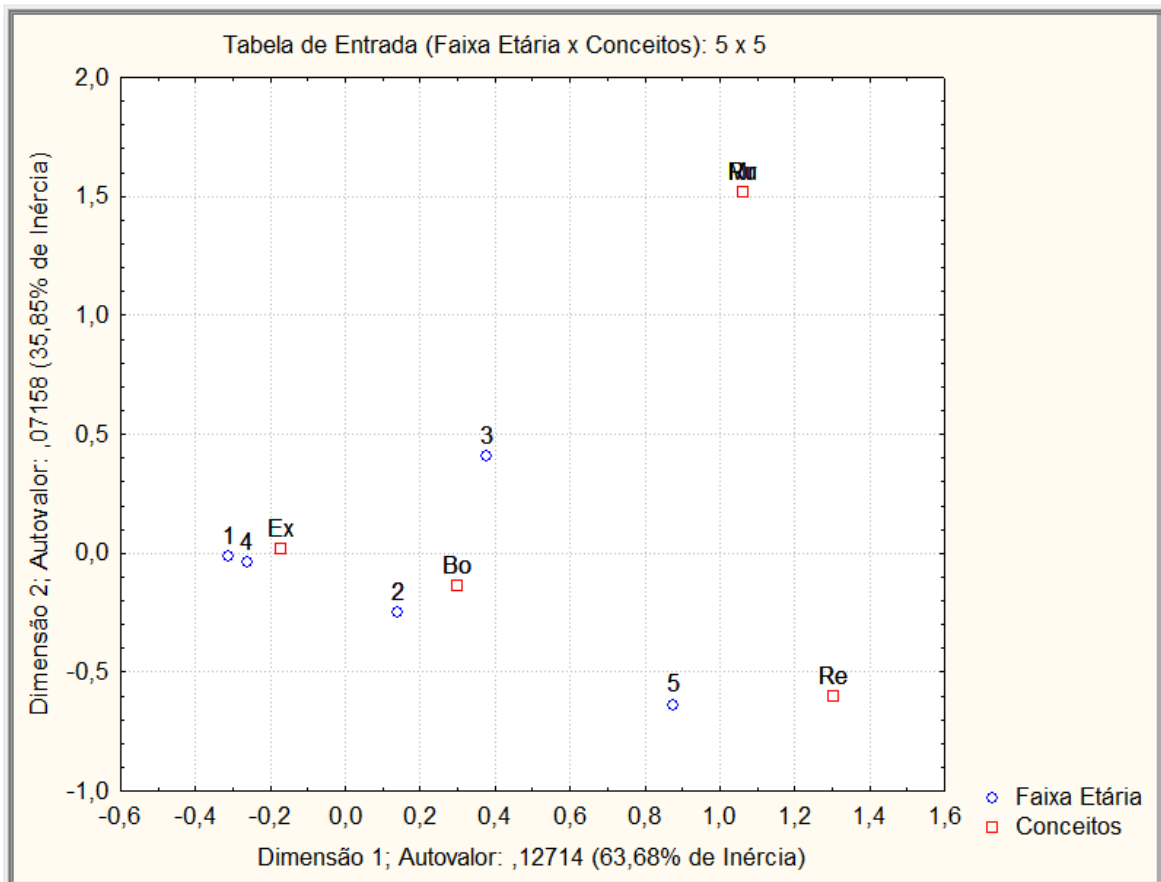
Ex: PA: Estado do Pará. **Out:** Outros Estados, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.9. AC das variáveis Estados de residência versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.10 mostra a AC simples das variáveis, faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (63,68% + 35,85%), com um total de 99,53% da informação. Pode-se verificar que a faixa etária de 18 a 25 anos e de 51 a 65 anos consideram os dez melhores pontos turísticos excelente, enquanto que, os visitantes com faixa etária com mais de 65 anos consideram os pontos turísticos regular. (Figura 5.10).



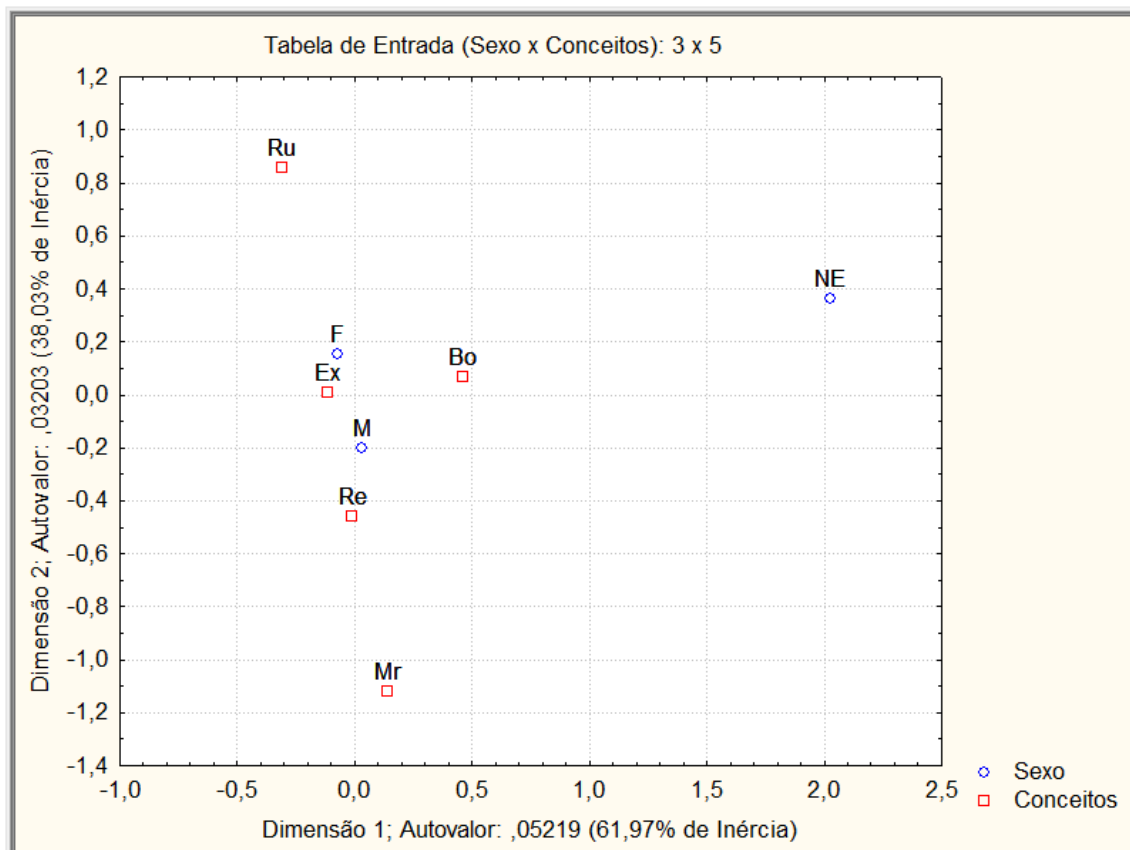
1: de 18 a 25 anos, 2: de 25 a 34 anos, 3: de 35 a 50 anos, 4: de 51 a 65 anos, 5: mais de 65 anos, NE: Não Especificou, Ex: Excelente, Bo: Bom, Re: Regular, Ru: Ruim e Mr: Muito ruim.

Figura 5.10. AC da variável faixa etária versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.11 mostra a AC simples das variáveis, sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (61,96% + 38,04%), com um total de 100,0% da informação. Pode-se verificar que os visitantes de sexo feminino consideram os dez melhores pontos turísticos excelente, e os visitantes do sexo masculino consideram os pontos turísticos regular (Figura 5.11).

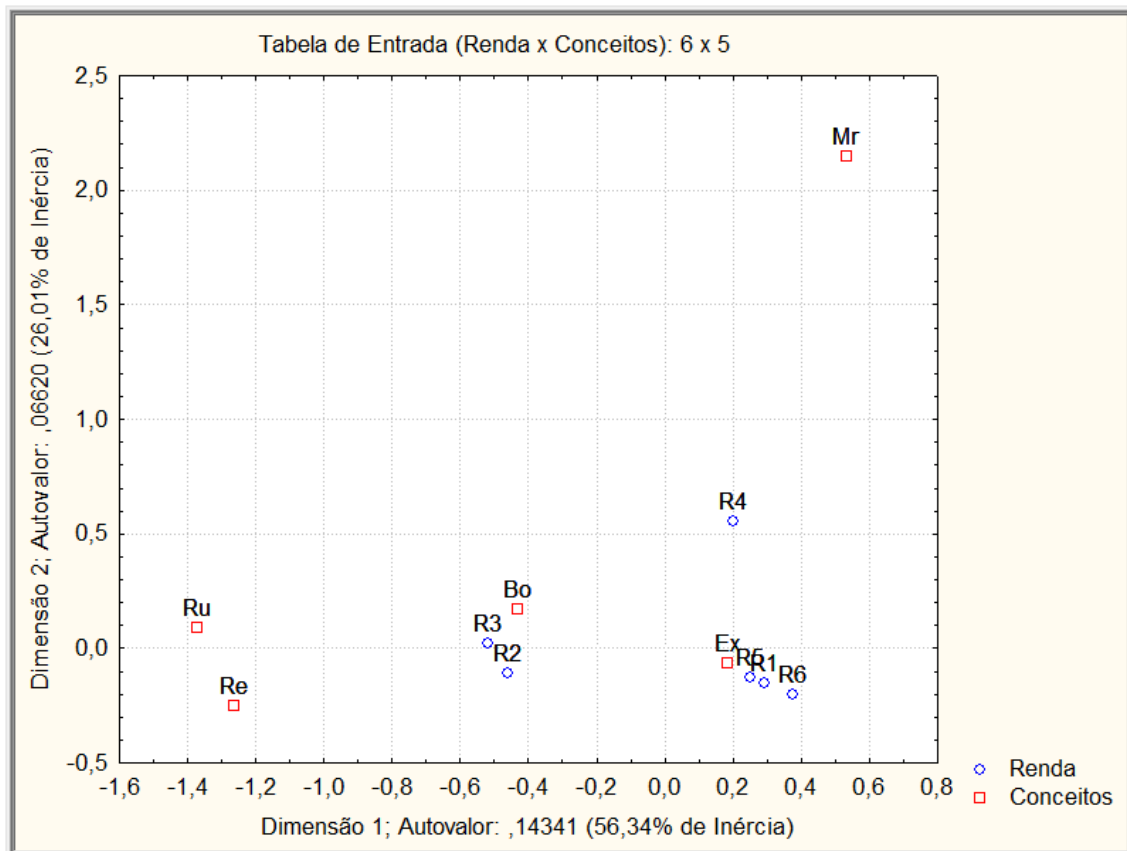


M: Masculino, **F:** Feminino, **NE:** Não especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.
 Figura 5.11. AC da variável sexo versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.12 mostra a AC simples das variáveis, renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (56,34% + 26,0%), com um total de 82,35% da informação. Pode-se verificar que a renda de até 1 salário mínimo, acima de 8 salários mínimos consideram os dez melhores pontos turísticos excelente, enquanto que, os visitantes com renda de 1 a 5 salários mínimos consideram os pontos turísticos bom (Figura 5.12).



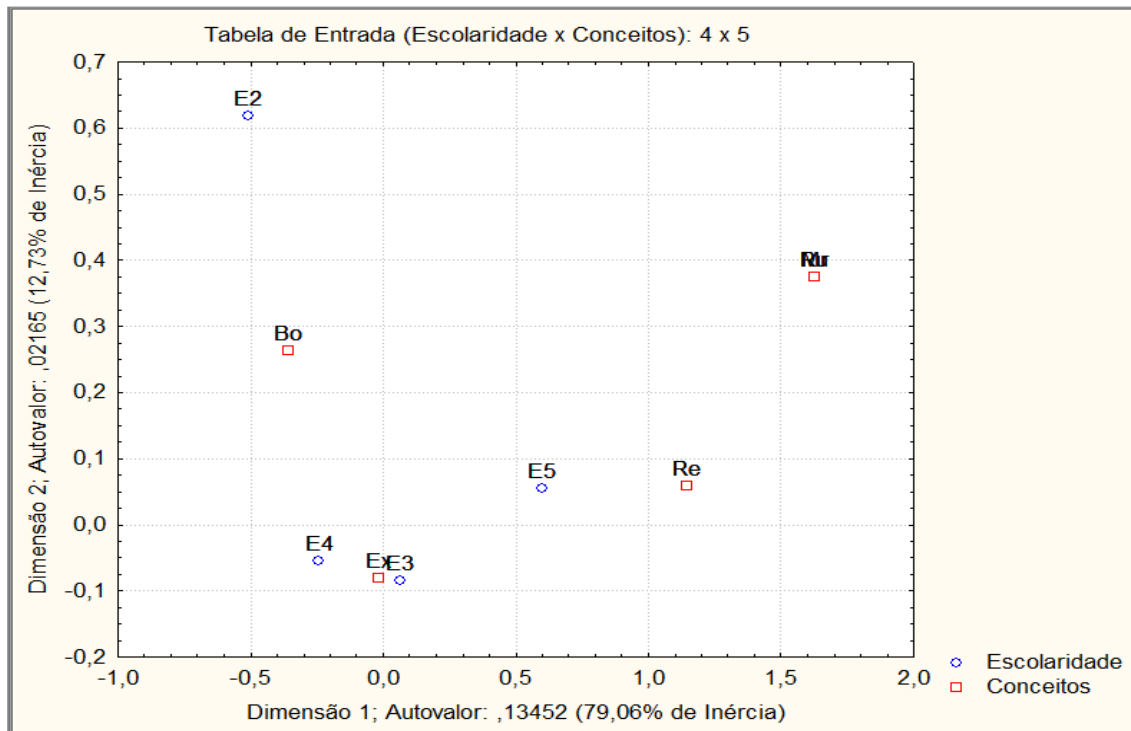
R1: Até 01 Salário Mínimo Salário Mínimo -SM, **R2:** De 01 a 03 SM, **R3:** De 03 a 05 SM, **R4:** De 05 a 08 SM, **R5:** De 08 a 12 SM, **R6:** Mais de 12 SM, **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.12. AC da variável renda versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.13 mostra a AC simples das variáveis, escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (79,0% + 12,7%), com um total de % da informação. Pode-se verificar que os visitantes com escolaridade ensino médio e ensino superior consideram os dez melhores pontos turísticos excelente. (Figura 5.13).



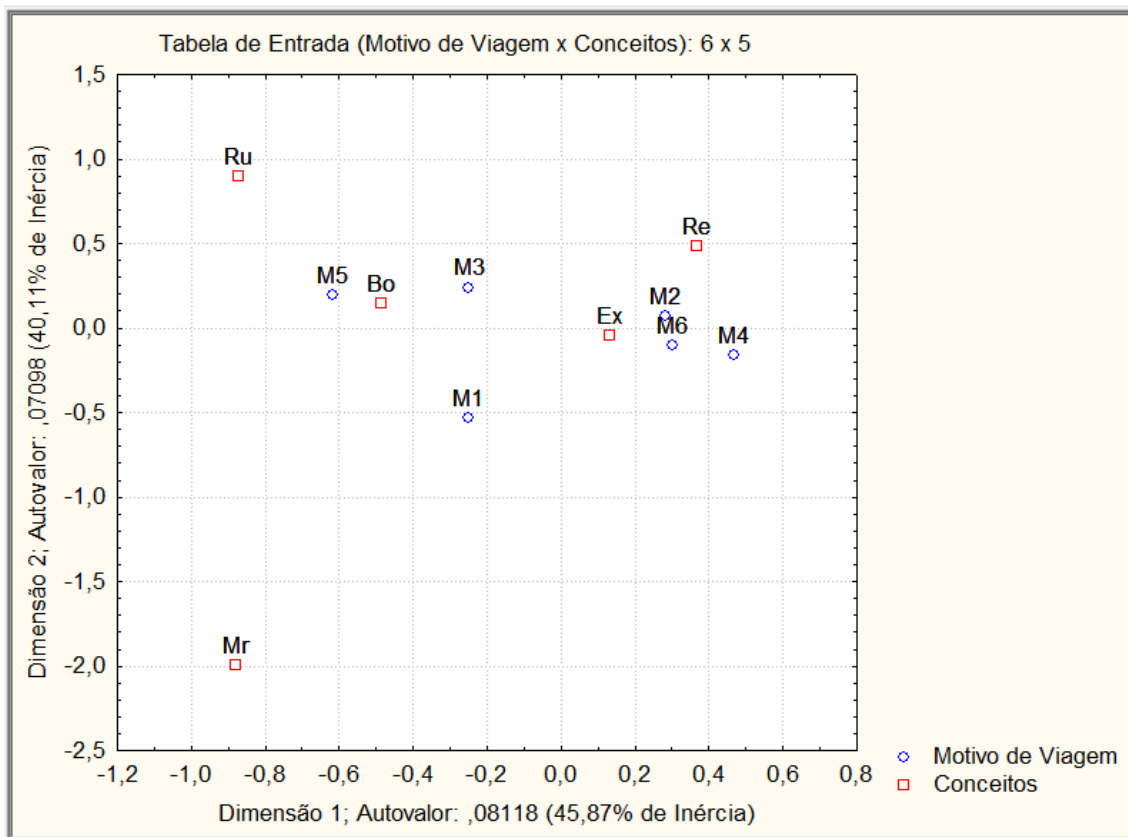
E1: Analfabeto, **E2:** Ensino fundamental, **E3:** Ensino médio, **E4:** Ensino superior, **E5:** Pós-graduado, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.13. AC da variável escolaridade versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.14 mostra a AC simples das variáveis, motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (45,8% + 40,1%), com um total de 85,9% da informação. Pode-se verificar que os motivos de viagem do tipo natureza e do tipo outros motivos, consideram os dez melhores pontos turísticos excelente, enquanto que, os motivos de viagem do tipo diversão noturna e cultura, consideram os pontos turísticos bom (Figura 5.14).



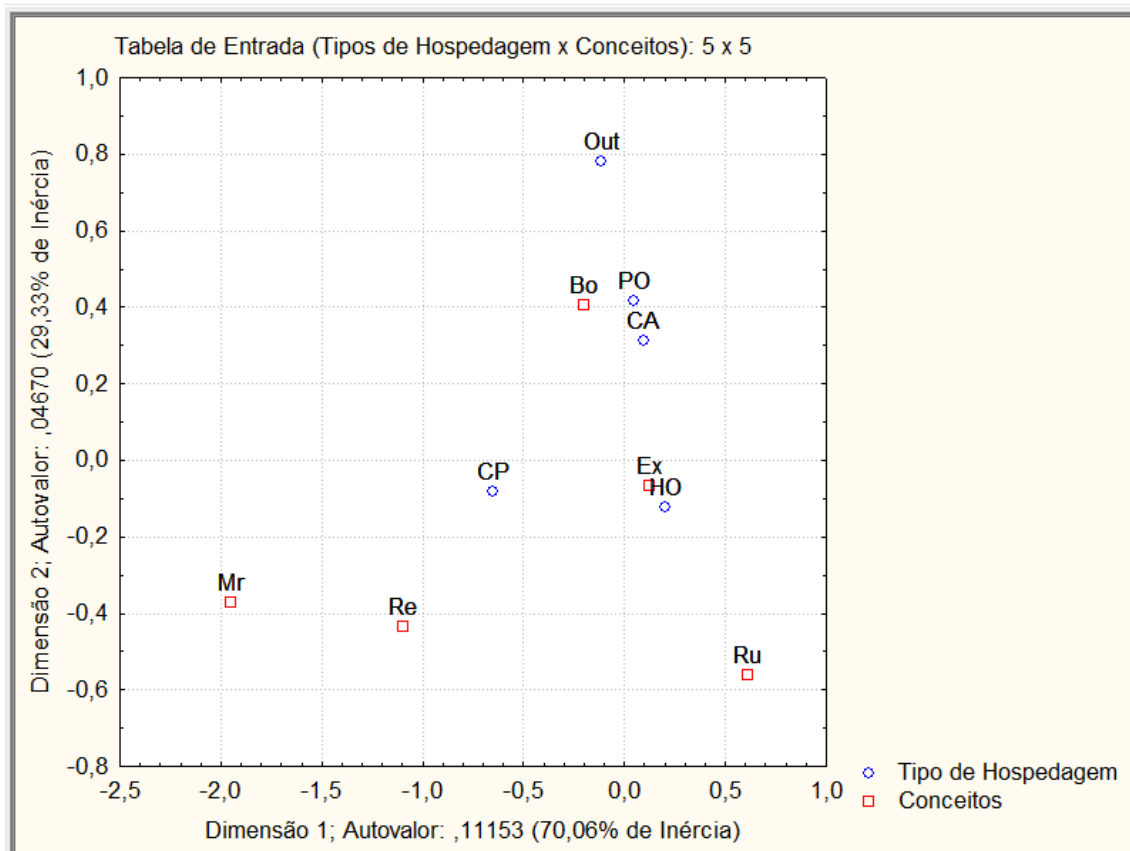
M1:Sol e praia, **M2**:Natureza ou ecoturismo, **M3**:Cultura, **M4**:Esportes, **M5**:Diversão noturna, **M6**:Outros.**NE**:Não Especificou, **Ex**: Excelente, **Bo**: Bom, **Re**: Regular, **Ru**: Ruim e **Mr**: Muito ruim.

Figura 5.14. AC da variável motivo da viagem versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

A Figura 5.15 mostra a AC simples das variáveis, tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (70,0% + 29,3%), com um total de 99,39% da informação. Pode-se verificar que os visitantes que se hospedam em hotel consideram os dez melhores pontos turísticos excelente, enquanto que, os visitantes que se hospedam em casa de amigos e pousadas consideram os pontos turísticos bom (Figura 5.15).



CA: Casa de amigos, **CP:** Casa de parentes, **HO:** Hotel, **PO:** Pousada, **Out:** Outros, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.15. AC das variáveis tipo de hospedagem versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

AC simples entre os dez pontos turísticos com menores prêmios atribuídos pelos visitantes

As etapas do desenvolvimento da AC simples desta subSeção estão disponíveis no Apêndice desta tese. Apresenta-se aqui uma breve descrição dos resultados obtidos a partir desta análise.

Na AC simples das variáveis, Estados de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos, pode-se verificar que os residentes no Estado do Pará consideram excelentes os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes de outros Estados consideram ruim estes pontos turísticos. Entre as variáveis, faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos, verifica-se que os visitantes com faixa etária de 18 a 25 anos consideram bom, os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes com faixa etária de 35 a 50 anos consideram regular estes pontos turísticos, e os visitantes com faixa de 51 a 65 anos, consideram ruim os pontos turísticos com menores valores atribuídos. Entre as variáveis sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos, pode-se verificar que os visitantes de sexo feminino consideram ruins os pontos turísticos com menores valores atribuídos, e os visitantes do sexo masculino consideram estes pontos turísticos bom. Na AC entre as variáveis, renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos verifica-se que os visitantes com renda acima de 12 salários mínimos consideram excelentes os pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes com renda de 5 a 12 salários mínimos consideram esses pontos turísticos ruim, e os visitantes com renda de 3 a 5 salários, consideram muito ruim os pontos turísticos com menores valores atribuídos. Entre as variáveis, escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos, pode-se verificar que os visitantes com escolaridade pós-graduados, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos, e os visitantes com escolaridade ensino superior, consideram esses pontos turísticos ruim.

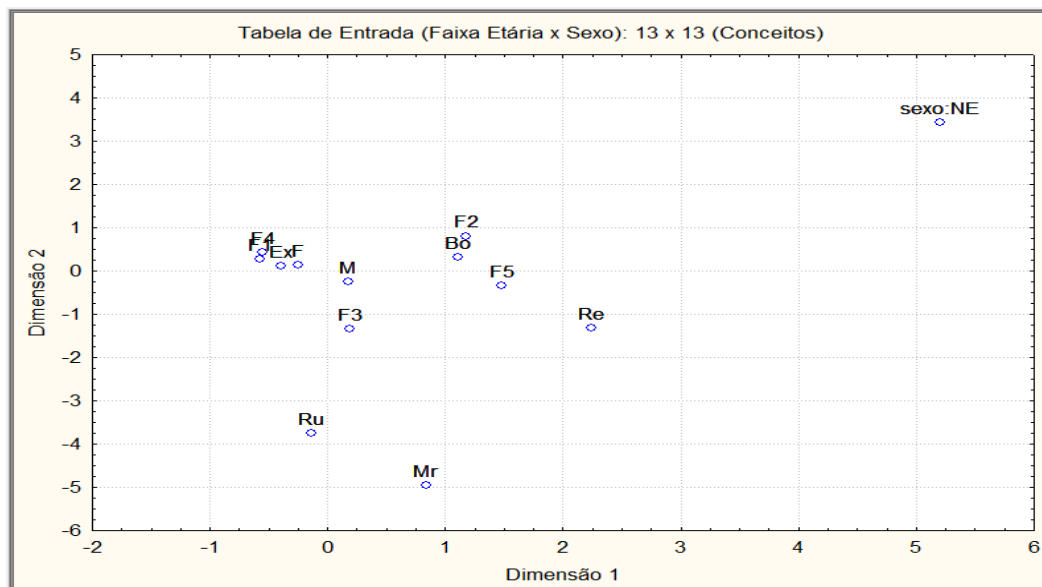
Na AC entre as variáveis, motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos, verifica-se que os visitantes com motivos de viagem cultura, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes com motivos de viagem sol e praia consideram regular esses pontos turísticos, e os visitantes com outros motivos de viagem consideram ruim esses pontos turísticos. Entre as variáveis, tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos, pode-se verificar que os visitantes hospedados em hotel, consideram ruins os pontos turísticos com menores valores atribuídos, os visitantes hospedados em casa de amigos e outros meios de hospedagem, consideram esses pontos

turísticos bom, e os visitantes que se hospedam em casa de parentes, consideram muito ruim esses pontos turísticos.

AC múltipla entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos.

Na AC múltipla, consideram-se também os dois grupos de pontos turísticos. No primeiro grupo, foram selecionados para a análise os dez melhores pontos turísticos, ou seja, os dez pontos turísticos com maiores prêmios atribuídos pelos visitantes. No segundo grupo, foram selecionados para a análise os dez pontos turísticos de menor predileção dos visitantes, ou seja, os dez pontos turísticos com menores prêmios atribuídos pelos visitantes.

Na AC múltipla entre as variáveis sexo, faixa etária do visitante e conceitos, verifica-se que, os visitantes de sexo feminino, com faixa etária de 18 a 25 anos e faixa etária de 51 a 65 anos, consideram excelente os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Os visitantes do sexo masculino, com faixa etária de 35 a 50 anos, consideram esses pontos turísticos bom (Figura 5.16).

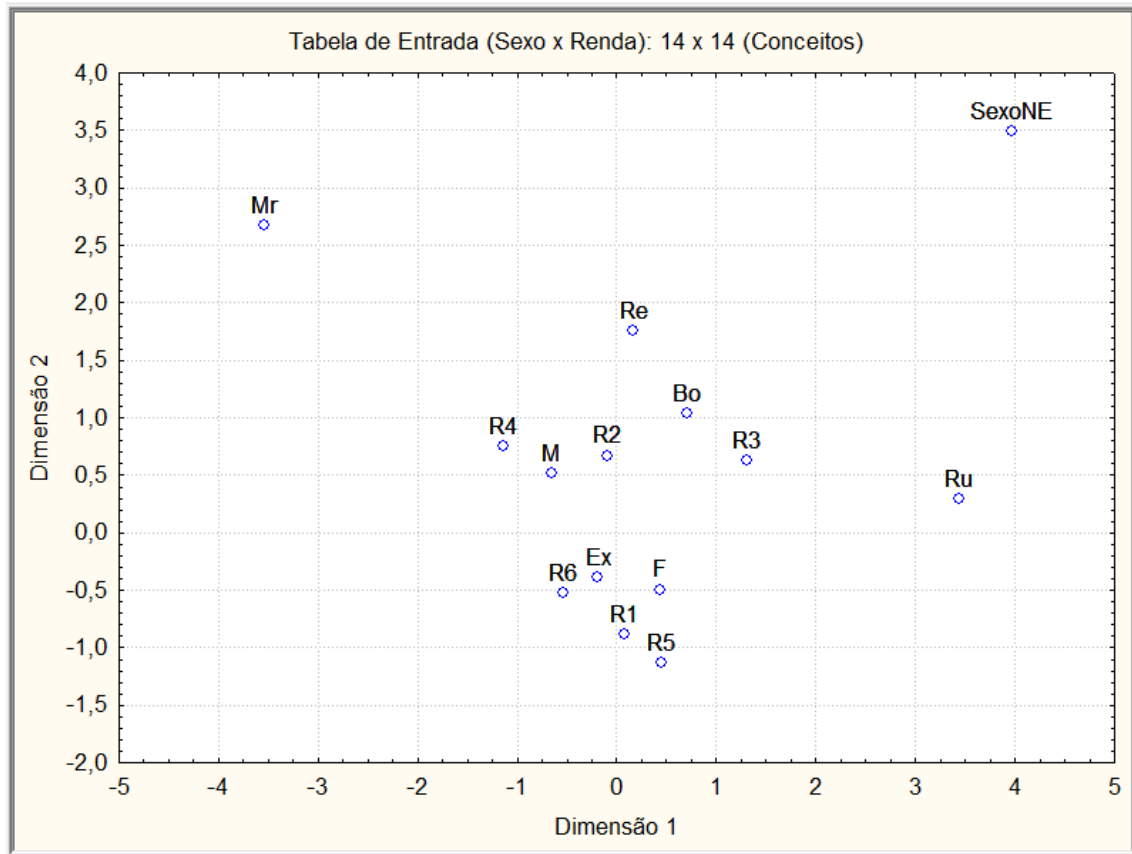


M: Masculino, **F:** Feminino, **NE:** Não especificou, **1:** de 18 a 25 anos, **2:** de 25 a 34 anos, **3:** de 35 a 50 anos, **4:** de 51 a 65 anos, **5:** mais de 65 anos, **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.16. AC múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando se analisa a correspondência múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos, verifica-se que, os visitantes de sexo feminino, com renda de até 1 salário mínimo e renda acima de 8 salários mínimos, consideram excelente os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Os visitantes do sexo masculino, com renda de 1 a 3 salários mínimos, e renda de 5 a 8 salários mínimos, consideram esses pontos turísticos bom (Figura 5.17).

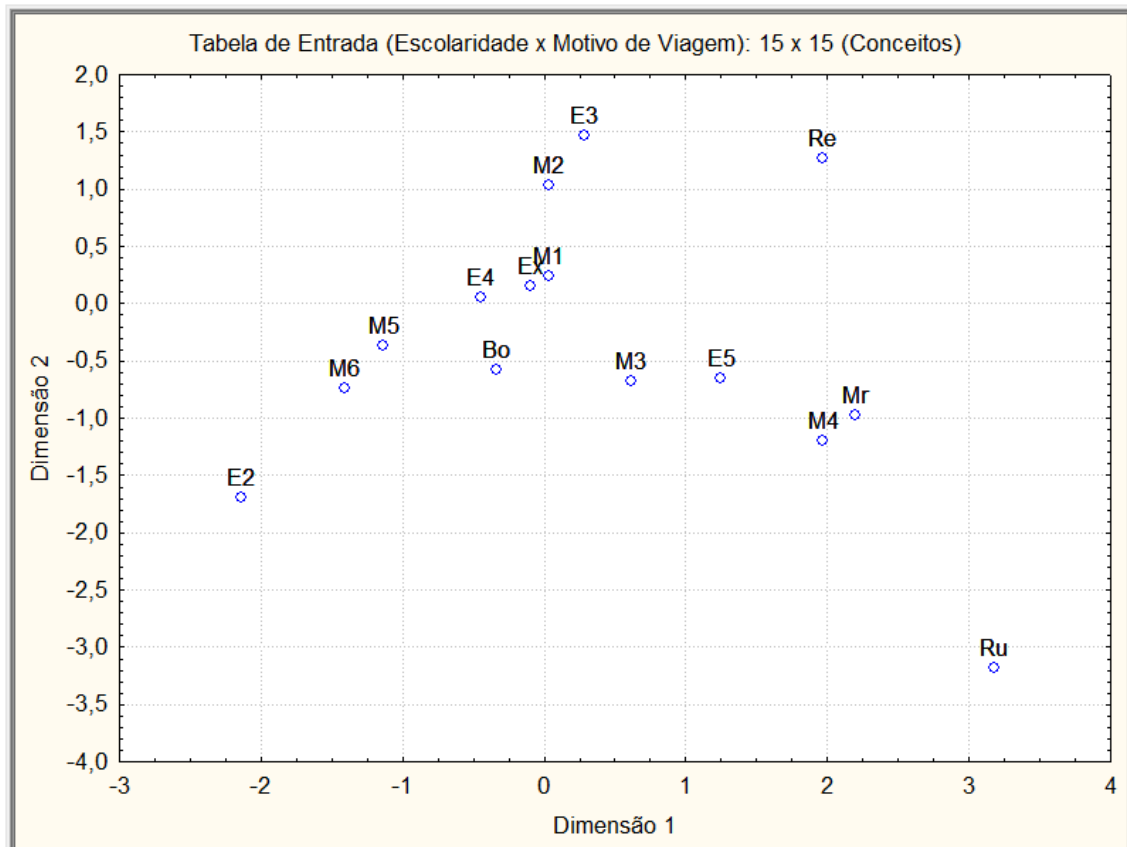


M: Masculino, **F:** Feminino, **NE:** Não especificou, **R1:** Até 01 Salário Mínimo Salário Mínimo -SM, **R2:** De 01 a 03 SM, **R3:** De 03 a 05 SM, **R4:** De 05 a 08 SM, **R5:** De 08 a 12 SM, **R6:** Mais de 12 SM, **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.17. AC múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na AC múltipla entre as variáveis motivo da viagem, escolaridade do visitante e conceitos, pode-se verificar que, os visitantes com motivo de viagem sol e praia, com escolaridade superior, consideram excelente os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Os visitantes com motivo de viagem do tipo esporte, que possuem nível de pós-graduação consideram esses pontos turísticos muito ruim (Figura 5.18).

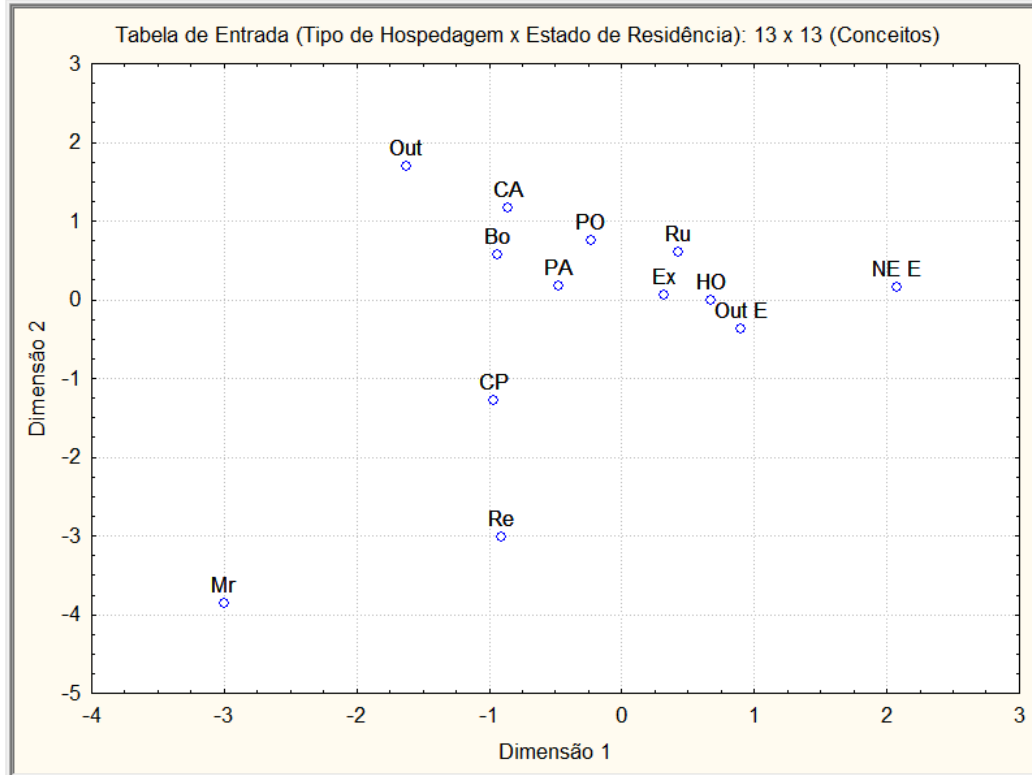


E1: Analfabeto, **E2:** Ensino fundamental, **E3:** Ensino médio, **E4:** Ensino superior, **E5:** Pós-graduado, **M1:** Sol e praia, **M2:** Natureza ou ecoturismo, **M3:** Cultura, **M4:** Esportes, **M5:** Diversão noturna, **M6:** Outros. **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.18. AC múltipla das variáveis motivo da viagem, escolaridade e conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

A AC múltipla entre as variáveis Estados de residência do visitante, tipo de hospedagem e conceitos é apresentada a seguir. Nela pode-se verificar que, os visitantes residentes no Estado do Pará, que se hospedam em casa de amigos e pousadas consideram bom os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Os visitantes residentes em outros Estados, que se hospedam em hotel consideram esses pontos turísticos excelentes (Figura 5.19).

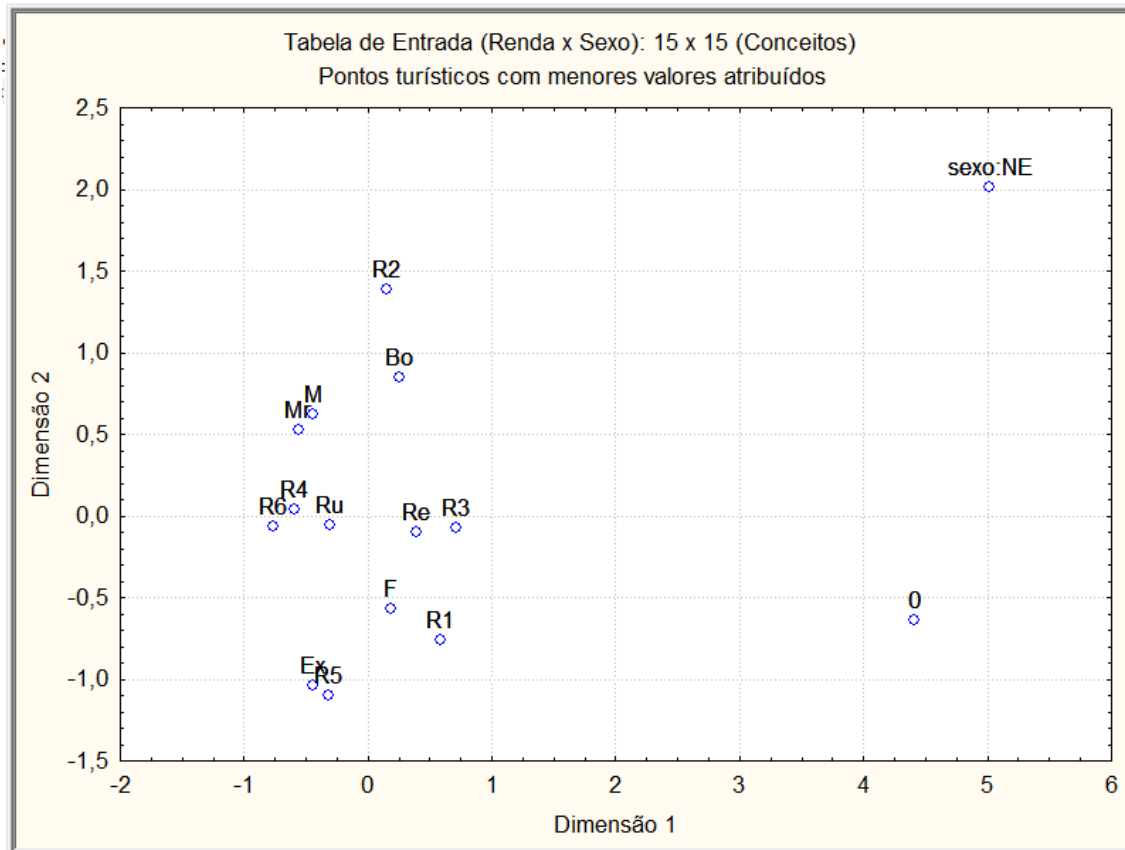


Ex: PA: Estado do Pará. **Out:** Outros Estados, **CA:** Casa de amigos, **CP:** Casa de parentes, **HO:** Hotel, **PO:** Pousada, **Out:** Outros, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.19. AC múltipla das variáveis Estado de residência, tipo de hospedagem e conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando se analisa a correspondência múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes, verifica-se que, os visitantes de sexo feminino, com renda de até 1 salário mínimo e renda de 8 a 12 salários mínimos, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos. Os visitantes do sexo masculino, com renda de 1 a 3 salários mínimos, e renda de 5 a 8 salários mínimos, consideram esses pontos turísticos muito ruim (Figura 5.20).

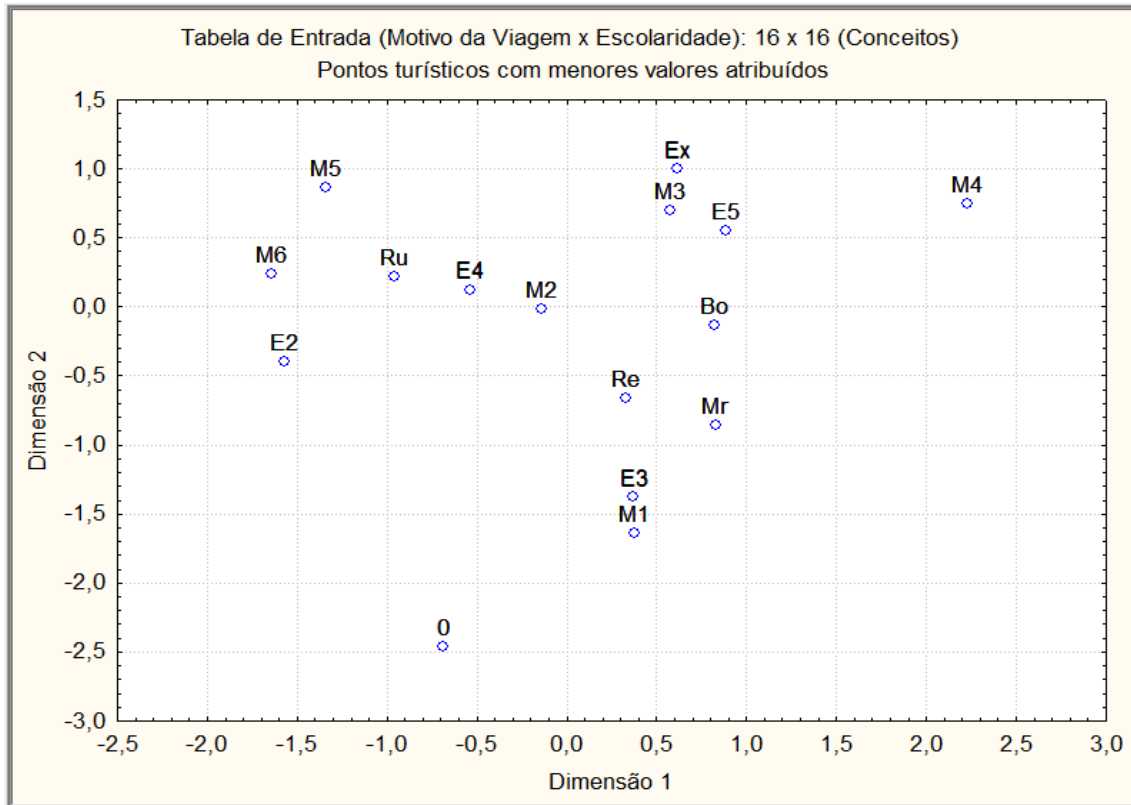


M: Masculino, **F:** Feminino, **NE:** Não especificou, **R1:** Até 01 Salário Mínimo Salário Mínimo -SM, **R2:** De 01 a 03 SM, **R3:** De 03 a 05 SM, **R4:** De 05 a 08 SM, **R5:** De 08 a 12 SM, **R6:** Mais de 12 SM, **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.20. AC múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na AC múltipla entre as variáveis motivo da viagem, escolaridade do visitante e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes, pode-se verificar que, os visitantes com motivo de viagem do tipo cultura, que possuem nível de pós-graduação, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos. Os visitantes com motivo de viagem do tipo sol e praia, que possuem o nível de escolaridade ensino médio, consideram esses pontos turísticos muito ruim (Figura 5.21).

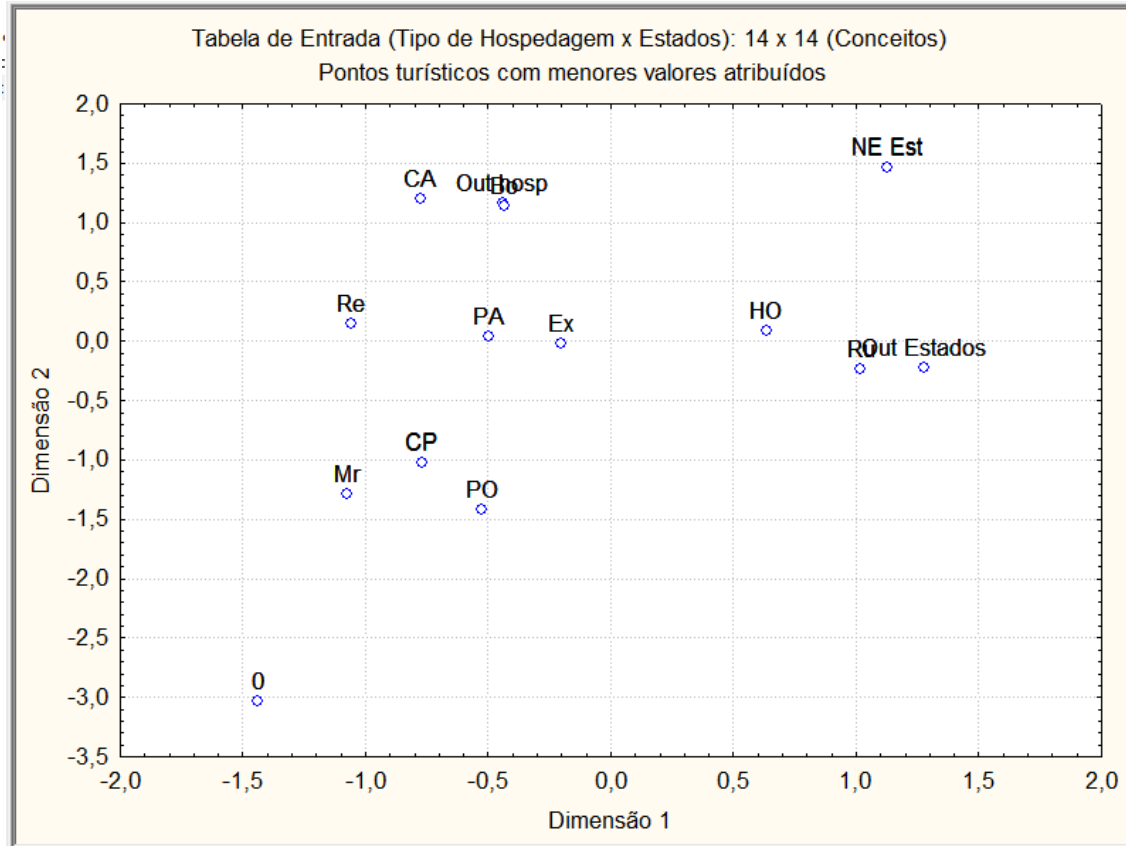


E1: Analfabeto, **E2:** Ensino fundamental, **E3:** Ensino médio, **E4:** Ensino superior, **E5:** Pós-graduado, **M1:** Sol e praia, **M2:** Natureza ou ecoturismo, **M3:** Cultura, **M4:** Esportes, **M5:** Diversão noturna, **M6:** Outros. **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.21. AC múltipla das variáveis motivo da viagem, escolaridade e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na AC múltipla entre as variáveis Estados de residência do visitante, tipo de hospedagem e conceitos com menores valores atribuídos pelos visitantes verifica-se que, os visitantes residentes no Estado do Pará, que se hospedam em casa de parentes consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos. Os visitantes residentes em outros Estados, que se hospedam em hotel consideram esses pontos turísticos ruim (Figura 5.22).



Ex: PA: Estado do Pará. **Out:** Outros Estados, **CA:** Casa de amigos, **CP:** Casa de parentes, **HO:** Hotel, **PO:** Pousada, **Out:** Outros, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5.22. AC múltipla das variáveis Estado de residência, tipo de hospedagem e conceitos com menores valores atribuídos pelos visitantes.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **AC simples entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e a variável mudança na ordem da rota.**

Nesta subSeção verifica-se qual o perfil de turistas que sugere uma mudança de rota turística. Para isso, realiza-se AC simples entre variáveis Estado de residência, faixa etária, sexo, renda, escolaridade, motivo da viagem, tipo de hospedagem e mudança de rota. Considerando as variáveis de perfil do turista versus mudança de rota. Observa-se que em todas as variáveis de perfil consideradas na Tabela 5.10, os dois primeiros eixos (dimensões) têm

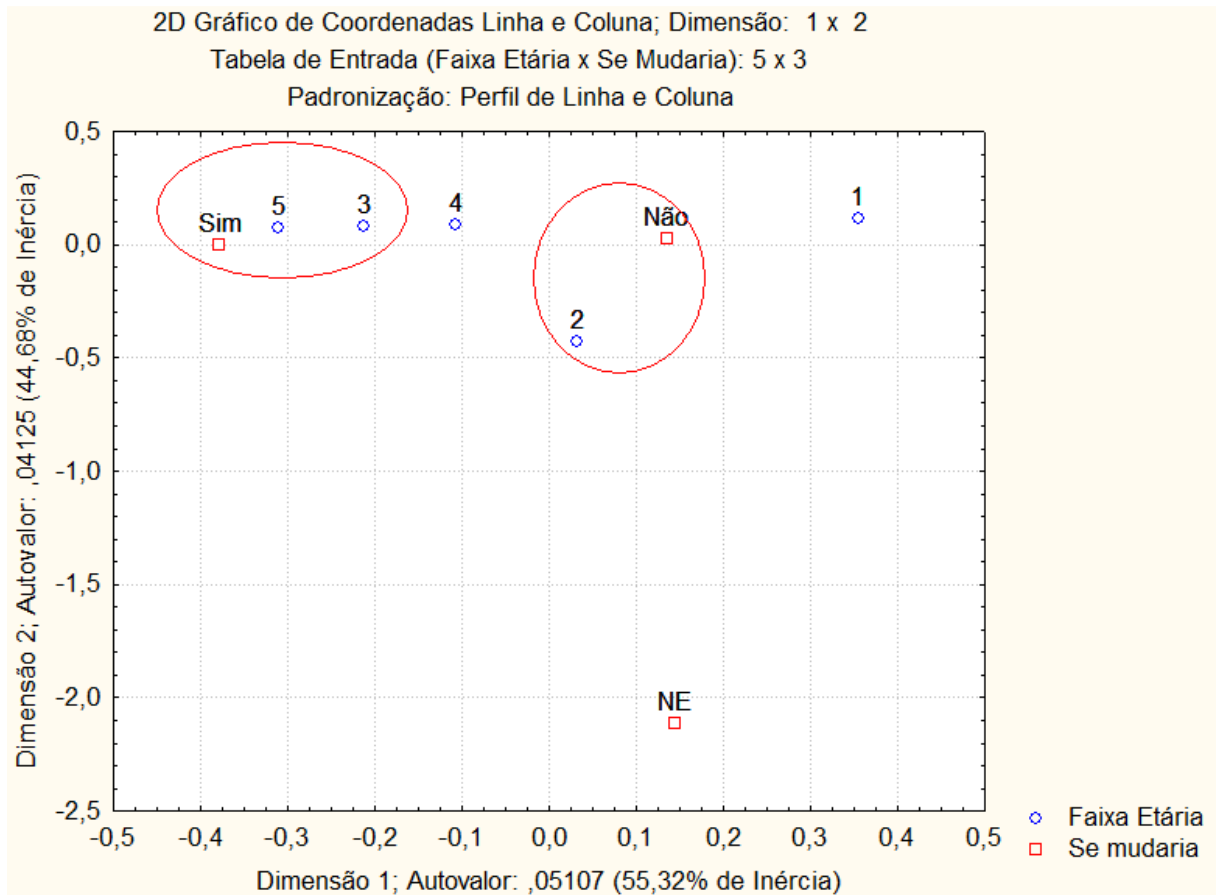
capacidade de explicação com um total acima de 70% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 0% da informação. Verifica-se também que em todas as variáveis de perfil versus mudança de rota, o valor de β é maior que 3, com isso, conclui-se que as variáveis de perfil e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

Tabela 5.10. Valores para o cálculo do critério β das variáveis perfil versus mudança de rota.

Faixa etária versus mudança de rota					
Total da Inércia = 0,9231		Qui-quadrado = 10,1546		df = 8	$\beta = 28,72$
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,225980	0,051067	55,31831	55,31831	5,617352
2	0,203095	0,041248	44,68169	100,0000	4,537246
Sexo versus mudança de rota					
Total da Inércia = 0,10562		Qui-quadrado = 11,6177		df = 4	$\beta = 23,23$
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,321087	0,103097	97,61513	97,61513	11,34067
2	0,050188	0,002519	2,38437	100,0000	0,27707
Renda versus mudança de rota					
Total da Inércia = 0,17420		Qui-quadrado = 19,163		df = 10	$\beta = 60,59$
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,388233	0,150725	86,5242	86,5242	16,57972
2	0,153214	0,023475	13,4752	100,0000	2,58221
Escolaridade versus mudança de rota					
Total da Inércia = 0,02204		Qui-quadrado = 2,4240		df = 6	$\beta = 5,92$
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,116302	0,013526	61,38102	61,38102	1,487871
2	0,092251	0,008510	38,61898	100,0000	0,936121
Motivo da viagem versus mudança de rota					
Total da Inércia = 0,18980		Qui-quadrado = 20,8784		df = 10	$\beta = 66,02$
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,415417	0,172571	90,92103	90,92103	18,98282
2	0,131271	0,017232	9,07897	100,0000	1,89554
Tipo de hospedagem versus mudança de rota					
Total da Inércia = 0,06042		Qui-quadrado = 18,78		df = 8	$\beta = 53,06$
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,242330	0,058724	97,18509	97,18509	6,459638
2	0,041242	0,001701	2,81491	100,0000	0,187100

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5.23 mostra a AC simples das variáveis faixas etárias versus mudança de rota. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (55,3% + 44,7%), com um total de 100,0% da informação. Pode-se verificar que a faixa etária de 25 a 34 anos, está associada a não mudança de rota. Já as faixas etárias de 35 a 50 anos e mais de 65 anos, estão associadas à mudança de rota. (Figura 5.23).

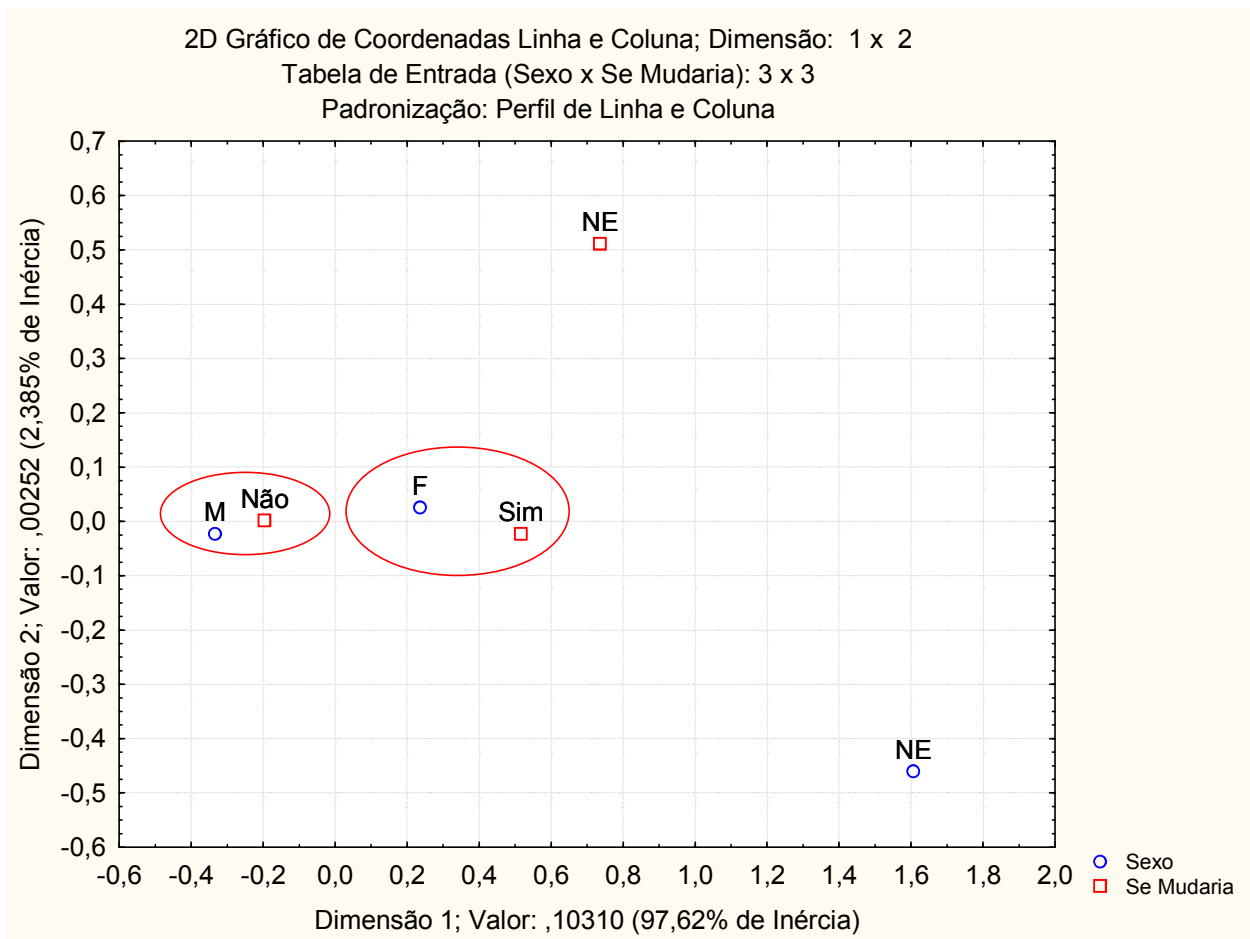


1: de 18 a 25 anos, 2: de 25 a 34 anos, 3: de 35 a 50 anos, 4: de 51 a 65 anos, 5: mais de 65 anos, NE: Não Especificou,

Figura 5.23. AC das variáveis faixas etárias versus mudança de rota.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5.24 mostra a AC simples das variáveis, sexo versus mudança de rota. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (97,61% + 2,38%), com um total de 100,00% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão (apenas 0,0% da informação), pois este não agrega informações significativas para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que o sexo masculino está associado a não mudança de rota. Já o sexo feminino está associado à mudança de rota. (Figura 5.24).

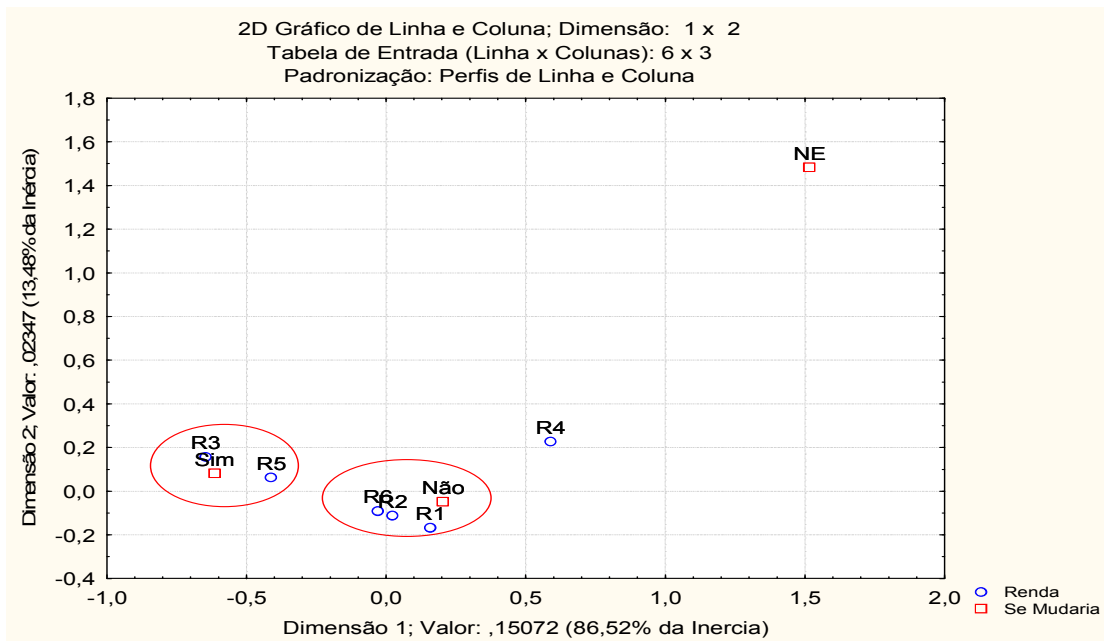


M: Masculino, **F:** Feminino, **NE:** Não Especificou.

Figura 5.24. AC das variáveis sexo versus mudança de rota.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5.25 mostra a AC simples das variáveis, renda versus mudança de rota. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (86,52% + 13,47%), com um total de 100,00% da informação. Pode-se verificar que as rendas até 1 salário mínimo, de 1 a 3 salários mínimos e mais de 12 salários mínimos estão associados a não mudança de rota. Já as rendas de 3 a 5 salários mínimos e de 8 a 12 salários mínimos estão associados a mudança de rota. Pode-se verificar também que os que não responderam se mudam ou não de rota não estão associados a nenhuma renda. (Figura 5.25).

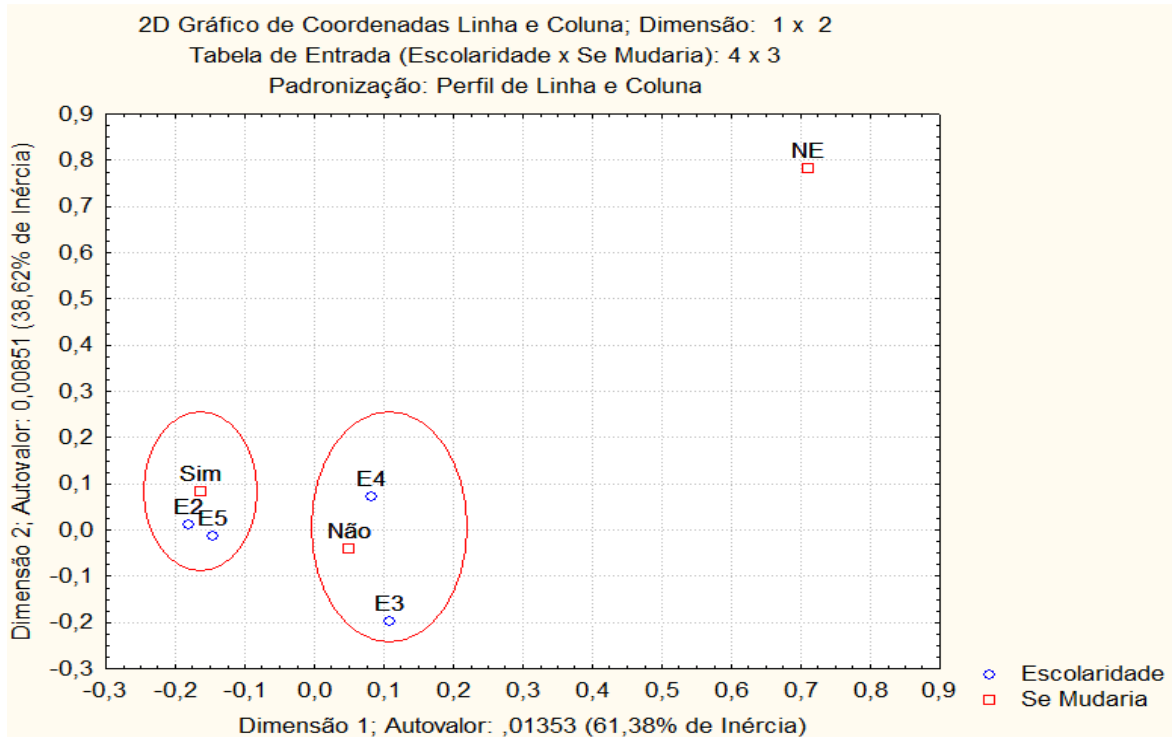


R1: Até 01 Salário Mínimo Salário Mínimo -SM, **R2:** De 01 a 03 SM, **R3:** De 03 a 05 SM, **R4:** De 05 a 08 SM, **R5:** De 08 a 12 SM, **R6:** Mais de 12 SM, **NE:** Não Especificou

Figura 5.25. AC das variáveis renda versus mudança de rota.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5.26 mostra a AC simples das variáveis escolaridade versus mudança de rota. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (61,4% + 38,6%), com um total de 100,00% da informação. Pode-se verificar que as escolaridades ensino médio e superior estão associadas a não mudança de rota. Já as escolaridades ensino fundamental e pós-graduado estão associadas à mudança de rota. (Figura 5.26).

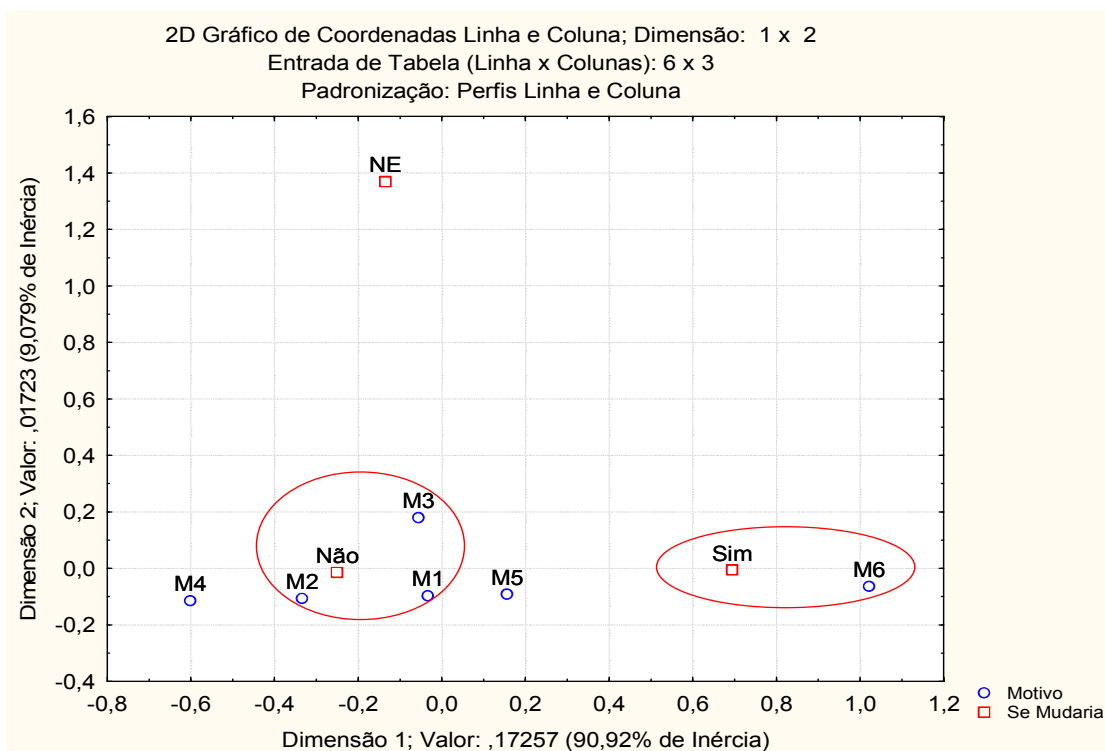


E1: Analfabeto, **E2:** Ensino fundamental, **E3:** Ensino médio, **E4:** Ensino superior, **E5:** Pós-graduado.

Figura 5.26. AC das variáveis escolaridade versus mudança de rota.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5.27 mostra a AC simples das variáveis, motivo da viagem versus mudança de rota. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (90,92% + 9,07%), com um total de 100,00% da informação. Pode-se verificar que os motivos do tipo sol e praia, natureza ou ecoturismo e cultura estão associados a não mudança de rota. Já o motivo do tipo outros motivos está associado a mudança de rota. Pode-se verificar que o motivo do tipo diversão apresenta grande associação com as opções de mudança e de não mudança de rotas, devido sua proximidade com o eixo central do gráfico (Figura 5.27).

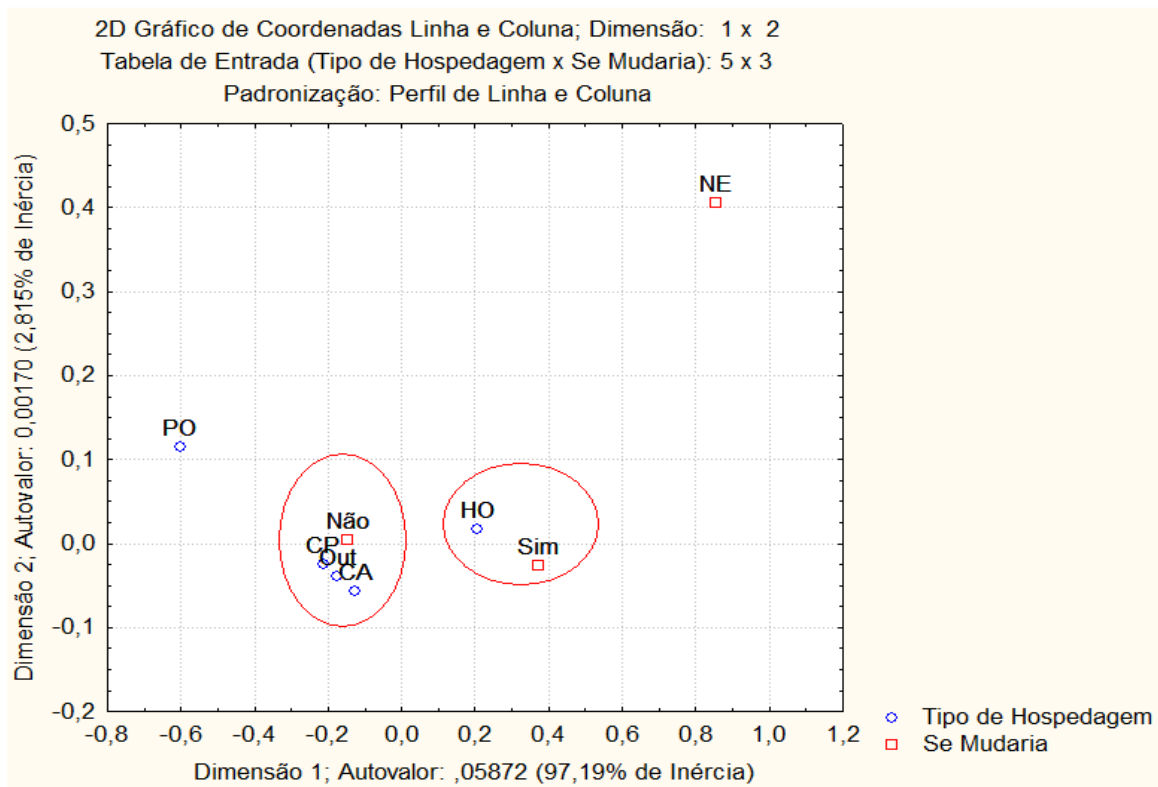


M1:Sol e praia, **M2:**Natureza ou ecoturismo, **M3:**Cultura, **M4:**Esportes, **M5:**Diversão noturna, **M6:**Outros.**NE:**Não Especificou

Figura 5.27. AC das variáveis motivo da viagem versus mudança de rota.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5.28 mostra a AC simples das variáveis tipo de hospedagem versus mudança de rota. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (97,2% + 2,8%), com um total de 100,00% da informação. Pode-se verificar que os visitantes que se hospedaram em casa de parentes, casa de amigos e outros meios de hospedagem estão associados a não mudança de rota. Os visitantes que se hospedaram em hotel estão associados à mudança de rota. (Figura 5.28).



CA: Casa de amigos, CP:Casa de parentes, HO: Hotel, PO: Pousada, Out: Outros meios de hospedagem.

Figura 5.28. AC das variáveis tipo de hospedagem versus mudança de rota.

Fonte: Elaborado pelo autor

Conclusões da análise dos resultados na aplicação da AC aos dados observados

As variáveis perfil dos visitantes, hábito de viagem e avaliação dos pontos turísticos (Figura 5.1) estão associadas entre si. Dentre diversos interesses de análises conjuntas dessas variáveis, destaca-se a AC simples e múltipla entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos. Para tanto, considera-se dois grupos de pontos turísticos. No primeiro grupo foram selecionados para a análise os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. No segundo grupo foram selecionados para a análise os dez pontos turísticos com menores prêmios atribuídos pelos visitantes. Em seguida verifica-se qual o perfil de turistas que sugere uma mudança de rota turística. Para isso, realiza-se AC simples entre variáveis Estado de residência, faixa etária, sexo, renda, escolaridade, motivo da viagem, tipo de hospedagem e mudança de rota.

Analisando as categorias perfil, hábitos de viagem e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos, e considerando os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos, verifica-se que esses pontos são considerados excelentes, por visitantes residentes em outros Estados, com faixa etária de 18 a 25 anos e de 51 a 65 anos, do sexo feminino, com renda de até 1 salário mínimo e renda acima de 8 salários mínimos, com escolaridade ensino médio e ensino superior, com motivos de viagem natureza e outros motivos de viagem, e que se hospedam em hotel. Os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos são considerados bons, por visitantes residentes em outros Estados, com renda de 1 a 5 salários mínimos, que viajam motivados por diversão noturna e cultura, e que se hospedam em pousadas e em casa de amigos. Isso significa que, roteiros contendo os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos deverão ser comercializados e apresentados para os visitantes com esse perfil. Os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos são considerados regular, para os visitantes com faixa etária com mais de 65 anos, do sexo masculino. Para esse perfil de visitantes deve-se evitar incluir no roteiro os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos.

Na AC múltipla pode-se verificar que, os visitantes com motivo de viagem sol e praia, com escolaridade superior, consideram excelente os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Neste caso, também incluir os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos no roteiro comercializado com esses visitantes. Já os visitantes com motivo de viagem do tipo esporte, que possuem nível de pós-graduação, consideram esses pontos turísticos muito ruim. Neste caso, evitar incluir os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos no roteiro. Na AC múltipla entre as variáveis Estados de residência do visitante, tipo de hospedagem e conceitos, pode-se verificar que, os visitantes residentes no Estado do Pará, que se

hospedam em casa de amigos e pousadas consideram bom os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Aqui também, incluir os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos no roteiro comercializado com esses visitantes.

Na análise das categorias perfil, hábitos de viagem e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos, e dessa vez, considerando os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos, verifica-se que esses pontos são considerados excelentes, por visitantes residentes no Estado do Pará, com renda acima de 12 salários mínimos, pós-graduados, com motivos de viagem do tipo cultura. Esses pontos são considerados bons, para os visitantes com faixa etária de 18 a 25 anos, do sexo masculino, que se hospedam em casa de amigos e outros meios de hospedagem. Isso significa que, roteiros contendo os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos deverão ser comercializados e apresentados para os visitantes com esse perfil.

Os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos são considerados regular, para os visitantes com faixa etária de 35 a 50 anos, com motivos de viagem sol e praia. Esses pontos turísticos são considerados ruim, por visitantes de outros Estados, com faixa de 51 a 65 anos, do sexo feminino, com renda de 5 a 12 salários mínimos, com escolaridade ensino superior, com motivo de viagem do tipo outros motivos, e que se hospedam em hotel. Esses pontos são considerados muito ruim por visitantes, com renda de 3 a 5 salários, e que se hospedam em casa de parentes. Neste caso, evitar incluir os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro.

Quando se analisa a correspondência múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes, verifica-se que, os visitantes de sexo feminino, com renda de até 1 salário mínimo e renda de 8 a 12 salários mínimos, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos, ou seja, nem todos os visitantes do sexo feminino consideram os dez pontos turísticos ruim. Neste caso, incluir os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro, considerando o sexo e a faixa etária desses visitantes.

Os visitantes do sexo masculino, com renda de 1 a 3 salários mínimos, e renda de 5 a 8 salários mínimos, consideram esses pontos turísticos muito ruim. Ou seja, nem todos os visitantes do sexo masculino consideram os dez pontos turísticos bom. Neste caso, evitar incluir os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos no roteiro.

Na AC múltipla entre as variáveis motivo da viagem, escolaridade do visitante e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes, pode-se verificar que, os visitantes com motivo de viagem do tipo cultura, que possuem nível de pós-graduação, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos, neste caso, incluir os

dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro. Os visitantes com motivo de viagem do tipo sol e praia, que possuem o nível de escolaridade ensino médio, consideram esses pontos turísticos muito ruim, neste caso. Logo, não incluir os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro,

Na AC múltipla entre as variáveis Estados de residência do visitante, tipo de hospedagem e conceitos com menores valores atribuídos pelos visitantes verifica-se que, os visitantes residentes no Estado do Pará, que se hospedam em casa de parentes consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos. Neste caso, incluir os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro. Dessa forma, pode-se constatar que é possível elaborar roteiros específicos, incluindo, tanto os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos no roteiro, quanto, os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro, para tanto deve-se estar atento as especificações do perfil e hábitos de viagem dos visitantes.

Em seguida, realizou-se também a AC simples entre as categorias perfil (Estados de residência, sexo, renda, escolaridade), hábitos de viagem (motivo de viagem e tipo de hospedagem) e a variável mudança na ordem da rota. Para isso, foram feitas também a análise da associação entre a variável mudança de rotas versus as demais variáveis como Estado de residência, faixa etária, sexo, renda, escolaridade, motivo da viagem e tipo de hospedagem. Para tanto, utilizou-se o critério β e conclui-se que a variável mudança de rota versus as variáveis faixa etária, sexo, renda, escolaridade, motivo da viagem e tipo de hospedagem são dependentes a um risco de 5%.

A análise mostra que estão associados a não mudança de rota os visitantes na faixa etária de 25 a 34 anos, do sexo masculino, com renda de mais até 1 salário, de 1 a 3, e de mais de 12 salários mínimos, com ensino médio e superior, cujos motivos de viagem são sol e praia, natureza ou ecoturismo e cultura, e que se hospedam em casa de amigos, casa de parentes e outros meios de hospedagem. Enquanto que estão associados a mudança de rota os visitantes na faixa etária de 35 a 50 anos, mais de 65 anos, do sexo feminino, com renda de 3 a 5 salários mínimos e de 8 a 12 salários mínimos, com ensino fundamental, pós-graduado, cujos motivos de viagem do tipo outros motivos e que se hospedam em hotel. Para este perfil de visitante sugere-se um cuidado ao apresentar um roteiro turístico, pois eles são exatamente o grupo de visitantes que demandam propostas diferentes do roteiro usual praticado no Estado do Pará.

Os parâmetros do modelo propostos no Capítulo 3, após a AC devem ser específicos para cada situação de análise descrita anteriormente, ou seja, deve-se estabelecer os parâmetros (prêmios P_i e P'_{ki}), estratificados para classes de turistas do sexo feminino, com

renda de 03 a 05 salários mínimos e de 8 a 12 salários mínimos, e também motivo da viagem (outros motivos). Assim, o modelo passa a sugerir rotas que atendam a demanda dos visitantes que gostariam de mudar o roteiro, considerando os extratos e as preferências por mudanças.

Com intuito de subsidiar a sugestão de novas rotas, ou seja, para atender classes de turistas que gostariam de mudá-las, apresenta-se valores médios atribuídos aos pontos turísticos da Seção 5.2 e também os valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por sexo (feminino), renda (03 a 05 salários mínimos e 8 a 12 salários mínimos) e motivo da viagem (outros motivos) na Tabela 5.10. Eles são exemplos de extratos em que a análise de correspondência identificou como associadas às preferências por mudanças na rota. Os valores médios apresentados na Tabela 5.10 são utilizados também nos exemplos do Capítulo 6.

Tabela 5.11. Valores médios atribuídos aos pontos turísticos estratificados por sexo (feminino), renda (03 a 05 salários mínimos e 8 a 12 salários mínimos) e motivo da viagem (outros motivos).

Ponto Turísticos	Valores médios atribuídos aos pontos turísticos				
	Sem extrato	Sexo feminino	Renda de 3 a 5 SM	Renda de 8 a 12 SM	Outros Motivos
1.Pólo Joalheiro	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2.Santuário Basílica de Nazaré	95,9	95,1	93,2	100,0	93,2
3.Igreja de Santo Alexandre	93,4	96,4	83,3	100,0	100,0
4.Praça Dom Frei Caetano	92,0	92,8	86,6	100,0	100,0
5.Igreja da Sé	89,8	90,2	86,2	93,2	90,8
6.Igreja das Mercês	89,0	84,2	84,0	82,5	100
7.Casa Rosada	88,2	87,8	100,0	95,0	75,0
8.Forte do Castelo	86,9	89,8	81,6	93,2	88,7
9.Museu Emílio Goeldi	86,4	83,0	66,0	*	88,7
10.Praça do Relógio	85,7	65,7	54,3	*	*
11.Palacete Bolonha	85,8	83,2	100,0	58,0	83,0
12.Estação das Docas	84,3	84,2	80,7	85,0	80,5
13.Casa das Onze Janelas	82,9	85,5	77,6	93,2	88,7
14.Feira do Ver-O-Peso	81,7	85,5	74,2	80,0	83,0
15.1ª Rua de Belém	77,9	85,4	69,1	90,0	100,0
16.Cine Olímpia	76,1	74,8	75,0	24,5	33,0
17.Rua 15 de Novembro	75,1	71,9	68,0	75,0	100,0
18.Mercado de Carne	74,7	83,2	73,6	95,0	100,0
19.Praça da República	74,5	68,9	83,0	38,5	50,0
20.Hotel Avenida	70,8	83,0	66,0	*	*
21.Rua Santo Antônio	66,4	83,0	58	*	*
22.Edifício Manoel Pinto	63,6	56,8	58,0	16,0	16,0
23.Praça do Pescador	63,0	61,7	76,0	60,0	30,0
24.Mercado de Ferro	60,7	64,6	60,2	89,0	100
25.Feira do Açaí	61,2	57,1	43,3	75,0	50,0
26.Instituto de Educação IEP	53,4	48,4	50,0	16,0	16,0
27.Praça das Sereias	34,3	30,5	41,5	24,5	33,0
28.Museu de Arte Sacra	26,1	26,9	26,0	29,0	29,5

Fonte: Pesquisa de Campo

*Pontos turísticos não visitados por turistas dos referidos extratos

Capítulo 6- Aplicação da abordagem

Neste capítulo, são apresentados e analisados os resultados obtidos nos testes computacionais realizados com exemplos, com distribuição uniforme e exemplos a partir dos dados do estudo de caso.

6.1 Exemplo ilustrativo

A Figura 6.1 representa um roteiro fictício, que se aproxima muito de algumas propostas comercializadas pelas agências de turismo do Município de Belém. Nela, um grupo de 100% de turistas visitam seis pontos turísticos (nós de 02 a 07), partindo de um hotel (nó 1). Quando o grupo visita o nó 3, 20% dos visitantes se manifestam pouco satisfeitos; quando o grupo visita o nó 4, 10% dos visitantes se manifesta insatisfeito; quando o grupo visita o nó 5, 20% dos visitantes se manifestam insatisfeitos; quando o grupo visita o nó 6, 20% dos visitantes ficam pouco satisfeitos, conforme a Figura 6.1. Isto sugere que deve-se propor roteiros diferenciados considerando a satisfação de cada tipo de visitante, conforme o que sugere a Figura 6.2.

Os roteiros apresentados nas Figuras 6.1 e 6.2 foram preliminarmente obtidas sem auxílio da abordagem de otimização. Eles foram feitos manualmente com intuito apenas de ilustrar e esclarecer o problema discutido nesta tese. Na Seção 6.3 apresentar-se-ão roteiros para exemplos obtidos com auxílio da abordagem de otimização, tanto via solução do modelo do Capítulo 3, quanto pela heurística do Capítulo 4.

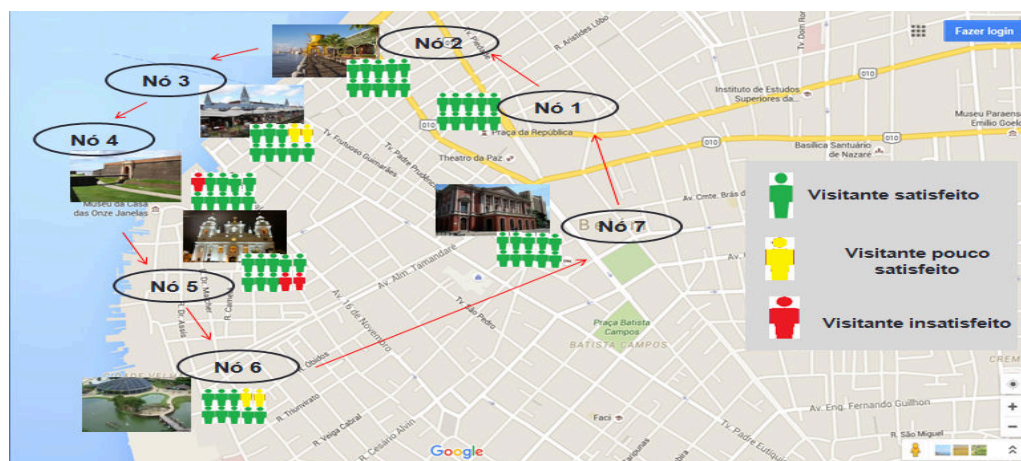


Figura 6.1. Exemplo ilustrativo de roteiros propostos por agências de turismo local.
Fonte:Elaborado pelo autor



Figura 6.2. Exemplo ilustrativo de roteiros propostos com intuito de atender a maior parte dos visitantes.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 6.2, 20% dos visitantes saem do nó 1 e passam pelos nós 2, 4, 5 e 7, respectivamente, e retornam para o nó 1 (roteiro 1). 10% deles saem do nó 1 e passam pelos nós 2, 3, 5, 6, 7, respectivamente e retorna para o nó 1 (roteiro 2). O grupo de 70% dos visitantes saem do nó 1 e passa por todos os nós até finalmente retornar para o nó 1 (roteiro 3). Estes roteiros levam em conta o desejo dos visitantes de visitar parte ou todos os pontos pertencentes ao roteiro original, minimizando o problema de insatisfação do turista, ou seja, maximizando o prêmio (satisfação) recebido pelo turista.

Considerando-se somente a quantidade de pessoas que percorrem os roteiros fictícios aqui demonstrados, pode-se questionar quanto ao preço praticado e o quanto seria caro para somente 10% ou 20% dos visitantes realizar o percurso, mas o roteiro da Figura 6.2 é apenas ilustrativo. Na verdade, a idéia é que após definidos as preferências por cada roteiro, os pacotes de roteiros turísticos (*city tour*) possam ser vendidos, levando em conta a preferência de cada tipo de visitantes (por sexo, por naturalidade, e outros), ou seja, após definido o tipo de roteiro por perfil de visitante, pode-se então comercializar a visitação dos roteiros para grupos maiores. Assim, tem-se uma opção mais diversificada de roteiros, atendendo melhor a preferência de cada tipo de turista.

6.2 Teste dos modelos e heurística utilizando distribuições aleatórias

Nesta Seção, testa-se o modelo matemático que representa o problema do caixeiro viajante com coleta e prioridade de prêmios (CPTSPPP, Seção 3.1). O objetivo aqui é analisar se as soluções do modelo são factíveis, dentro de um tempo razoável, e se a quantidade de nós que o modelo suporta corresponde à quantidade de pontos turísticos visitados em um roteiro turístico usual. A distribuição uniforme foi arbitrariamente escolhida para gerar, de forma aleatória, os custos (c_{ij}) e os prêmios (p_i e p'_{ki}). O teste foi repetido 10 vezes para cada tamanho n de nós ($n=10, n=20, n=30, n=50, n=100, n=200$ e $n=500$). Foi estipulado um tempo limite de 3600 segundos para resolver cada problema.

Dentre os vários testes realizados, apresentam-se aqui quatro testes. No primeiro (Tabela 6.1), definiu-se o prêmio p_i (Seção 3.1) variando no intervalo $(-100,100)$ e o prêmio p'_{ki} (Seção 3.1) variando no intervalo $(0,100)$. No segundo (Tabela 6.2), definiu-se o prêmio p_i variando no intervalo $(0,100)$ e o prêmio p'_{ki} variando no intervalo $(0,100)$. No terceiro (Tabela 6.3), a partir dos custos e prêmios gerados no primeiro teste, apresenta-se os resultados da heurística e compara-se esses resultados com os resultados Gams/Cplex produzidos também do primeiro teste. No quarto (Tabela 6.4), a partir dos custos e prêmios gerados no segundo teste, apresenta-se os resultados da heurística e compara-se esses resultados com os resultados Gams/Cplex produzidos no segundo teste.

Para geração dos resultados do teste da heurística utilizou-se o algoritmo descrito no Capítulo 4, Seção 4.1, em que no passo 3 desse algoritmo os valores iniciais de tolerâncias (TL, TE, TR, TA) = (1, 1, 1, 1) são aplicados nos dois primeiros estágios de pesquisa. O primeiro estágio compreende todas as soluções entre a solução de partida e o primeiro ótimo local, enquanto o segundo estágio começa com a solução que se segue ao primeiro ótimo local e termina com a solução obtida h iterações à frente, sendo h aleatoriamente gerado no intervalo $[h_{min}, h_{max}] = [50, 100]$, também utilizado para gerar os comprimentos dos demais estágios. No passo 4.2, se alguma melhoria da solução é obtida no último estágio, valores de tolerância (TL, TE, TR, TA) e fator de ajuste τ passam a ser iguais a (1, 2, 1, 1) e 0,1, respectivamente.

Esses valores de tolerância visam intensificar a exploração em regiões possivelmente promissoras. Embora eles não pareçam altos, valores maiores quase invariavelmente levam à ciclagem. Usa-se um valor baixo para τ (resultando em um número relativamente pequeno de iterações) porque, em alguns casos, há geralmente apenas alguns

movimentos de melhoria subsequentes. Tolerâncias baixas (TL, TE, TR, TA) = (0, 1, 0, 0) com $\tau = 0,5$ são impostas quando ocorre a estagnação da busca, especificamente, quando o valor absoluto do percentual do desvio da solução entre a média da fase atual e solução da média da fase anterior é inferior ou igual a 5%, e o coeficiente de variação das médias dos dois estágios é inferior ou igual a 0,2. Se o valor médio da solução aumenta (trajetória ascendente e possivelmente região promissora), não são aplicadas alterações de tolerância e $\tau = 2$. Finalmente, se o valor médio da solução diminui, as tolerâncias são definidas como (TL, TE, TR, TA) = (0, 1, 0, 0) e $\tau = 1$ (Capítulo 4, Seção 4.1).

Para executar a heurística foram feitos testes com 200, 500, 1000 e 10000 iterações, e após estas execuções constatou-se que aumentar o número de iterações não trouxeram ganhos significativos. Por isso, a execução da heurística apresentada nas Tabelas 6.3 e 6.4 foram feitas com 200 iterações.

Para realizar os testes apresentados neste capítulo contou-se com o auxílio de um computador com processador Intel (R) Core (TM) i5 – 3230M, memória instalada (RAM) 4,00 GB, velocidade do processador 2,60 GHz, Sistema Operacional Windows 8, e com o auxílio dos *softwares* de linguagem de modelagem e de otimização como o GAMS, solver CPLEX 24.0.2 e códigos desenvolvidos para implantar o algoritmo de busca tabu, onde a heurística foi escrita na linguagem PASCAL, em um compilador Delphi.

Tabela 6.1. Resultado para o CPTSPPP com o GAMS/CPLEX. Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (-100,100). Tempo de execução 3.600 segundos

<i>n</i> = 10				<i>n</i> = 20			<i>n</i> = 30			<i>n</i> = 50		
	tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo	Tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo
1	0,09	0	802,78	5,9	0	1.793,80	187,4	0	3.053,51	3.598,7	4,9	4.784,95
2	0,17	0	590,82	1,9	0	2.503,18	408,1	0	2.786,44	3.598,3	6,5	4.509,40
3	0,20	0	870,04	7,3	0	2.020,57	527,3	0	2.886,69	3.598,1	5,6	4.378,72
4	0,25	0	782,78	3,8	0	1.823,91	188,5	0	1.780,20	3.598,2	3,7	4.665,56
5	0,14	0	997,76	1,9	0	1.632,29	265,5	0	2.966,82	3.598,3	4,7	3.861,86
6	0,03	0	605,66	2,6	0	1.883,97	1.076,2	0	2.747,28	3.598,4	3,8	4.834,02
7	0,09	0	703,11	10,2	0	1.728,94	1.060,8	0	2.447,11	3.598,1	3,5	4.688,38
8	0,05	0	802,78	8,1	0	1.671,55	126,7	0	2.294,55	3.598,1	6,7	3.761,81
9	0,17	0	850,39	6,1	0	2.084,93	181,8	0	2.625,09	3.598,1	3,4	4.214,01
10	0,08	0	984,48	2,3	0	1.158,38	88,4	0	2.102,26	3.596,6	4,3	4.719,03
Média	0,13	0	799,06	5,0	0	1.830,15	411,07	0	2.568,99	3.598,1	4,7	4.441,77

<i>n</i> = 100				<i>n</i> = 200			<i>n</i> = 500		
	tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo
1	3.564,07	161,74	909,76						
2	10.661,50	502,19	436,71						
3	3.564,97	128,88	948,84						
4	3.558,01	1210,07	213,31						
5	3.560,24	423,04	370,78						
6	3.563,24	120,56	1.232,38						
7	3.559,78	296,85	467,53						
8	4.878,95	569.522,38	-44,29						
9	3.558,63	6.212,26	39,00						
10	3.564,31	99,43	1280,67						
Média	4.403,37	57.867,74	585,47						
				Memória Insuficiente			Memória Insuficiente		

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.2. Resultado para o CPTSPPP com o GAMS/CPLEX.Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (0,100). Tempo de execução 3.600 segundos

<i>n</i> = 10				<i>n</i> = 20			<i>n</i> = 30			<i>n</i> = 50		
	tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo	tempo	Gap %	F. Objetivo
1	0,06	0	1.313,80	3,2	0	2.580,28	254,5	0	3.713,47	4.537,9	3,2	6.749,49
2	0,12	0	1.229,04	1,9	0	2.584,31	1.678,7	0	4.080,77	3.598,1	1,5	6.934,10
3	0,08	0	1.311,60	1,2	0	2.575,27	197,7	0	4.249,71	3.598,1	3,0	6.978,48
4	0,05	0	1.240,37	1,6	0	2.814,39	296,5	0	3.936,35	3.598,4	3,1	6.901,58
5	0,13	0	1.223,78	1,2	0	2.641,69	82,4	0	4.023,68	3.597,9	2,2	7.113,01
6	0,03	0	1.272,06	4,1	0	2.458,22	310,0	0	4.115,25	3.598,0	2,8	7.194,96
7	0,08	0	1.100,33	1,8	0	2.397,91	794,6	0	3.961,85	3.597,9	2,8	7.097,16
8	0,08	0	1.293,95	3,9	0	2.778,59	621,6	0	4.116,79	4.995,6	2,1	7.107,11
9	0,05	0	1.120,39	7,2	0	2.580,07	483,4	0	3.955,85	6.713,7	2,3	6.668,16
10	0,22	0	1.169,76	4,0	0	2.751,48	429,4	0	4.026,45	3.598,7	2,6	6.854,44
Média	0,09	0	1.227,51	3,0	0	2.616,22	514,9	0	4.018,02	4.143,4	2,6	6.959,85

<i>n</i> = 100				<i>n</i> = 200			<i>n</i> = 500		
	tempo	Gap	F. Objetivo	tempo	Gap	F. Objetivo	tempo	Gap	F. Objetivo
1	7.478,58	640.077,59	86,77						
2	4.657,64	1.267.952,45	39,58						
3	13.288,02	14,66	4.474,36						
4	3.908,78	1.845.457,52	25,96						
5	5.819,42	806.017,60	66,69						
6	3.568,38	4.370.507,88	99,62						
7	3.563,13	8.957,59	49,37						
8	3.563,61	17,20	4.178,62						
9	3.560,14	5.193,09	91,46						
10	3.556,25	5.415,39	83,75						
Média	5.296,40	894.961,10	919,62						

Memória Insuficiente

Fonte: Elaborado pelo autor

No teste da Tabela 6.1, para n igual a 10 nós o tempo médio necessário para se obter uma solução ótima foi menor que 1 segundo; para n igual a 20 nós, o tempo médio foi de 5 segundos, enquanto que para n igual a 30 nós, o tempo foi de 411 segundos. Até n igual a 30 nós, a solução ótima foi obtida com um tempo relativamente curto, ou seja, o teste foi rápido. Por exemplo, para n até 30 nós, o *Gap* relativo foi de 0%, apresentando solução ótima para n igual a 10 (média da função objetivo igual a 799), para n igual a 20 (média da função objetivo igual a 1.830) e para n igual a 30 (média da função objetivo igual a 2.568). Para n igual a 50 nós, o GAMS/CPLEX foi capaz de encontrar soluções factíveis para todos os exemplos, dentro do tempo limite, porém as soluções não tem garantia de otimalidade, com *Gap* relativo médio igual a 4,7% e valor médio da função objetivo igual a 4,441. Quando o modelo foi tEstado utilizando 100 nós, o tempo gasto só para obter uma solução factível no nó raiz do método *branch-and-cut* do Cplex foi em média igual a 4.403,37 segundos, as soluções obtidas não são ótimas e apresentaram um *Gap* relativo médio igual a 57.867,74%, e o valor médio da função objetivo foi de 585,47. Para n igual a 200 e 500 nós, a memória do computador foi insuficiente para compilar o modelo CPTSPPP e, portanto, não apresenta solução. Realizou-se novamente os testes para n igual a 200 e 500 nós. Desta vez, utilizando um computador com 16 Gbytes, em 1h, e os resultados foram os seguintes: Para n igual a 200 nós, nenhuma solução foi encontrada e para n igual a 500 nós, a memória do computador foi insuficiente. Isto significa que o Solver Cplex tem dificuldades para tratar esses exemplos com n maior ou igual a 100 nós.

No teste da Tabela 6.2, devido ao prêmio p_i variar no intervalo positivo (0,100), ao invés de (-100, 100), as possibilidades de alguns nós não serem visitados diminuí. Isto sugere que o modelo terá mais dificuldade para encontrar as soluções do que no teste anterior (Tabela 6.1). Contudo, os resultados do segundo teste apresentam alguns comportamentos similares aos do teste 1. No teste 2 (Tabela 6.2), quando utiliza-se 10, 20 e 30 nós, a solução ótima também foi obtida com um tempo relativamente curto, ou seja, o segundo teste também foi rápido, sendo que os valores médios da função objetivo são maiores, porque certamente visitam mais nós. Para n igual a 50 nós, o GAMS/CPLEX foi capaz de encontrar soluções factíveis para todos os exemplos, dentro do tempo limite, porém as soluções não tem garantia de otimalidade, com *Gap* relativo médio igual a 2,6% e valor médio da função objetivo igual a 6.959,85

Quando testou-se o modelo utilizando 100 nós, novamente, o tempo gasto só para obter uma solução factível no nó raiz do método *branch-and-cut* do Cplex foi em média igual a 5.296,40 segundos, as soluções obtidas não são ótimas e apresentaram um *Gap* relativo médio igual a 894.961,10%, e o valor médio da função objetivo foi de 919,62. Para n igual a 200 e 500 nós, a memória do computador foi insuficiente e portanto, não apresenta solução. Da mesma forma que no teste anterior, novamente os testes foram feitos para n igual a 200 e 500 nós, utilizando um computador com 16 Gbytes, em 1h, e os resultados foram que para n igual a 200 nós, nenhuma solução foi encontrada e para n igual a 500 nós, a memória do computador foi insuficiente. Isto significa também, que o Solver Cplex tem dificuldades para tratar esses exemplos com n maior ou igual a 100 nós.

Concluí-se que as soluções do modelo são factíveis, dentro de um tempo razoável, com um *Gap* relativo de 0%, para problemas com até 30 nós. Este resultado é satisfatório para várias situações reais de roteiros turísticos. A quantidade média de nós em um roteiro turístico é tipicamente de 20 nós, ou 20 pontos turísticos, que podem ser visitados em até três dias. Para o estudo de caso (Capítulo 5), em que o número de pontos turísticos visitados é em média de 10 pontos, o modelo produz solução ótima por meio do *software* GAMS/CPLEX, e atende de forma muito satisfatória para tratar o problema de encontrar rotas turísticas. Em casos com mais nós, a meta-heurística de busca tabu descrita no Capítulo 4 pode ser mais indicada para resolver o problema, conforme analisado a seguir.

Tabela 6.3. Resultados Gams/Cplex e com o algoritmo TS para o CPTSPPP. Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (-100,100). Tempo de execução 3.600 segundos.

n = 10						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística		Diferença (B-A)	$\frac{(B-A)}{A}$
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
0,13	799,06		0,01	799,06	0	0%
n = 20						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística			
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
5,0	1.830,1		0,01	1.830,1	0	0%
n = 30						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística			
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
411,1	2.568,9		0,06	2.568,9	0	0%
n = 50						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística			
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
3.598,1	4.441,8		2,74	4.441,8	0	0%
n = 100						
	Resultados Gams/Cplex		Resultados Heurística			
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
1	3.564,07	909,76	1,44	2.375,1	1.465,3	161,1%
2	10.661,50	436,71	1,52	2.624,8	2.188,1	501,0%
3	3.564,97	948,84	1,58	2.161,2	1.212,4	127,8%
4	3.558,01	213,31	2,30	2.788,6	2.575,3	1207,3%
5	3.560,24	370,78	1,48	1.936,7	1.565,9	422,3%
6	3.563,24	1.232,38	3,06	2.708,6	1.476,2	119,8%
7	3.559,78	467,53	1,30	1.846,1	1.378,6	294,9%
8	4.878,95	-44,29	1,61	2.436,2	2.480,5	4400,0%
9	3.558,63	39,00	3,02	2.456,3	2.417,3	6198,2%
10	3.564,31	1280,67	2,39	2.456,3	1.175,6	91,8%
Média	4.403,37	585,47	1,97	2.378,9	1.793,5	306,3%
n = 200						
	Resultados Gams/Cplex		Resultados Heurística		Diferença (B-A)	$\frac{(B-A)}{A}$
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
Média	-	Sem solução	35,17	5.236,4	-	-
n = 500						
	Resultados Gams/Cplex		Resultados Heurística		Diferença (B-A)	$\frac{(B-A)}{A}$
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
	-	Memória Insuficiente	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.4. Resultado Gams/Cplex e com o algoritmo TS para o CPTSPPP. Prêmio na Ordem (0,100). Prêmio no nó (0,100). Tempo de execução 3.600 segundos.

n = 10						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística		Diferença (B-A)	$\frac{(B-A)}{A}$
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
0,09	1.227,5		0,01	1.227,5	0	0%
n = 20						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística			
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
3,00	2.616,2		0,01	2.616,2	0	0%
n = 30						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística			
Tempo	F. Objetivo (A)		Tempo	F. Objetivo (B)		
514,9	4.018,2		0,06	4.018,2	0	0%
n = 50						
Resultados Gams/Cplex			Resultados Heurística			
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
1	4.537,9	6.749,49	0,15	6.823,49	74,00	1,1%
2	3.598,1	6.934,10	0,11	7.040,87	106,77	1,5%
3	3.598,1	6.978,48	0,12	7.073,59	95,11	1,4%
4	3.598,4	6.901,58	0,12	6.970,28	68,70	1,0%
5	3.597,9	7.113,01	0,09	7.206,51	93,50	1,3%
6	3.598,0	7.194,96	0,54	7.294,26	99,30	1,4%
7	3.597,9	7.097,16	0,13	7.219,40	122,24	1,7%
8	4.995,6	7.107,11	0,53	7.163,11	56,00	0,8%
9	6.713,7	6.668,16	0,10	6.657,16	-11,00	-0,2%
10	3.598,7	6.854,44	1,21	6.928,44	74,00	1,1%
Média	4.143,4	6.959,85	0,31	7.037,71	77,85	1,1%
n = 100						
	Resultados Gams/Cplex		Resultados Heurística			
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
1	7.478,58	86,77	3,41	5.447,4	5.360,6	6178,0%
2	4.657,64	39,58	12,31	4.915,3	4.875,7	12318,6%
3	13.288,02	4.474,36	13,95	5.107,0	632,6	14,1%
4	3.908,78	25,96	6,67	4.689,6	4.663,6	17964,7%
5	5.819,42	66,69	3,75	5.272,9	5.206,2	7806,6%
6	3.568,38	99,62	8,86	5.136,8	5.037,2	5056,4%
7	3.563,13	49,37	7,94	4.461,3	4.411,9	8936,5%
8	3.563,61	4.178,62	8,78	4.884,1	705,5	16,9%
9	3.560,14	91,46	6,56	4.829,5	4.738,0	5180,5%
10	3.556,25	83,75	3,50	4.597,7	4.513,9	5389,8%
Média	5.296,40	919,62	7,57	4.934,2	4.014,5	436,5%
n = 200						
	Resultados Gams/Cplex		Resultados Heurística		Diferença (B-A)	$\frac{(B-A)}{A}$
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
Média	-	Sem solução	90,33	10.387,7	-	-
n = 500						
	Resultados Gams/Cplex		Resultados Heurística		Diferença (B-A)	$\frac{(B-A)}{A}$
	Tempo	F. Objetivo (A)	Tempo	F. Objetivo (B)		
	-	Memória Insuficiente	-	-	-	-

Fonte: Elaborada pelo autor

Nos resultados das Tabelas 6.3 e 6.4, para n igual a 10 nós, a diferença entre os resultados do Gams/Cplex e os resultados da heurística, para o tempo médio necessário de obtenção de uma solução, foi menor que 1 segundo, para n igual a 20 nós, essa diferença do tempo médio variou entre 3 e 5 segundos, enquanto que para n igual a 30 nós, a diferença variou entre 411 e 514 segundos, sendo o tempo de execução da heurística foi menor que 1 segundo. Até n igual a 30 nós, os resultados da heurística apresentaram solução ótima com um tempo muito curto, ou seja, o teste foi muito rápido. Para n igual a 10, 20 e 30 nós, não há diferença entre os resultados da solução ótima para o Gams/Cplex e os resultados da heurística.

Para n igual a 50 nós, como dito anteriormente, as soluções do Gams/Cplex não tem garantia de otimalidade. Neste caso, a diferença entre os resultados Gams/Cplex e os resultados da heurística, para o tempo médio necessário de obtenção de uma solução, variam entre 3.598 a 4.143 segundos, sendo o tempo de execução da heurística menor que 3 segundos. Para n igual a 50 nós, os resultados Gams/Cplex e os resultados da heurística, para a solução apresentam uma pequena diferença percentual, variando entre o valor de 0 a 1,1%. Mesmo encontrando um caso em que a solução foi pior na Tabela 6.4, no exemplo com $n = 50$, essa solução está relativamente próxima da solução do modelo em termo da função objetivo.

Quando o modelo foi testado utilizando 100 nós, as soluções obtidas também não são ótimas. Neste caso, a diferença entre os resultados do Gams/Cplex e os resultados da heurística, para o tempo médio necessário de obtenção de uma solução, variam entre 4.400 a 5.200 segundos, sendo o tempo de execução da heurística menor que 4 segundos. Para n igual a 100 nós, os resultados Gams/Cplex e os resultados da heurística, para a solução apresentam uma grande diferença percentual, variando entre o valor de 14,1% a 17964,7% de diferença.

Para n igual a 200 e 500 nós, a memória do computador foi insuficiente para resolver o modelo e, portanto não apresentou solução. No caso de 200 nós, o Gams/Cplex gerou os valores aleatórios dos custos (c_{ij}) e dos prêmios (p_i e p'_{ki}), com estas informações foi possível gerar a solução utilizando a heurística. Para n igual a 200, quando definiu-se o prêmio p_i variando no intervalo $(-100,100)$ e o prêmio p'_{ki} variando no intervalo $(0,100)$ (Tabela 6,3), em aproximadamente 35 segundos obteve-se a solução igual a 5.236, e quando definiu-se o prêmio p_i variando no intervalo $(0,100)$ e o

prêmio p'_{ki} variando no intervalo (0,100) (Tabela 6,3), em aproximadamente 90 segundos obteve-se a solução igual a 10.387. Para n igual a 500, o Gams/Cplex não gerou os valores aleatórios dos custos (c_{ij}) e dos prêmios (p_i e p'_{ki}). Tanto para 200, quanto para 500 nós, não foi possível comparar os resultados do Gams/Cplex com os resultados da heurística.

Assim, concluí-se que para os casos com mais de 30 nós, a meta-heurística de Busca Tabu descrita no Capítulo 4 é bem mais indicada para resolver o problema, dentro de um tempo razoável.

6.3 Exemplo do estudo de caso aplicado ao CPTSPPP

Nesta Seção, são utilizados alguns parâmetros obtidos por ocasião do estudo de caso realizado no Município de Belém do Pará (Capítulo 5). Com estes parâmetros, testa-se o modelo matemático CPTSPPP (Capítulo 3), novamente com objetivo de analisar as soluções do modelo e da heurística Busca Tabu. Para tanto, foi utilizado o auxílio do *software* GAMS/CPLEX.

Para testar o modelo são utilizados sete exemplos. Nos exemplos 1, 2 e 3, são apresentados roteiros que incluem pontos turísticos apresentados no Capítulo 5. No primeiro exemplo, apresenta-se um roteiro que é comercializado no município de Belém-PA, aqui denominado de roteiro R. Para os pontos (nós) de visita deste roteiro, atribui-se os custos de deslocamento entre os nós (tarifa de táxi) e os prêmios de visita sugeridos pelos turistas apresentados no Capítulo 5 (Seção 4.2.1). Testa-se a aplicação do modelo CPTSPPP neste exemplo e apresenta-se um novo roteiro como solução. No segundo exemplo, novamente com o roteiro R, além dos custos e dos prêmios sugeridos pelos turistas, utilizam-se também os prêmios de prioridade na ordem sugeridos pelos turistas, e também testa-se o modelo CPTSPPP neste exemplo. No terceiro exemplo, com o roteiro R, os prêmios de visita aos pontos turísticos agora são sugeridos pelos turistas do sexo feminino (Tabela 5.10), e também testa-se o modelo CPTSPPP nesta situação.

Nos demais exemplos são apresentados novos roteiros. Neles, os prêmios de visita dos nós são diferentes dos exemplos anteriores. Os prêmios são atribuídos por tipo específico de turistas e são apresentados roteiros de preferência de turistas do sexo

feminino (exemplo 4), de turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos (exemplo 5), de turistas com renda de 8 a 12 salários mínimos (exemplo 6) e turistas que viajam motivados pelo aspecto “outros motivos” (exemplo 7). Nestes exemplos, também se testa o modelo CPTSPPP e apresenta-se novos roteiros, obtidos como a solução do modelo.

A síntese dos resultados dos Exemplos de 1 a 7 são apresentados na Tabela 6.5. Os exemplos de 1 a 7 e os seus resultados são apresentados a seguir.

Tabela 6.5. Síntese dos resultados dos exemplos 1 a 7 .

Exemplos	Perfil do Roteiro	Custo de deslocamento (Unidades Monetárias)	Valor da solução
1	Comercializado em Belém – R. Considerando todos os tipos de turista.	71,00 (sem uso do modelo)	-
		68,00 (utilizando o modelo)	441,7
2	Comercializado em Belém – R. Considerando todos os tipos de turista. Com prêmio na ordem no valor de R\$ 50,00.	69,00	490,70
3	Comercializado em Belém – R. Considerando turistas do sexo feminino.	71,00	438,50
4	Nos pontos turísticos de preferência do turista de sexo Feminino	74,00	490,30
5	Nos pontos turísticos de preferência do turista com renda de 3 a 5 Salários	74,50	490,60
6	Nos pontos turísticos de preferência do turista com renda de 8 a 12 Salários	79,90	512,10
7	Nos pontos turísticos de preferência do turista com motivação de viagem Outros Motivos	68,80	531,20

Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 1: O roteiro R possui 7 nós, sendo um nó o depósito (ponto de saída e encontro do grupo) e os demais pontos turísticos da Cidade de Belém. Por ordem de visita, tem-se então: Estação das Docas (nó 2), Ver-o-Peso (nó 3), Forte do Castelo (nó 4), Santuário Basílica de Nazaré (nó 5), Museu Emílio Goeldi (nó 6) e Praça da República (nó 7). (Figura 6.3). Lembrando que esta rota é comercializada pelas agências de turismo em Belém do Pará.

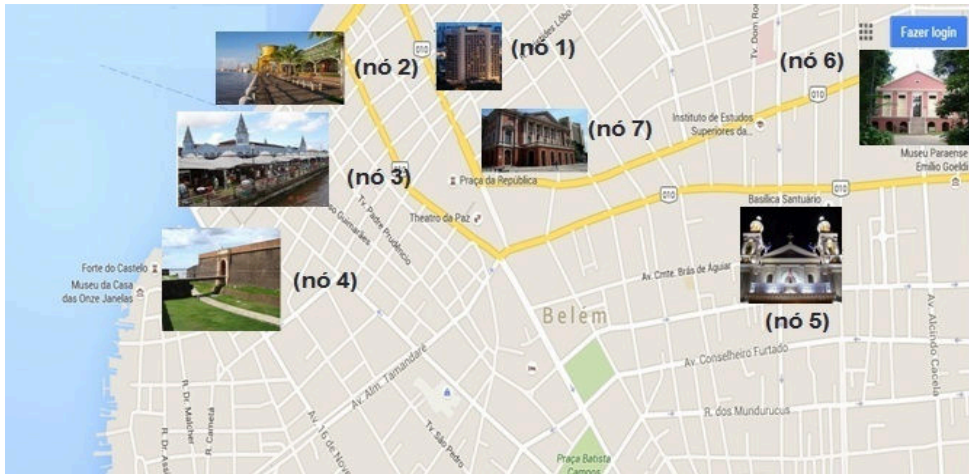


Figura 6.3. Pontos Turísticos de Belém do Pará.
Fonte: Elaborado pelo autor

A sequência de visitas do Roterio R, comercializada pelas agências do município de Belém – PA, é mostrado na figura 6.4.

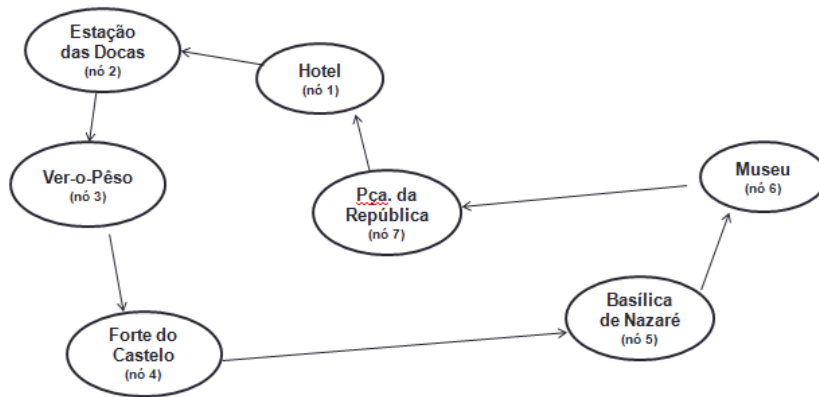


Figura 6.4. Rota turística R, sem considerar os prêmios atribuídos pelos turistas.
Fonte: Elaborado pelo autor

Para os pontos turísticos (nós) do roteiro R, foi atribuído os custos de deslocamento entre os nós (Tabela 6.6) e os prêmios de visita sugeridos pelos turistas para estes pontos turísticos (Tabela 6.7), e a partir destas informações foi definido um

novo roteiro (Figura 6.5), bem como a solução do modelo considerando os prêmios sugeridos pelos turistas.

Tabela 6.6. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j), em Unidades Monetárias.

		Destino						
		1	2	3	4	5	6	7
O r i g e m	1	0	11,00	12,00	13,00	12,00	13,00	7,00
	2	9,00	0	4,00	10,00	15,00	16,00	10,00
	3	11,00	11,00	0	7,00	17,00	17,00	17,00
	4	12,00	12,00	7,00	0	17,00	18,00	13,00
	5	12,00	15,00	18,00	18,00	0	10,00	12,00
	6	16,00	17,00	20,00	20,00	12,00	0	14,00
	7	8,00	9,00	12,00	12,00	14,00	15,00	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.7. Prêmio do nó i . Exemplo 1.

Nó	Ponto visitado (nós da rota R)	Prêmio (P_i) (atribuído pelos turistas)
1	Hotel	0
2	Estação das Docas	84,3
3	Ver – o – Peso	81,7
4	Forte do Castelo	86,9
5	Basílica de Nazaré	95,9
6	Museu Emílio Goeldi	86,4
7	Praça da República	74,5

Fonte: Elaborado pelo autor

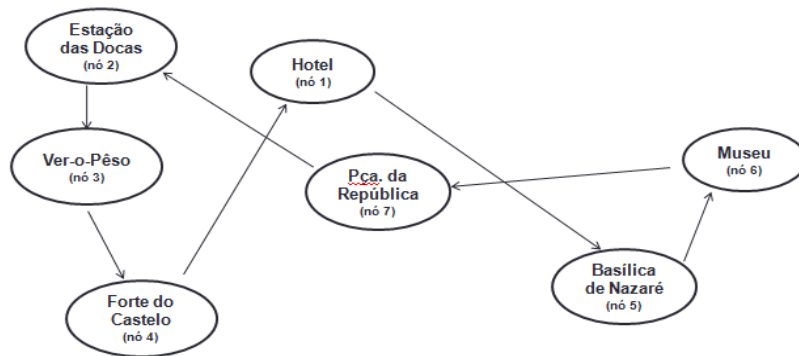


Figura 6.5. Novo percurso da Rota turística R, considerando os custos e os prêmios de visita atribuídos pelos turistas.

Fonte: Elaborado pelo autor

No exemplo 1, o tempo necessário para encontrar a solução ótima do modelo foi de menos de 1 segundo, com valor igual a 441,7. Lembrando que o novo roteiro (Figura 6.5) leva em conta os prêmios sugeridos pelos turistas. Além disso, para realizar o roteiro R,

apresentado pelas agências de turismo de Belém, o custo de deslocamento para completar o roteiro é igual a 71,00, enquanto que o custo de deslocamento para completar o roteiro sugerido pelo modelo com dados dos turistas é de 68,00. Ou seja, o custo desse roteiro é menor, além do que, o modelo CPTSPPP maximiza a prioridade de prêmios recebidos, apresentando uma solução ótima.

Este exemplo mostra que o modelo (CPTSPPP) responde de forma satisfatória para propor soluções de problemas de roteiros turísticos dos moldes apresentados neste exemplo. Ao consultar os guias de turismo e os gerentes das agências de turismo sobre essa solução do modelo, eles consideraram essa nova rota como uma rota possível de ser comercializada, do ponto de vista logístico e, principalmente, do ponto de vista de atender bem o cliente (turista). Os gerentes das agências de turismo consideraram a nova rota melhor que a anterior. Alguns deles definiram essa nova rota (Figura 6.5) como uma boa proposta de rota a ser comercializada para o turismo na Cidade de Belém.

Exemplo 2: Neste exemplo, diferente do exemplo 1, utiliza-se a rota R, os custos de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j) da Tabela 6.5 e os prêmios de visita do nó i da Tabela 6.6. Lembrando que a análise dos dados do estudo de caso (Capítulo 5) mostrou que 30% dos turistas disseram que mudariam de rota (Figura 5.12), e ainda, destes turistas, 42% pagariam para mudar a ordem do roteiro (Figura 5.13). No exemplo 2, considera-se este perfil de turistas, incluindo um prêmio de prioridade no valor 50 para que o ponto turístico Praça da República seja o primeiro na ordem a ser visitado dentre os prêmios de visita do exemplo 1. Com isso, tem-se o roteiro da Figura 6.6.

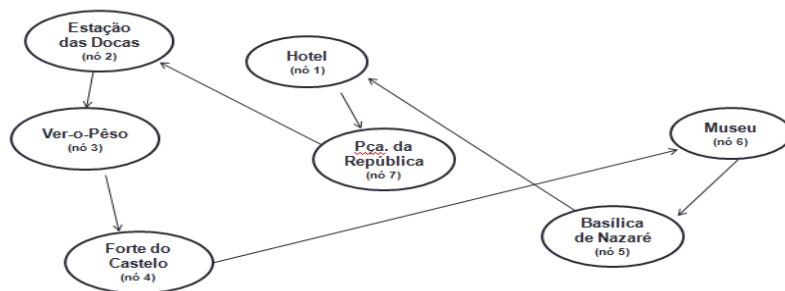


Figura 6.6. Percurso da Rota turística do exemplo 2, considerando os custos, os prêmios de visita atribuídos pelos turistas e os prêmios de prioridade devidos a ordem de visita aos pontos turísticos.

Fonte: Elaborado pelo autor

No exemplo 2, o tempo necessário para encontrar a solução ótima do modelo também foi menor que 1 segundo, com valor igual a 490,7. Lembrando que o novo roteiro

(Figura 6.6) leva em conta os prêmios sugeridos pelos turistas e os prêmios de prioridade devido à ordem de visita aos pontos turísticos. Além disso, para realizar o roteiro R apresentado pelas agências de turismo localizadas na Cidade de Belém, o custo de deslocamento para completar o roteiro é igual a 71,00, enquanto que o custo de deslocamento para completar o roteiro sugerido pelos turistas do exemplo 2 é de 69,00. Ou seja, o custo do roteiro da Figura 6.6 (exemplo 2) é menor do que o custo do roteiro da Figura 6.4 (rota turística R), e mais importante ainda, ele maximiza a prioridade de prêmios recebidos, apresentando uma solução ótima maior que a solução ótima do exemplo 1.

Este exemplo mostra que o modelo CPTSPPP responde de forma satisfatória para soluções de problemas de roteiros turísticos dos moldes apresentados neste exemplo. Os gerentes das agências de turismo consultados consideraram essa nova rota (Figura 6.6), também, uma boa proposta de rota a ser comercializada pelos operadores de turismo localizadas na Cidade de Belém.

Exemplo 3: Neste exemplo, diferente dos exemplos 1 e 2, os turistas visitam os mesmos pontos turísticos da rota R, mas para cada ponto turístico são considerados os prêmios de visita atribuídos por turistas exclusivamente do sexo feminino. Os custos de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j) são os mesmos da Tabela 6.6 e os prêmios de visita e de prioridade do nó i são os apresentados na Tabela 6.8, resumida e extraída da Tabela 5.10.

Tabela 6.8. Prêmio do nó i atribuídos aos pontos turísticos da rota R pelos turistas exclusivamente do sexo feminino. Exemplo 3.

Nó	Ponto visitado (nós da rota R)	Prêmio (exclusivamente do sexo feminino)
1	Hotel	0
2	Estação das Docas	84,2
3	Ver – o – Peso	85,5
4	Forte do Castelo	89,8
5	Basílica de Nazaré	95,1
6	Museu Emílio Goeldi	83,0
7	Praça da República	68,9

Fonte: Elaborado pelo autor

Aplicando-se o modelo obtém-se o mesmo roteiro e sequência de visitas da Figura 6.5, e o tempo necessário para encontrar a solução ótima do modelo foi menor que 1 segundo, com valor igual a 438,50. Esse valor é menor que o valor da solução ótima da Rota turística R (441,7), o que era de se esperar, pois os turistas do sexo feminino preferem visitar outros pontos turísticos (Tabela 5.10). Lembrando que os turistas do sexo feminino atribuem

aos pontos turísticos da Tabela 6.6 valores de prêmios menores do que os valores médios atribuídos aos pontos turísticos sem considerar o sexo (Tabela 6.7).

Isso aconteceria também se no exemplo 3 fossem considerados os prêmios atribuídos aos pontos visitados pelos turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos (Tabela 6.9) e pelos turistas que expressaram como motivo de viagem o item outros motivos (Tabela 6.10). Nestes dois casos, respectivamente, a solução ótima do modelo seria 410,7 e 416,1, e nos dois tem-se o mesmo roteiro e sequência de visitas da Figura 6.5. Ainda, nestes dois casos também a solução ótima é bem menor que a solução apresentada pelo roteiro R (441,7).

Tabela 6.9.Prêmio do nó i . Turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos. Exemplo 3.

Nó	Ponto visitado	Prêmio
1	Hotel	0
2	Estação das Docas	80,7
3	Ver – o – Peso	74,2
4	Forte do Castelo	81,6
5	Basílica de Nazaré	93,2
6	Museu Emílio Goeldi	66,0
7	Praça da República	83,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.10.Prêmio do nó i . Turistas com outros motivos de viagem. Exemplo 3.

Nó	Ponto visitado	Prêmio
1	Hotel	0
2	Estação das Docas	80,5
3	Ver – o – Peso	83,0
4	Forte do Castelo	88,7
5	Basílica de Nazaré	93,2
6	Museu Emílio Goeldi	88,7
7	Praça da República	50,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 4: Neste exemplo, diferente dos exemplos anteriores, os nós que são visitados pelos turistas são diferentes dos nós visitados nos exemplos anteriores. Agora são visitados os nós que compõem o roteiro de preferência dos turistas do sexo feminino. Considera-se aqui somente os 7 nós de preferência dos turistas do sexo feminino, sendo que um nó é o depósito (ponto de saída e encontro do grupo - Hotel) e os demais nós são os pontos turísticos da Cidade de Belém. Por ordem de preferência dos turistas do sexo feminino tem-se: Pólo Joalheiro (nó 2), Santuário Basílica de Nazaré (nó 3), Igreja de Santo Alexandre (nó 4), Praça Dom Frei Caetano (nó 5), Igreja da Sé (nó 6) e Forte do Presépio (nó 7). Neste caso, são considerados os custos de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j) da Tabela 6.11 e os prêmios de visita e de prioridade do nó i da Tabela 6.12 (atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas do sexo feminino).

Tabela 6.11. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j), em Unidades Monetárias. Exemplo 4

		DESTINO						
O R I G E M		1	2	3	4	5	6	7
	1	0	15,0	17,0	14,4	13,5	13,4	14,3
	2	13,4	0	16,0	14,6	13,7	13,4	14,5
	3	15,3	15,0	0	19,9	19,0	18,9	19,8
	4	12,6	11,5	18,9	0	6,2	6,0	6,7
	5	13,5	12,5	19,9	6,5	0	7,0	6,3
	6	12,6	11,6	19,0	6,7	5,7	0	6,5
	7	12,8	11,8	19,1	5,8	6,4	6,2	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.12. Prêmio do nó i . Atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas do sexo feminino. Exemplo 4.

Nó	Ponto visitado	Prêmio
1	Hotel	0
2	Pólo Joalheiro	100
3	Basílica de Nazaré	95,1
4	Igreja Santo Alexandre	96,4
5	Pça. Dom Frei Caetano	92,8
6	Igreja da Sé	90,2
7	Forte do Presépio	89,8

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste exemplo, aplicando-se o modelo, o custo de deslocamento (74,00) para completar o roteiro da Figura 6,7 é maior do que o custo para completar o roteiro R (71,00). No entanto, o valor da solução ótima (490,3) deste exemplo é maior do que o valor da solução ótima do Roteiro R (441,7). Afinal, neste exemplo os turistas de sexo feminino visitam os nós de sua preferência, maximizando o valor dos prêmios recebidos por visitarem seus pontos de preferência. A solução do exemplo 4, também foi encontrada em um tempo menor que 1 segundo.

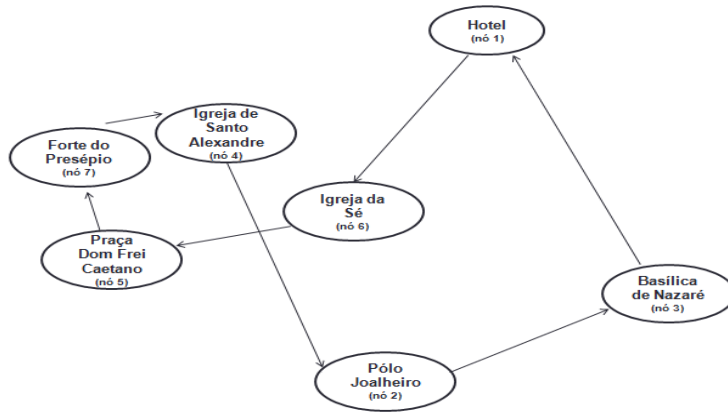


Figura 6.7. Percurso da Rota turística do exemplo 4, considerando os custos, e os prêmios de visita atribuídos pelos turistas do sexo feminino.
 Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 5: Neste exemplo, diferente também dos exemplos anteriores, é apresentado o roteiro de preferência dos turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos, levando em conta os pontos turísticos de preferência destes turistas. Por ordem de preferência dos turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos, tem-se: Pólo Joalheiro (nó 2), Casa Rosada (nó 3), Palacete Pinho (nó 4), Santuário Basílica de Nazaré (nó 5), Praça Dom Frei Caetano (nó 6) e Igreja da Sé (nó 7), sendo um nó o depósito (ponto de saída e encontro do grupo - Hotel). Os custos de deslocamento da origem (nó *i*) ao destino (nó *j*) são apresentados na Tabela 6.13 e os prêmios de visita e de prioridade do nó *i* na Tabela 6.14.

Tabela 6.13. Custo de deslocamento da origem (nó *i*) ao destino (nó *j*), em Unidades Monetárias. Exemplo 5

		DESTINO						
		1	2	3	4	5	6	7
O R I G E M	1	0	15,0	13,6	12,1	17,0	13,5	13,4
	2	15,4	0	13,7	14,0	16,0	13,7	13,4
	3	14,6	13,3	0	17,1	20,7	8,0	7,6
	4	9,7	12,8	13,8	0	12,4	13,8	13,7
	5	15,3	15,0	19,0	11,1	0	19,0	18,9
	6	13,5	12,5	6,2	16,2	20,0	0	7,0
	7	12,6	11,6	6,2	15,4	19,0	5,7	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.14. Prêmio do nó *i*. Atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos. Exemplo 5.

Nó	Ponto visitado	Prêmio
1	Hotel	0
2	Pólo Joalheiro	100,0
3	Casa Rosada	100,0
4	Palacete Pinho	100,0
5	Basílica de Nazaré	93,2
6	Pça. Dom Frei Caetano	86,6
7	Igreja da Sé	86,2

Fonte: Elaborado pelo autor

Aplicando-se o modelo, o custo de deslocamento (74,50) para completar o roteiro da Figura 6.8 é maior do que o custo para completar o roteiro R (71,00). No entanto, o valor da solução ótima (490,6) deste exemplo também é maior do que o valor da solução ótima do Roteiro R (441,7). O motivo do valor da solução ser maior é devido aos turistas, com renda de 3 a 5 salários mínimos, neste exemplo, visitarem os nós de sua preferência, maximizando o valor dos prêmios recebidos. A solução do exemplo 5 também foi encontrada em um tempo menor que 1 segundo.

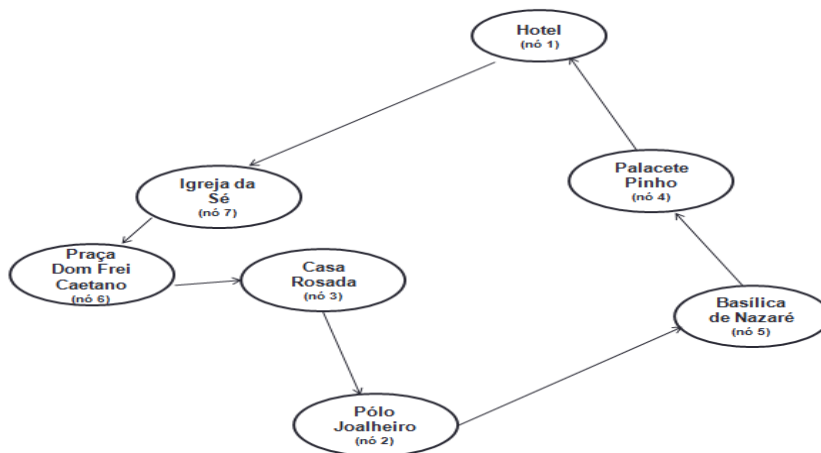


Figura 6.8. Percurso da Rota turística do exemplo 5, considerando os custos e os prêmios de visita atribuídos pelos turistas com renda de 3 a 5 salários mínimos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 6: Neste exemplo apresenta-se o roteiro de preferência dos turistas com renda de 8 a 12 salários mínimos. Considera-se aqui também somente 7 nós, sendo um nó o depósito (ponto de saída e encontro do grupo - Hotel) e os demais pontos turísticos da Cidade de Belém. Por ordem de preferência, tem-se: Pólo Joalheiro (nó 2), Santuário Basílica de

Nazaré (nó 3), Igreja de Santo Alexandre (nó 4), Praça Dom Frei Caetano (nó 5), Casa Rosada (nó 6) e Ver-o-peso (nó 7). Os custos de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j) são apresentados na Tabela 6.15 e os prêmios de visita e de prioridade do nó i da Tabela 6.16.

Tabela 6.15. Custo de deslocamento da origem (nó i) ao destino (nó j), em Unidades Monetárias. Exemplo 6

		DESTINO						
		1	2	3	4	5	6	7
ORIGEM	1	0	15,0	17,0	14,4	13,5	13,5	12,6
	2	13,4	0	16,0	14,6	13,7	13,7	15,2
	3	15,3	15,0	0	19,9	19,0	19,1	18,2
	4	12,6	11,5	19,0	0	6,6	6,7	9,9
	5	13,5	12,5	19,9	6,6	0	6,1	10,9
	6	14,6	13,3	20,7	8,9	8,0	0	11,9
	7	12,1	11,4	18,7	8,4	7,5	8,1	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.16. Prêmio do nó i . Atribuídos aos pontos turísticos de preferência dos turistas com renda de 8 a 12 salários mínimos. Exemplo 6.

Nó	Ponto visitado	Prêmio
1	Hotel	0
2	Pólo Joalheiro	100,0
3	Basílica de Nazaré	100,0
4	Igreja Santo Alexandre	100,0
5	Pça. Dom Frei Caetano	100,0
6	Casa rosada	95,0
7	Ver-o-peso	95,0

Fonte: Elaborado pelo autor

No exemplo 6, o custo de deslocamento do roteiro da Figura 6.9 é igual a 79,90. Este custo é o maior obtido dentre os exemplos citados nesta Seção. O valor da solução ótima (512,1) deste exemplo é maior do que o valor da solução ótima do Roteiro R (441,7). Isso porque os turistas, com renda de 8 a 12 salários mínimos, neste exemplo, visitam os nós de sua preferência, maximizando o valor dos prêmios recebidos. A solução deste exemplo foi encontrada em um tempo menor que 1 segundo.

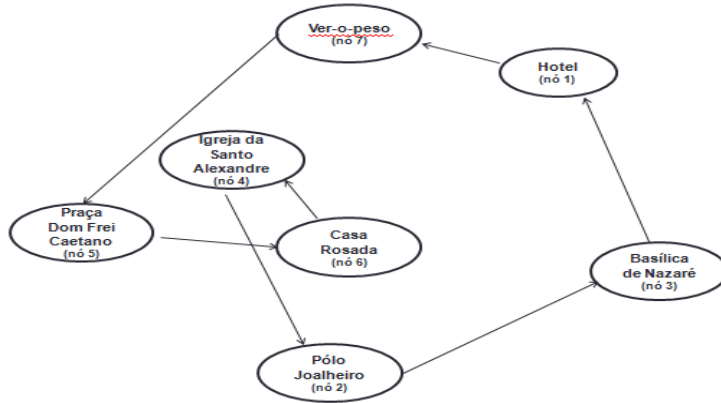


Figura 6.9. Percurso da Rota turística do exemplo 5, considerando os custos e os prêmios de visita atribuídos pelos turistas com renda de 8 a 12 salários mínimos.
 Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo 7: Neste exemplo, é apresentado o roteiro de preferência dos turistas com motivo de viagem “outros motivos”. Considera-se aqui somente 7 nós, sendo um nó o depósito (ponto de saída e encontro do grupo - Hotel) e os demais pontos turísticos da Cidade de Belém. Por ordem de preferência tem-se: Pólo Joalheiro (nó 2), Igreja de Santo Alexandre (nó 3), Praça Dom Frei Caetano (nó 4), Igreja das mercês (nó 5), Rua Siqueira Mendes (nó 6) e Rua 15 de novembro (nó 7). Os custos de deslocamento da origem (nó *i*) ao destino (nó *j*) são apresentados na Tabela 6.17 e os prêmios de visita e de prioridade do nó *i* da Tabela 6.18.

Tabela 6.17. Custo de deslocamento da origem (nó *i*) ao destino (nó *j*), em Unidades Monetárias. Exemplo 7

		Destino						
		1	2	3	4	5	6	7
O r i g e m	1	0	15,0	14,4	13,5	11,3	13,6	13,4
	2	13,4	0	14,6	13,7	14,9	13,7	14,2
	3	12,6	11,5	0	6,2	9,6	6,7	6,4
	4	13,5	12,5	6,5	0	10,5	6,1	6,2
	5	10,0	15,5	14,0	13,0	0	13,6	13,4
	6	14,6	13,3	8,9	8,0	11,6	0	8,5
	7	12,1	11,2	8,2	7,3	9,2	7,8	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6.18.Prêmio do nó *i*. Exemplo 7

Nó	Ponto visitado	Prêmio
1	Hotel	0
2	Pólo Joalheiro	100,0
3	Igreja Santo Alexandre	100,0
4	Pça. Dom Frei Caetano	100,0
5	Igreja das Mercês	100,0
6	Rua Siqueira Mendes	100,0
7	Rua 15 de Novembro	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Aplicando-se o modelo, o custo de deslocamento (68,80) para completar o roteiro da Figura 6.8 é menor do que o custo para completar o roteiro R. Neste exemplo, o valor da solução ótima (531,2), que é o maior valor obtido dentre os exemplos desta Seção. Aqui, também o motivo do valor da solução ser maior é devido os turistas, com motivo do tipo outros motivos, visitarem os nós de sua preferência, maximizando também o valor dos prêmios recebidos. A solução do exemplo 7 também foi encontrada em um tempo menor que 1 segundo.

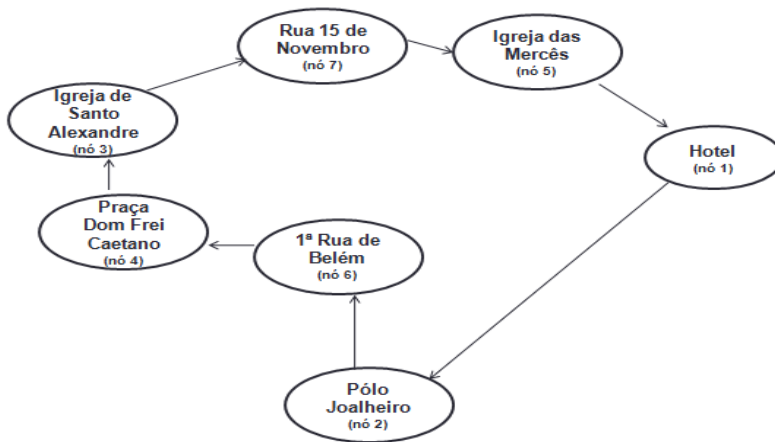


Figura 6.10. Percurso da Rota turística do exemplo 5, considerando os custos e os prêmios de visita atribuídos pelos turistas com motivo de viagem “outros motivos”.

Fonte: Elaborado pelo autor

Nos exemplos anteriores foram utilizados roteiros com parâmetros definidos a partir de estudos e levantamentos de dados em roteiros reais. Outras situações poderiam ser apresentadas nesta Seção, em que, por exemplo, um prêmio fosse tão pequeno que não valesse a pena visitar determinado ponto turístico. Isto aconteceria se um turista sugerisse um prêmio muito baixo, ou até negativo. Neste caso, o turista não visitaria aquele ponto turístico. Os exemplos mostram que o modelo CPTSPPP pode perfeitamente ser usado no planejamento de

roteiros turísticos em diversas situações, levando em conta as preferências dos turistas. Mais, os exemplos apresentam resultados que nos indicam a corretude e consistência do modelo, visto que sua solução ótima foi analisada em várias situações, com um tempo considerado baixo (menos de 1 segundo).

Neste Capítulo, foram apresentados e analisados os resultados obtidos nos testes computacionais realizados com exemplos com distribuição uniforme e exemplos a partir do estudo de caso em Belém do Pará. Na primeira Seção, ilustrou-se as rotas propostas por agências de turismo local e também as rotas obtidas pelo modelo que levam em conta o desejo dos turistas de visitar parte ou todos os pontos pertencentes à rota original, minimizando o problema de insatisfação do turista, ou seja, maximizando o prêmio (satisfação) recebido pelo turista. Dessa forma, após definido o tipo de roteiro por perfil de visitante, pode-se então comercializar a visitação dos roteiros para grupos maiores. Esses resultados evidenciam de forma ilustrativa o problema da tese, para avaliar se o modelo proposto no Capítulo 3 (CPTSPPP) é capaz de apresentar resultados que levem a soluções relativas a insatisfação de turistas e proposição de novas rotas turísticas.

Na segunda Seção, testa-se o modelo matemático que representa o problema do caixeiro viajante com coleta e prioridade de prêmios (CPTSPPP, Seção 3.1), com o objetivo de analisar se as soluções do modelo são factíveis, dentro de um tempo razoável, e se a quantidade de nós que o modelo suporta corresponde à quantidade de pontos turísticos visitados em um roteiro turístico usual. No teste da Tabela 6.1 e 6.2, para n até 30 nós, a solução ótima foi obtida com um tempo relativamente curto. Para n igual a 50 nós, o GAMS/CPLEX foi capaz de encontrar soluções factíveis para todos os exemplos, dentro do tempo limite, porém as soluções não tem garantia de otimalidade. Quando o modelo foi testado utilizando 100 nós, as soluções obtidas não são ótimas. Para n igual a 200 e 500 nós, a memória do computador foi insuficiente para compilar o modelo CPTSPPP e portanto, não apresenta solução. Concluí-se que as soluções do modelo em geral são ótimas, para problemas com até 30 nós. Este resultado é satisfatório para várias situações reais de roteiros turísticos.

Na terceira Seção utilizam-se as variáveis custos e prêmios gerados aleatoriamente e apresentados no início da Seção, para gerar os valores da função objetivo a partir da heurística de busca tabu para o modelo CPTSPPP. São também apresentados tabelas contendo resultados tomados a partir da heurística e comparados com os resultados produzidos a partir do Gams/Cplex (Tabela 6.3). Nela, concluí-se que para os casos com mais

de 30 nós, a meta-heurística de Busca Tabu descrita no Capítulo 4 é bem mais indicada para resolver o problema, dentro de um tempo razoável.

Na quarta e última Seção deste Capítulo, são utilizados alguns parâmetros obtidos por ocasião do estudo de caso realizado em Belém do Pará (Capítulo 5). Com estes parâmetros, testou-se o modelo matemático CPTSPPP (Capítulo 3) com o objetivo de analisar as soluções do modelo e da heurística Busca Tabu. Foram utilizados sete exemplos.

No primeiro exemplo, apresenta-se um roteiro que é comercializado no município de Belém-PA, aqui denominado de roteiro R. Para os pontos (nós) de visita deste roteiro, atribui-se os custos de deslocamento entre os nós (tarifa de taxi) e os prêmios de visita sugeridos pelos turistas apresentados no Capítulo 5 (Seção 4.2.1). Testa-se a aplicação do modelo CPTSPPP neste exemplo e apresenta-se um novo roteiro como solução. No segundo exemplo, novamente com o roteiro R, além dos custos e dos prêmios sugeridos pelos turistas, utilizam-se também os prêmios de prioridade na ordem sugeridos pelos turistas, e também testa-se o modelo CPTSPPP neste exemplo. No terceiro exemplo, com o roteiro R, os prêmios de visita aos pontos turísticos agora são sugeridos pelos turistas do sexo feminino (Tabela 5.10), e também testa-se o modelo CPTSPPP nesta situação. Nos demais exemplos são apresentados novos roteiros. Nestes exemplos, os prêmios são atribuídos por tipos específicos de turistas (sexo feminino, com renda de 3 a 5, e 8 a 12 salários mínimos, motivados pelo aspecto “outros motivos”). Nestes exemplos, também se testa o modelo CPTSPPP e apresenta-se novos roteiros, obtidos como a solução do modelo.

Os exemplos mostram que o modelo CPTSPPP pode perfeitamente ser usado no planejamento de roteiros turísticos em diversas situações, levando em conta as preferências das classes de turistas. Além disso, os exemplos apresentam resultados que nos indicam a corretude e consistência do modelo, visto que sua solução ótima foi analisada em várias situações, com um tempo considerado relativamente baixo (menos de 1 segundo).

Capítulo 7 – Conclusões

7.1 Considerações finais

Nesta tese, foi proposto um novo método, baseado em programação matemática, para apoiar decisões de elaboração e formatação de roteiros turísticos, que considera variáveis como o perfil do visitante, o planejamento da viagem e as preferências dos visitantes. Considera-se neste método diversos parâmetros do problema, como custos, distâncias e valoração dos equipamentos (museus, igrejas, feiras etc.) e serviços prestados aos turistas. Foram revisados os trabalhos relacionados encontrados na literatura, abordando definições e métodos em roteiros turísticos, seguido de uma breve revisão das abordagens em TSP e suas variantes de interesse para esse trabalho, e também uma revisão em análise estatística multivariada, mais especificamente em análise de correspondência. Considerou-se, como base para apoiar o estudo, o método em roteiros turísticos proposto pelo Ministério do Turismo, e autores que publicaram trabalhos relevantes em turismo. Como dito anteriormente, revisou-se problemas como o clássico do caixeiro viajante (TSP), o Problema do Caixeiro Viajante com Coleta Prêmio (*Prize Collection TSP – PCTSP*) e outra variante do TSP denominada TSP com prêmios de prioridade (*TSP with Priority Prize – TSPPP*). O TSP e suas variantes, apresentadas neste estudo, foram o alicerce para o desenvolvimento e implementação do novo modelo de otimização apresentado neste trabalho, combinando coleta e prioridade de prêmios dos turistas (CPTSPPP).

Para melhor análise e compreensão do modelo apresentou-se inicialmente exemplos ilustrativos para testes e verificação da corretude e consistência do modelo. Nestes exemplos, os valores obtidos na solução do modelo maximizaram o prêmio total menos o custo, com o *Gap* de otimalidade de 0% (solução ótima) e tempo de execução menor que 1 segundo, confirmando a consistência e corretude e o potencial de aplicação do modelo CPTSPPP. Além disso, avaliou-se o potencial do método proposto na prática, e aplicou-se o método na construção de roteiros em uma pesquisa realizada nos pontos turísticos da Cidade de Belém no Estado do Pará. Com base nessa pesquisa, foi possível definir o perfil dos visitantes, e principalmente suas intenções em mudar a ordem do roteiro turístico usual. Na busca por um local adequado onde se pudesse realizar a coleta de dados, optou-se pela Cidade de Belém do Pará, devido à proximidade do pesquisador com os atores locais envolvidos na

atividade turismo. Devido ao interesse, tanto dos visitantes quanto dos atores envolvidos no turismo local, houve uma boa contribuição na inserção ao estudo proposto. Este fato acabou ampliando e enriquecendo o desenvolvimento dessa pesquisa.

Os resultados obtidos na pesquisa mostram que os visitantes são brasileiros, sendo 72,7% provenientes do Estado do Pará, e 27,3% de outros Estados. Dentre os paraenses, 86,3% são da Cidade de Belém. Esses visitantes possuem renda acima de 03 salários mínimos (60%), com destaque para os visitantes que possuem renda na faixa de 01 a 03 salários. Sendo que mais de 79% possuem nível superior, cujo principal motivo de visita é Natureza e Ecoturismo, seguido do motivo Cultura, e depois Sol e Praia. O tipo de hospedagem de preferência desses visitantes é Hotel. O segundo tipo de hospedagem preferido pelos visitantes é casa de Parentes, seguido de Casa de Amigos.

Considerando a preferência dos visitantes e a média dos pontos atribuídos aos lugares visitados, em ordem decrescente, os melhores pontos turísticos de Belém são o Pólo Joalheiro, depois Santuário Basílica de Nazaré a Igreja de Santo Alexandre e a Praça Dom Frei Caetano, e os de menos importância para os visitantes são a Rua Siqueira Mendes/1ª Rua de Belém, Mercado de Carne, Praça do Pescador, Mercado de Ferro, Feira do Açaí, Instituto de Educação do Pará e Praça das Sereias. Quanto a opinião sobre possível mudança no percurso do roteiro turístico, 26,4% dos visitantes disseram que mudariam o percurso do roteiro. Dos visitantes que optaram por mudar a ordem do roteiro turístico, 37,9% pagariam a mais para mudar a ordem. O valor médio em reais que o visitante pagaria para primeira ordem seria R\$ 39,40 e para a última ordem seria de R\$ 35,50.

O levantamento sobre o perfil dos visitantes e suas preferências deu condições para que fosse feita uma análise mais minuciosa, considerando a relação entre as informações sobre o perfil desses visitantes e suas preferências. Os resultados da pesquisa mostraram também que os roteiros realizados pela UFPA têm uma frequência muito grande de pessoas da própria Cidade de Belém, e com isso constata-se que o morador de Belém também pode ser um cliente das agências e beneficiário dos resultados do estudo.

Analisando as categorias perfil, hábitos de viagem e os valores médios atribuídos aos pontos turísticos, e considerando os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos, verifica-se que esses pontos são considerados excelentes, por visitantes residentes em outros Estados, com faixa etária de 18 a 25 anos e de 51 a 65 anos, do sexo feminino, com renda de até 1 salário mínimo e renda acima de 8 salários mínimos, com escolaridade ensino

médio e ensino superior, com motivos de viagem natureza e outros motivos de viagem, e que se hospedam em hotel. Os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos são considerados bons, por visitantes residentes em outros Estados, com renda de 1 a 5 salários mínimos, que viajam motivados por diversão noturna e cultura, e que se hospedam em pousadas e em casa de amigos. Isso significa que roteiros contendo os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos deverão ser comercializados e apresentados para os visitantes com esse perfil.

Considerando os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos, verifica-se que esses pontos são considerados Excelentes, por visitantes residentes no Estado do Pará, com renda acima de 12 salários mínimos, pós-graduados, com motivos de viagem do tipo cultura. Esses pontos são considerados Bons, para os visitantes com faixa etária de 18 a 25 anos, do sexo masculino, que se hospedam em casa de amigos e outros meios de hospedagem. Isso significa que, roteiros contendo os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos deverão ser comercializados e apresentados para os visitantes com esse perfil.

Na AC múltipla pode-se verificar que, os visitantes com motivo de viagem sol e praia, com escolaridade superior, consideram Excelentes os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. E os visitantes residentes no Estado do Pará, que se hospedam em casa de amigos e pousadas, consideram Bons os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos. Quando se analisa a correspondência múltipla entre as variáveis sexo, renda e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes, verifica-se que, os visitantes de sexo feminino, com renda de até 1 salário mínimo e renda de 8 a 12 salários mínimos, consideram Excelentes os pontos turísticos com menores valores atribuídos, ou seja, nem todos os visitantes do sexo feminino consideram os dez pontos turísticos Ruins. Neste caso, recomenda-se incluir os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no roteiro, considerando o sexo e a faixa etária desses visitantes.

Na AC múltipla entre as variáveis e conceitos dos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes, pode-se verificar que os visitantes com motivo de viagem do tipo cultura, que possuem nível de pós-graduação, consideram Excelentes os pontos turísticos com menores valores atribuídos. E os visitantes residentes no Estado do Pará, que se hospedam em casa de parentes também consideram Excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos. E dessa forma, pode-se constatar que é possível elaborar roteiros específicos, incluindo, tanto os dez pontos turísticos com maiores valores atribuídos no roteiro, quanto, os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos no

roteiro. Para tanto, deve-se estar atento as especificações do perfil e hábitos de viagem dos visitantes.

A AC mostra também que estão associados à mudança de rota os visitantes na faixa etária de 35 a 50 anos, mais de 65 anos, do sexo feminino, com renda de 3 a 5 salários mínimos e de 8 a 12 salários mínimos, com ensino fundamental, pós-graduado, cujos motivos de viagem do tipo outros motivos e que se hospedam em hotel. Para este perfil de visitante, sugere-se um cuidado ao apresentar um roteiro turístico, pois eles são exatamente o grupo de visitantes que demandam propostas diferentes do roteiro usual praticado no Estado do Pará.

Para o perfil de visitante, apresentados na AC, que consideram os pontos turísticos a seguir de regular, e que estão dispostos a mudar o roteiro turístico visitado, devem ser apresentados ou comercializado um roteiro turístico diferente do usual, pois eles são exatamente o grupo de visitantes que demandam propostas diferentes do roteiro usual praticado no Estado do Pará.

Utilizando a distribuição de probabilidade uniforme, testou-se o modelo matemático que representa o problema do caixeiro viajante com prioridade de prêmios (CPTSPPP, Seção 3.1), e concluiu-se novamente, que as soluções do modelo são factíveis, dentro de um tempo razoável, com um *Gap* relativo de 0%, para até 30 nós.

Este resultado é satisfatório do ponto de vista da aplicação do estudo em turismo, visto que, a quantidade média de nós em um roteiro turístico é de 20 nós, ou 20 pontos turísticos, que podem ser visitados em até três dias. Para o estudo de caso (Capítulo 5), em que o número de pontos turísticos visitados é em média 10 pontos, a solução do modelo é ótima, e corresponde de forma muito satisfatória para encontrar rotas turísticas. E dessa forma concluiu-se que o modelo responde de forma satisfatória aos problemas de planejamento em rotas turísticas.

No entanto, quando se considera a demanda potencial de pontos que podem ser visitados, que corresponde a mais de 50 ou 100 pontos turísticos, observa-se que a solução do modelo CPTSPPP, por meio de softwares de otimização como Gams/Cplex, não é satisfatório, necessitando-se de uma heurística para atender o estudo. Neste caso até n igual a 30 nós, os resultados da heurística apresentaram solução ótima com um tempo muito curto. Para n igual a 10, 20 e 30 nós, não há diferença entre os resultados da solução ótima para o Gams/Cplex e os resultados da heurística. Para n igual a 50 nós os resultados da heurística, são um pouco melhores que os do Gams/Cplex dentro do limite de tempo estipulado. Quando o modelo foi tEstado utilizando 100 nós, os resultados Gams/Cplex e os resultados da

heurística, para a solução apresentam uma grande diferença. Para n de 200 e 500 nós, a memória do computador foi insuficiente para compilar e resolver o modelo, que não apresentou solução.

Quando se considera a demanda potencial de pontos que podem ser visitados, que corresponde a mais de 50 ou 100 pontos turísticos, observa-se que a solução do modelo CPTSPPP, por meio de softwares de otimização como Gams/Cplex, não é satisfatório, necessitando-se de uma heurística para atender o estudo. Com isso, concluiu-se que para casos com mais de 30 nós, a meta-heurística de Busca Tabu é bem mais indicada para resolver o problema, dentro de um tempo computacional razoável na prática.

Os resultados deste trabalho mostram como os roteiros podem ser otimizados, evidenciando o potencial do método para reduzir custos operacionais dos roteiros, assim como para maximizar o nível de valoração dos serviços oferecidos ao turista.

Esta tese apresentou abordagens/métodos de Pesquisa Operacional para elaborar roteiros turísticos, onde não são comumente usados. Os resultados desta tese contribuem para fomentar o fortalecimento da identidade regional e podem ajudar a consolidar roteiros turísticos mais satisfatórios e competitivos no mercado de turismo, bem como a ampliação e diversificação da oferta turística.

7.2 Pesquisas futuras

Para produção e elaboração desta tese algumas dificuldades e limitações foram encontradas, como por exemplo, entrevistar turistas que participam de roteiros turísticos, pois este tipo de turista não dispõe de muito tempo após a experiência de visitar os pontos turísticos. Assim como, aplicar as abordagens numa situação real em outras regiões do País, devido à limitação de recursos financeiros disponíveis para a pesquisa de campo e desenvolver outras meta-heurística, devido ao prazo para conclusão da tese. Por isso, propomos que em pesquisas futuras estas lacunas sejam preenchidas. Para tanto, seguem algumas orientações.

Nesta tese, foram definidos perfis, classes e tipos de visitantes para definição dos roteiros turísticos, com base nos dados coletados no campo, mas o estudo limitou-se ao Município de Belém, no Estado do Pará. Alguns trabalhos futuros deverão ser desenvolvidos, voltados para a ampliação da quantidade de turistas entrevistados, identificando, classificando e estudando particularidades dos pólos/pontos turísticos para a definição dos roteiros turísticos, via estratificação e cruzamento de informações utilizando métodos estatísticos, e investigando também outros municípios e roteiros turísticos desta região, e de outras regiões do Brasil.

Considerou-se no estudo apresentado, parâmetros como custos, distâncias e valoração dos equipamentos (museus, igrejas, feiras etc.) e serviços prestados aos turistas. Sugere-se também que em estudos futuros sejam considerados outros parâmetros, como o tempo que o turista precisa para se deslocar de um ponto turístico para outro, e também o tempo que o turista permanece em um ponto turístico, no modelo CPTSPPP. Sugere-se também que sejam feitas melhorias no balanceamento/ entre variáveis custos e prêmios no modelo CPTSPPP, e que os modelos sejam testados com o uso de *software* de otimização e com a heurística proposta para tratar problemas de maior porte, em outros contextos turísticos.

Sugere-se também que sejam feitas aplicações das abordagens propostas numa situação real, com implementação e acompanhamento de sua solução e análise dos seus impactos nos resultados observados, avaliando até que ponto os turistas pagam mesmo valores maiores com novas sequências de roteiros, e se esses roteiros passaram a ser mais escolhidos pelos turistas, por exemplo.

Sugere-se também o desenvolvimento de outras meta-heurísticas, e também de outros métodos exatos explorando características específicas do modelo de otimização aqui apresentado. Por fim, sugere-se outros modelos de otimização alternativos, com formulações mais adequadas para os métodos exatos a serem desenvolvidos, talvez considerando incertezas nos parâmetros do modelo de maneira a gerar soluções mais robustas do ponto de vista prático.

REFERÊNCIAS

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

APPLEGATE, D.L. et al. **The Traveling Salesman Problem: A Computational Study**. Princeton University Press, 2006.

BALAS, E. **The Prize Collecting Travelling Salesman Problem**. Networks, v. 19, p. 621–636, 1987.

BALAS, E.; MARTIN, G. **ROLL-A-ROUND. Software Package for Scheduling the Rounds of a Rolling Mill**. 104 p. © Copyright by Balas and Martin Associates, Pittsburgh, 1985.

BARTHOLOMEW, D. J.; STEELE F.; MOUSTAKI, I.; GALBRAITH, J. I.; **The analysis and interpretation of multivariate data for social scientist**. Florida: Chapman & Hall/CRC, 2002.

BASU R.; DAS, G.; AMER-YAHIA, S.; YU, C. **Interactive itinerary planning**. in Data Engineering (ICDE), 2011 IEEE 27th International Conference on. IEEE, 2011, pp. 15–26.

BERTRAND, J.W.M.; FRANSOO, J.C. **Modelling and simulation – operations management research methodologies using quantitative modeling**. International Journal of Operations & Production Management, v.22, n.3, p.241-264,2002.

BRAGA; CORDEIRO, D.; GLEICE, G. Regina. **Planejamento e operacionalização de pacotes. In: Agências de viagens e turismo – práticas de mercado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CAMACHO, D.; BORRAJO, D.; MOLINA, J. M. **Intelligent travel planning: a multiagent planning system to solve web problems in the e-tourism domain**. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2001, v. 4, 387e392.

CASTILLO, L. et al. **an user-oriented adaptive system for planning tourist visits**. Expert Systems with Applications, 2008, v.34, 1318 e 1332.

CHEKURI; PAL, M. **A recursive greedy algorithm for walks in directed graphs**, in Foundations of Computer Science, 2005. FOCS 2005. 46th Annual IEEE Symposium on. IEEE, 2005, pp. 245–253.

CHAVES et al, **Algoritmos Híbridos Para Uma Generalização Do Problema Do Caixeiro Viajante**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.São José dos Campos SP, Brasil.

CHIAS M. **Plano estratégico de turismo Ver-O-Pará**. Plano operacional de desenvolvimento e marketing, 2011.

CHRISTOFIDES, N.; MINGOZZI, A.; TOHT, P. **The Vehicle Routing Problem.** In: _____. **Combinatorial optimization.** New Jersey: Editora John Wiley and Sons, 1979. P. 315-338.

COLINEAU, N.; WAN, S. **Mobile delivery of customised information using natural language generation.** Monitor, 2001. 26(3), 27e 31.

COLIN, E. C. **Pesquisa operacional.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.

COMPANHIA PARAENSE DE TURISMO. **Indicadores do Turismo Pará.** Volume 52, 2012.

CZERMAINSKI, A. B. C. **Análise de Correspondência.** Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Julho, 2004.

CHRISTOFIDES, N. **The Traveling Salesman Problem.** WileyChichester, 1979.

De Choudhury, M. et al. **Automatic construction of travel itineraries using social breadcrumbs, in Proceedings of the 21st ACM conference on Hypertext and hypermedia.** ACM, 2010, pp. 35–44.

DELL’AMICO, M.; MAFFIOLI, F.; SCIOMANCHEN, A. **A Lagrangian Heuristic for the Prize Collecting Travelling Salesman Problem.** *Anal. of Operations Research*, v. 81, p. 289–305, 1998.

DORIS, R.; SOLHA, K. **Planejamento Turístico.** Barueri, SP: Manoele, 2006.

DANTZIG, R.; FULKERSON, R.; JOHNSON, S. **Solution of a large-scale traveling salesman problem.** *Operations Research*, 1954. 2:393-410.

DANTZIG, R.; RAMSER, J. **The truck dispatching problem.** *Operations Research*, 12:81-91, 1959.

DANTZIG R.; FULKERSON, R.; JOHNSON, S. **Solution of a large-scale traveling salesman problem.** *Operations Research*, 2:393-410, 1954.

EMBRATUR (1984) **Manual do Modelo do Inventário da Oferta Turística do Instituto Brasileiro de Turismo.** Empresa Brasileira de Turismo – Embratur, Brasília.

FERNANDES, A. (2012), A. **Conflitos e integração entre marketing e logística na definição do nível de services em vendas e distribuição de produtos: um estudo de caso na indústria de bebidas.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GODART, J. M. (1999). **Combinatorial optimisation based decision support system for trip planning.** In D. Buhalis, & W. Schertler (Eds.), *International conference on information and communication technologies in tourism, proceedings* (pp. 318 e 327). Austria: Springer.

GRETZEL, U. et al. (2004). **Tell me who you are and I will tell you where to go: use of travel personalities in destination recommendation systems.** *Information Technology & Tourism*, 7(1), 3 e 12.

HAIR, J. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

JAKKILINKI, R.; GEORGIEVSKI, M.; SHARDA, N. (2007). **Connecting destinations with ontology-based e-tourism planner**. In M. Sigala, L. Mich, & J. Murphy (Eds.), *Information and communication technologies in tourism* (pp. 21e32). Vienna: Springer.

KRAMER, R.; MODSCHING, M.; TEN, K. (2007). **Development and evaluation of a context-driven, mobile tourist guide**. *International Journal of Pervasive Computing and Communication (JPCC)*, 3(4), 378 e 399.

MAHMOOD, T. et al. (2008). **Adaptive recommender systems for travel planning**. In P. O'Connors, W. Höpken, & U. Gretzel (Eds.), *information and communication technologies in tourism* (pp. 1e11). Innsbruck, Austria: Springer Verlag.

MACHADO, A. **Ecoturismo: um produto viável – a experiência do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2005.

MARTINS, R. A. Princípios da pesquisa científica. In: PAULO, A.C.M. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2.ed. São Paulo: Elsevier, 2012. Cap.1, p.6-31.

MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: PAULO, A.C.M. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**.2.ed. São Paulo: Elsevier, 2012. Cap.8, p.168-198.

MCKERCHER, B. **Turismo da natureza: Planejamento e sustentabilidade**. São Paulo: Contexto, 2002.

MORAES, W. **Ecoturismo: um bom negócio com a natureza**. Viçosa: UFV, 2000.

PERUSSI, R. **Agências de viagens e turismo – práticas de mercado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

TAVARES, A. M. **City tour**. São Paulo: Aleph, 2002.

VANSTEENWEGEN, P. et al. (2011). **The city trip planner: an expert system for tourists. expert system with applications**, 38(6), 6540 E 6546.

APÊNDICE A
QUESTIONÁRIO

Quanto ao perfil

1. Onde você reside atualmente?

1.1 Brasil: Cidade: _____ Estado: _____

1.2. Outro país: País: _____

2. Qual a sua faixa etária:

2.1 De 18 a 25 anos 2.3 De 35 a 50 anos 2.5 Mais de 65 anos

2.2 De 26 a 34 anos 2.4 De 51 a 65 anos

3. Sexo

3.1 Masculino 3.2 Feminino

4. Renda (salário mínimo – SM)

4.1 Até 01 SM 4.3 De 03 a 05 SM 4.5 De 08 a 12 SM

4.2 De 01 a 03 SM 4.4 De 05 a 08 SM 4.6 Mais de 12 SM

5. Escolaridade

5.1 Analfabeto 5.2 Ensino Fundamental 5.3 Ensino Médio 5.4 Superior 5.5 Pós graduado

Quanto ao hábito de viagem

6. Qual o motivo de sua viagem?

6.1 Sol e praia 6.3 Cultura 6.5 Diversão noturna

6.2 Natureza ou ecoturismo 6.4 Esportes 6.6 Outros: _____

7. Tipo de Hospedagem?

7.1 Casa de amigos 7.3. Casa alugada Hotel 7.5. Pousada

7.2. Casa de parentes 7.4. Hotel 7.6.Outros.

Quanto a avaliação dos pontos turísticos

8. Qual valor na escala de (0 a 100 reais) você daria para os pontos turísticos visitados por você?

9. Se você pudesse mudar a ordem desta rota, você mudaria?

9.1 Sim ()

9.2 Não ()

10. Ordem de visita sugerida pelo visitante

11. Se você pudesse mudar a ordem de visita você pagaria a mais por isso?

11.1.Sim 11.2.Não

12.1.1 Se sim, até quanto você pagaria a mais por isso (além do que já pagou) ?

12.1.1.2 Para o primeiro indicado: R\$ _____

12.1.1.3 Para o último indicado: R\$ _____

Figura 5.1. Questionário aplicado na pesquisa de campo. Fonte:

APÊNDICE B

ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA

Análise de correspondência simples entre os dez pontos turísticos com menores prêmios atribuídos pelos visitantes.

- **Estado de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes**

Tabela 1. Valores para o cálculo do critério β das variáveis Estado de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos.

Total da Inércia = 0,3334 Qui-quadrado = 36,68 df = 10					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,5666	0,3210	96,2900	96,2901	35,3189
2	0,1112	0,0123	3,7099	100,00	1,3608

Fonte: Elaborado pelo autor

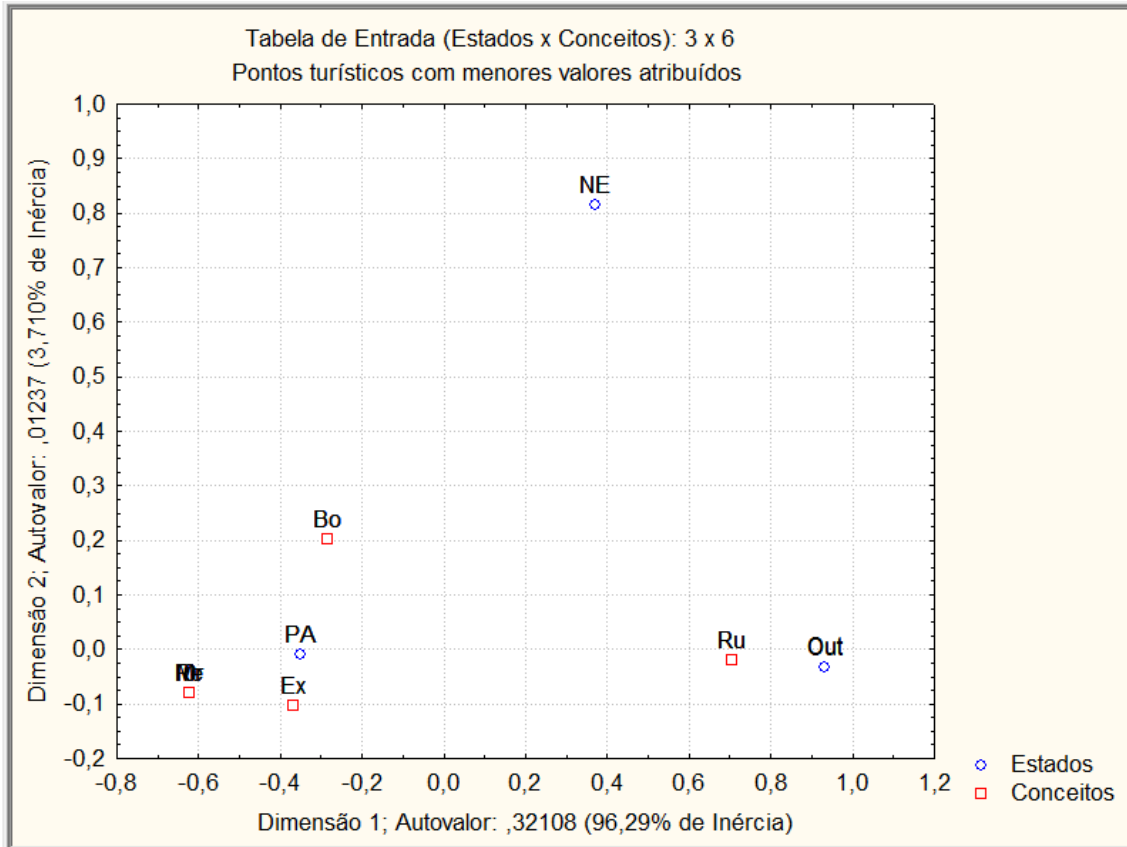
Critério β para as variáveis Estados de residência versus conceitos:

$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis Estados de residência e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis Estados de residência e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 366,0$, conclui-se que as variáveis Estados de residência e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 1 mostra a AC simples das variáveis, Estados de residência versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (96,3% + 3,7%), com um total de 100,0% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 0% da informação, pois este não agrega informações significantes para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os residentes no Estado do Pará consideram excelentes os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes de outros Estados consideram ruim estes pontos turísticos (Figura 1).



Ex: PA: Estado do Pará. Out: Outros Estados, Excelente, Bo: Bom, Re: Regular, Ru: Ruim e Mr: Muito ruim. Figura 1. AC das variáveis Estados de residência versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- Faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes.**

Tabela 2. Valores para o cálculo do critério β das variáveis faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos

Total da Inércia = 0,3191 Qui-quadrado = 35,19 df = 20					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,4777	0,2282	71,3426	71,3426	25,1057
2	0,2610	0,0681	21,3038	92,6464	7,4968
3	0,1316	0,0173	5,4187	98,0651	1,9068
4	0,0786	0,0061	1,9348	100,00	0,6808

Fonte: Elaborado pelo autor

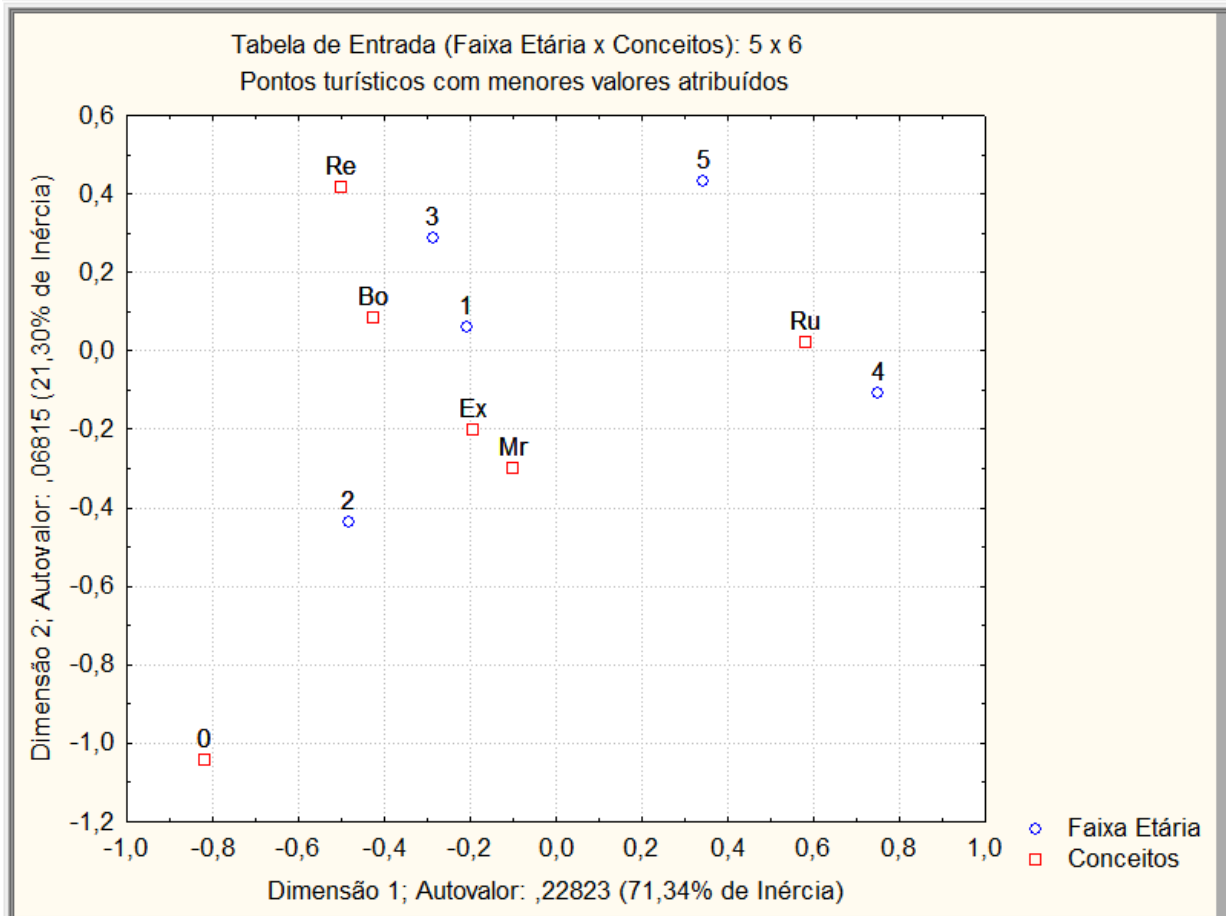
Critério β para as variável faixa etária versus conceitos:

$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis faixa etária e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis faixa etária e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 157,4$, conclui-se que a variável faixa etária e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 2 mostra a AC simples das variáveis, faixa etária versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (71,3% + 21,3%), com um total de 92,6% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 7,4% da informação, pois este não agrega informações significantes para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os visitantes com faixa etária de 18 a 25 anos consideram bom, os dez pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes com faixa etária de 35 a 50 anos consideram regular estes pontos turísticos, e os visitantes com faixa de 51 a 65 anos, consideram ruim os pontos turísticos com menores valores atribuídos. (Figura 2).



1: de 18 a 25 anos, 2: de 25 a 34 anos, 3: de 35 a 50 anos, 4: de 51 a 65 anos, 5: mais de 65 anos, NE: Não Especificou, Ex: Excelente, Bo: Bom, Re: Regular, Ru: Ruim e Mr: Muito ruim.

Figura 2. AC da variável faixa etária versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes.**

Tabela 3 Valores para o cálculo do critério β da variável sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos.

Total da Inércia = 0,2043 Qui-quadrado = 22,48 df = 10					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,4229	0,1788	87,5151	87,5151	19,6759
2	0,1597	0,02551	12,4849	100,000	2,8069

Fonte: Elaborado pelo autor

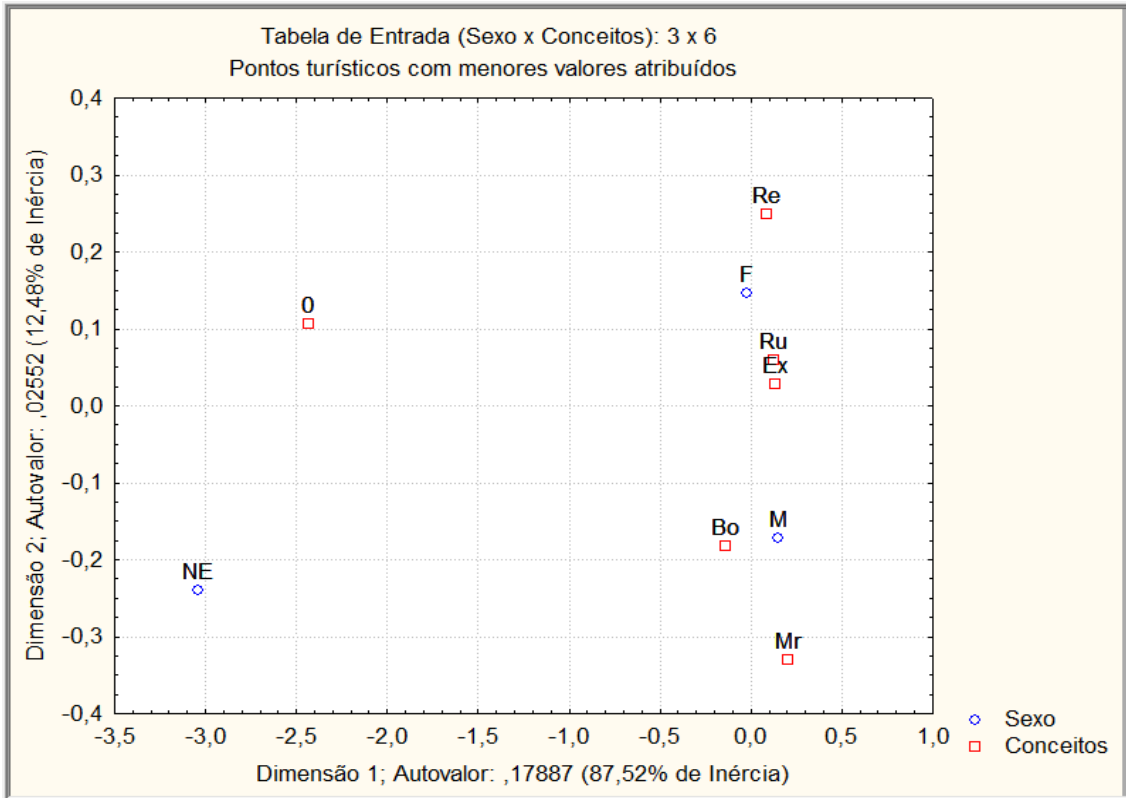
Critério β para as variáveis sexo versus conceitos:

$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis sexo e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis sexo e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 71,1$, conclui-se que as variáveis sexo e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 3 mostra a AC simples das variáveis, sexo versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (87,5% + 12,5%), com um total de 100,0% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 0% da informação, pois este não agrega informações significantes para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os visitantes de sexo feminino consideram ruins os pontos turísticos com menores valores atribuídos, e os visitantes do sexo masculino consideram estes pontos turísticos bom. (Figura 3).



M: Masculino, F: Feminino, NE: Não especificou, Ex: Excelente, Bo: Bom, Re: Regular, Ru: Ruim e Mr: Muito ruim.

Figura 3. AC da variável sexo versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

• **Renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos com menores valores atribuídos pelos visitantes**

Tabela 4. Valores para o cálculo do critério β das variáveis renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos.

Total da Inércia = 0,2414 Qui-quadrado = 26,557 df = 25					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,3417	0,1167	48,3659	48,3660	12,8447
2	0,2782	0,0774	32,0751	80,4411	8,5183
3	0,1788	0,0319	13,2438	93,6850	3,5172
4	0,1223	0,0149	6,2039	99,8889	1,6476
5	0,0163	0,0002	0,1111	100,000	0,0291

Fonte: Elaborado pelo autor

Critério β para as variáveis renda versus conceitos:

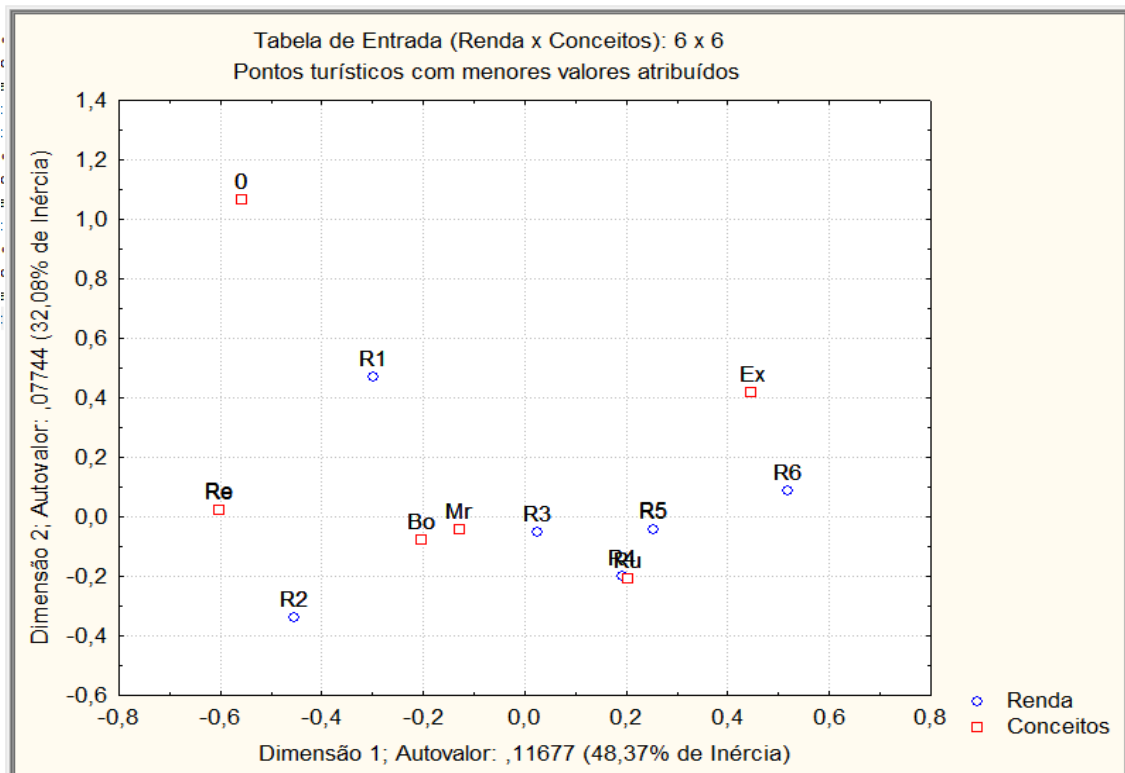
$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis renda e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis renda e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 132,7$, conclui-se que as variáveis renda e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 4 mostra a AC simples das variáveis, renda versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de

explicação (48,4% + 32,1%), com um total de 80,4% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 9,6% da informação, pois este não agrega informações significativas para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os visitantes com renda acima de 12 salários mínimos consideram excelentes os pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes com renda de 5 a 12 salários mínimos consideram esses pontos turísticos ruim, e os visitantes com renda de 3 a 5 salários, consideram muito ruim os pontos turísticos com menores valores atribuídos. (Figura 4).



R1: Até 01 Salário Mínimo Salário Mínimo -SM, **R2:** De 01 a 03 SM, **R3:** De 03 a 05 SM, **R4:** De 05 a 08 SM, **R5:** De 08 a 12 SM, **R6:** Mais de 12 SM, **NE:** Não Especificou, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 4. AC da variável renda versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

• **Escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos com menores valores atribuídos**

Tabela 5. Valores para o cálculo do critério β das variáveis escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos

Total da Inércia = 0,2091 Qui-quadrado = 22,210 df = 15					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,4136	0,1710	84,7400	84,7400	18,8204
2	0,1735	0,0301	14,9155	99,6556	3,3127
3	0,0263	0,0007	0,3444	100,000	0,0765

Fonte: Elaborado pelo autor

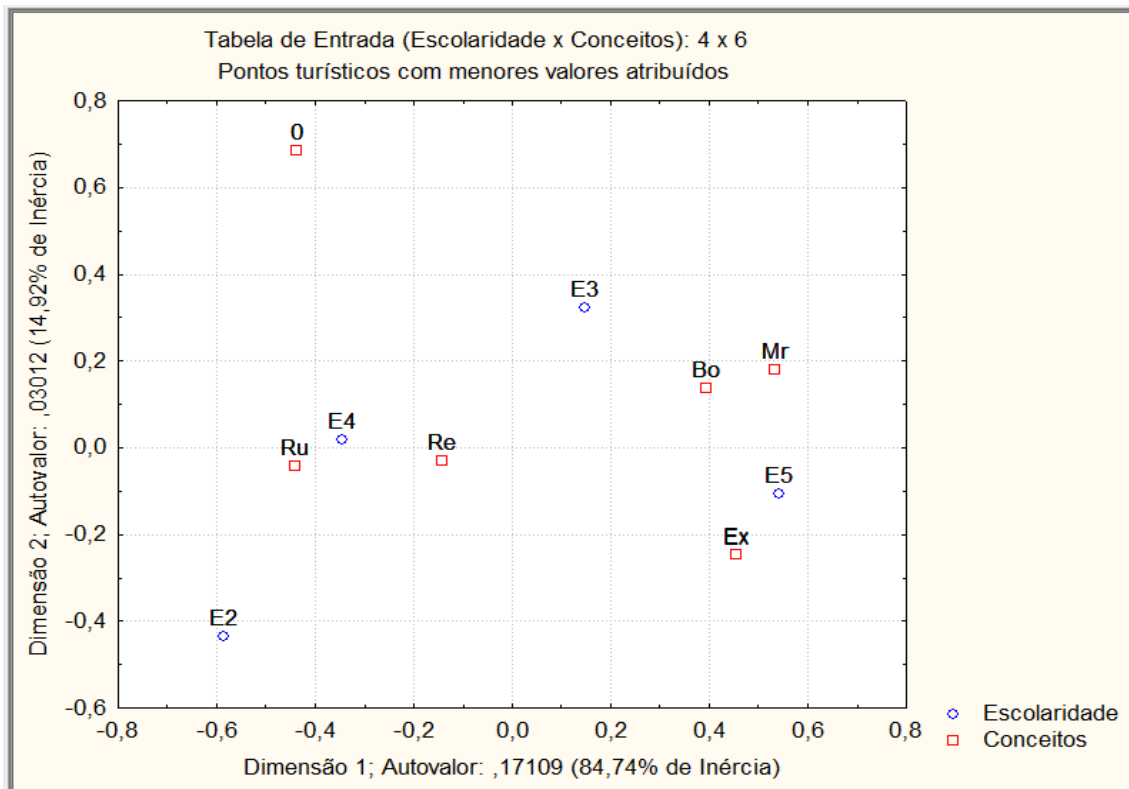
Critério β para as variáveis escolaridade versus conceitos:

$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis escolaridade e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis escolaridade e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 86,0$, conclui-se que as variáveis escolaridade e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 5 mostra a AC simples das variáveis, escolaridade versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (84,7% + 14,9%), com um total de 99,6% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 0,4% da informação, pois este não agrega informações significantes para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os visitantes com escolaridade pós-graduados, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos, e os visitantes com escolaridade ensino superior, consideram esses pontos turísticos ruim. (Figura 5).



E1: Analfabeto, **E2:** Ensino fundamental, **E3:** Ensino médio, **E4:** Ensino superior, **E5:** Pós-graduado, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 5. AC da variável escolaridade versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos com menores valores atribuídos**

Tabela 6. Valores para o cálculo do critério β das variáveis motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos

Total da Inércia = 0,4055 Qui-quadrado = 44,61 df = 25					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,5666	0,3210	96,2900	96,2901	35,3188
2	0,1112	0,0123	3,7099	100,000	1,3607

Fonte: Elaborado pelo autor

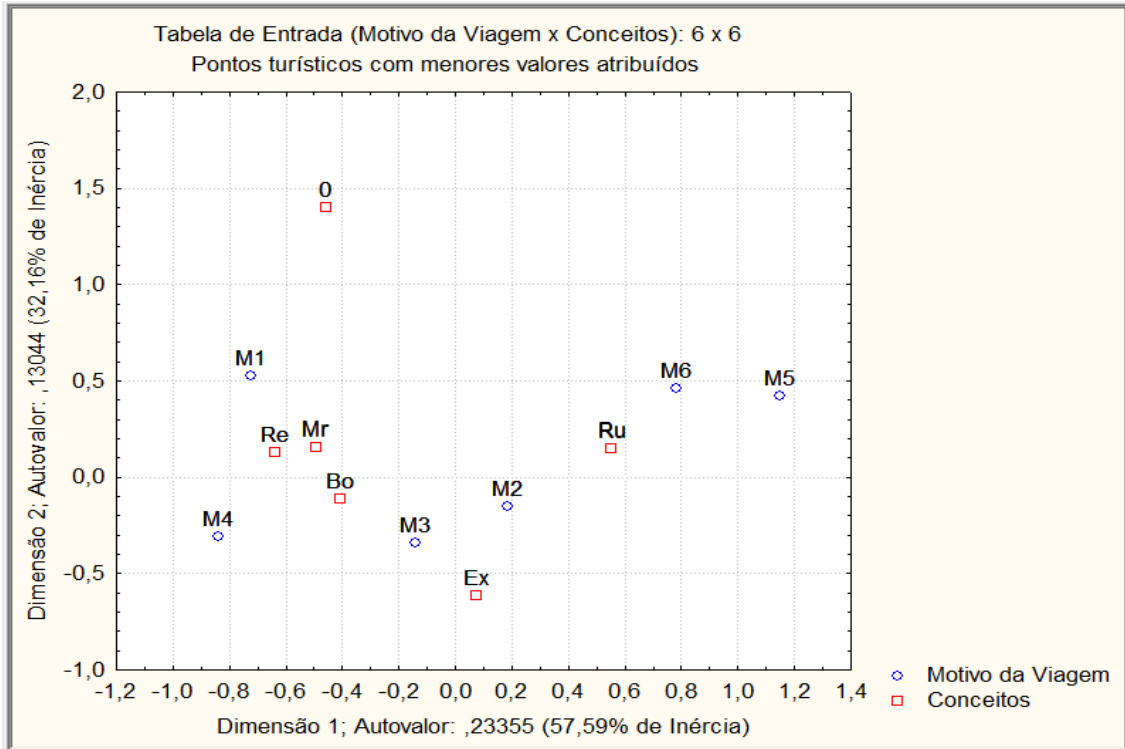
Critério β para as variáveis motivo da viagem versus conceitos:

$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis motivo da viagem e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis motivo da viagem e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 223$, conclui-se que as variáveis motivo da viagem e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 6 mostra a AC simples das variáveis, motivo da viagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (96,3% + 3,7%), com um total de 100% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 0% da informação, pois este não agrega informações significantes para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os visitantes com motivos de viagem cultura, consideram excelente os pontos turísticos com menores valores atribuídos, enquanto que, os visitantes com motivos de viagem sol e praia consideram regular esses pontos turísticos, e os visitantes com outros motivos de viagem consideram ruim esses pontos turísticos. (Figura 6).



M1:Sol e praia, M2:Natureza ou ecoturismo, M3:Cultura, M4:Esportes, M5:Diversão noturna, M6:Outros.NE:Não Especificou, Ex: Excelente, Bo: Bom, Re: Regular, Ru: Ruim e Mr: Muito ruim.

Figura 6. AC da variável motivo da viagem versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor

• **Tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos**

Tabela 7. Valores para o cálculo do critério β das variáveis tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos

Total da Inércia = Qui-quadrado = df =					
Seq.	Singular	Autovalores	% Inércia	% Cumulativo	Qui-quadrado
1	0,4385	0,1923	56,2431	56,2432	21,1575
2	0,3421	0,1170	34,2299	90,4731	12,8765
3	0,1753	0,0307	8,9916	99,4647	3,3824
4	0,0427	0,0018	0,5352	100,000	0,2013

Fonte: Elaborado pelo autor

Critério β para as variáveis tipo de hospedagem versus conceitos:

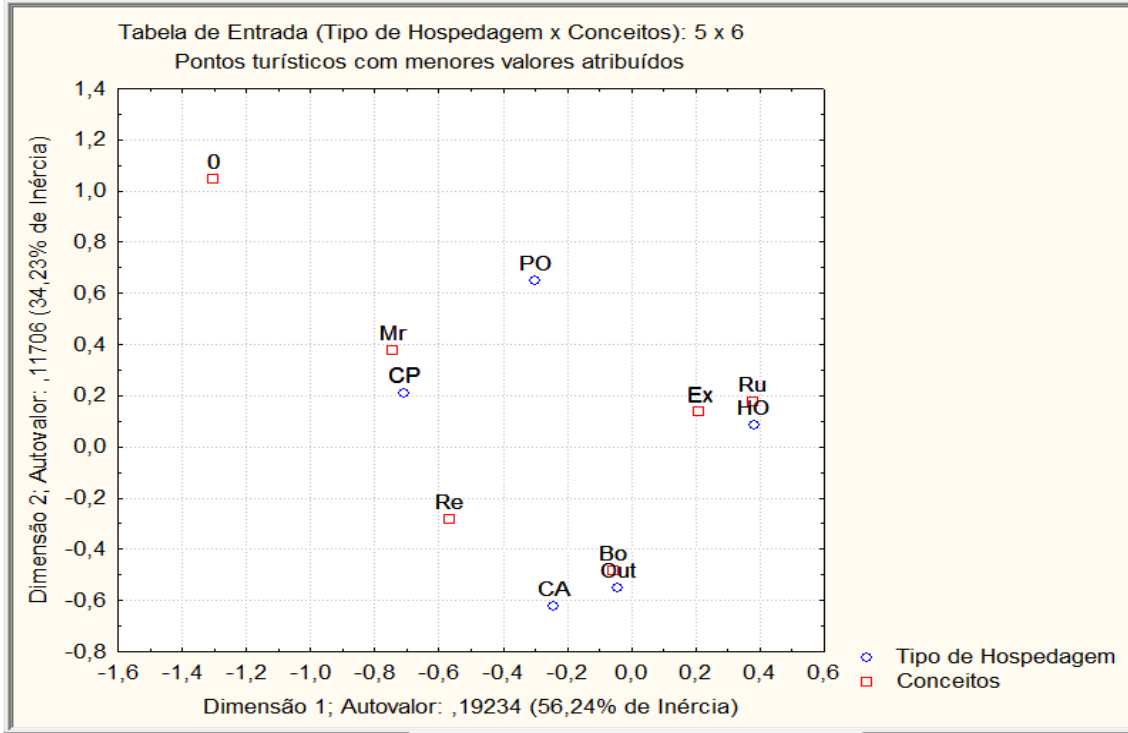
$H_0 : \beta \leq 3$, as variáveis tipo de hospedagem e conceitos são independentes;

$H_1 : \beta > 3$, as variáveis tipo de hospedagem e conceitos são dependentes.

Como $\beta = 168$, conclui-se que as variáveis tipo de hospedagem e conceitos são dependentes a um risco de 5%.

A Figura 7 mostra a AC simples das variáveis, tipo de hospedagem versus conceitos atribuídos aos pontos turísticos. Observa-se que os dois primeiros eixos (dimensões) têm capacidade de explicação (56,2% + 34,2%), com um total de 90,4% da informação. Este resultado permite que o analista se detenha a estes dois primeiros componentes principais, não sendo necessária a exploração do terceiro eixo/dimensão apenas 9,6% da informação, pois este

não agrega informações significantes para a compreensão da totalidade da massa dos dados. Pode-se verificar que os visitantes hospedados em hotel, consideram ruins os pontos turísticos com menores valores atribuídos, os visitantes hospedados em casa de amigos e outros meios de hospedagem, consideram esses pontos turísticos bom, e os visitantes que se hospedam em casa de parentes, consideram muito ruim esses pontos turísticos. (Figura 7).



CA: Casa de amigos, **CP:** Casa de parentes, **HO:** Hotel, **PO:** Pousada, **Out:** Outros, **Ex:** Excelente, **Bo:** Bom, **Re:** Regular, **Ru:** Ruim e **Mr:** Muito ruim.

Figura 7. AC das variáveis tipo de hospedagem versus conceitos.

Fonte: Elaborado pelo autor