

Roteirização dos Ônibus da Linha Turismo das Capitais dos Estados do Sul do Brasil na visita aos seus Pontos Turísticos

João Cardoso Neto (Universidade Federal do Paraná) joaocardosoneto@gmail.com
Arinei Carlos Lindbeck da Silva (Universidade Federal do Paraná) arinei.carlos@gmail.com
Cleibson Aparecido de Almeida (Universidade Federal do Paraná) nosbielcs@bol.com.br
Giovani Roveroto (Universidade Federal do Paraná) giovani.roveroto@gmail.com
Samuel de Lima Junior (Universidade Federal do Paraná) samuel.l.junior@gmail.com

Resumo:

Várias cidades brasileiras oferecem aos seus turistas o serviço conhecido como ônibus da linha turismo. O funcionamento destes ônibus é realizado com a finalidade de que os principais pontos turísticos destas cidades sejam visitados durante o trajeto percorrido. Na região Sul do Brasil, em especial nas capitais destes Estados, a situação não é diferente. Curitiba, assim como Florianópolis e Porto Alegre, contam com os ônibus da linha turismo. Tanto quem oferece este serviço como quem utiliza o ônibus da linha turismo esperam que o mesmo seja ofertado a valor considerado adequado. Com base no exposto, este trabalho foi desenvolvido objetivando o estabelecimento da rota ótima para estes ônibus, desta forma, reduzem-se os gastos com o oferecimento do serviço, podendo-se aumentar a margem de lucro ou então optar-se pela manutenção da referida margem coadunando com a redução da tarifa cobrada aos usuários do serviço. A fim de se determinar quais seriam estas rotas ótimas foi utilizado o método exato, através da resolução do modelo matemático do Problema do Caixeiro Viajante. Em seguida, de acordo com a quilometragem total a ser percorrida em cada um dos trajetos, foi feito um comparativo entre tal quilometragem e o custo atual deste serviço nas capitais do Estados que integram a região Sul do Brasil.

Palavras chave: Ônibus da Linha Turismo, Roteirização, Problema do Caixeiro Viajante.

Bus Line Tourism Routing of the Capital's from Southern States of Brazil on their Landmarks Visit

Abstract

Several Brazilian cities offer their service to tourists known as bus line tourism. The operation of these buses is performed for the purpose of the main attractions of these cities to be visited during the excursion. In Southern Brazil, especially in the capitals of these States, it is not different. Curitiba, Florianopolis and Porto Alegre, have the tourist bus line. Both, those who offer this service as those who use the tourist bus line, expect a suitable value for these services. Based on the above, this work was developed aiming to establish the optimal route for these buses lines, thereby to reduce costs by offering the service, and resulting in a profit margin increasing or reducing the fare of the service with the maintenance of these profit margin. In order to determine which of these routes would be optimal, it was used the exact method, by solving the mathematical model through the Travelling Salesman Problem. Then, according to the total mileage to be traveled in each of the paths, a comparison was made between such mileage and the current cost of these services in the capitals of the states from the South region of Brazil.

Key-words: Tourist Bus Line, Routing, Travelling Salesman Problem.

1. Introdução

Diversas capitais brasileiras por serem polos de turismo, contam com ônibus, comumente chamados de ônibus da linha turismo, que realizam trajetos entre os diversos pontos turísticos existentes no referido município. No Sul do Brasil, tal situação não é diferente, Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, e, Curitiba, capital do Estado do Paraná, possuem ônibus que fazem o percurso entre os pontos turísticos existentes nas capitais do Sul do País.

Em Porto Alegre, o ônibus da linha turismo é ofertado pela Prefeitura Municipal, através da Secretaria Municipal de Turismo. Este serviço possui o custo de R\$ 15,00 (quinze reais). Existem dois (2) trajetos distintos para os turistas optarem, o primeiro é conhecido como “Centro Histórico” e o segundo como “Zona Sul”. Durante o trajeto do “Centro Histórico” são visitados dezessete (17) pontos turísticos enquanto no trajeto “Zona Sul” dezesseis (16) são os pontos turísticos visitados. O embarque dos turistas para os dois (2) trajetos é feito na sede da Secretaria Municipal de Turismo.

Já em Florianópolis, o serviço de ônibus que percorre os pontos turísticos do município é ofertado por uma empresa privada, a “*Floripa By Bus*”. Tal empresa, diferente do ocorrido em Porto Alegre, oferece aos turistas três (3) diferentes opções de trajetos, os quais são conhecidos como “Leste-Norte”, “Centro-Leste” e “Centro-Sul”. O primeiro trajeto é oferecido ao custo de R\$ 60,00 (sessenta reais) e contempla a visita a treze (13) pontos turísticos. Os dois últimos trajetos tem custo de R\$ 35,00 (trinta e cinco) reais, sendo que o trajeto “Centro-Leste” percorre oito (8) e o “Centro-Sul” contempla treze (13) pontos turísticos.

É importante evidenciar que o embarque para o trajeto “Leste-Norte” é feito em três (3) distintos locais, são eles: *Shopping Iguatemi*, *Costão do Santinho Resort* e a empresa *Pontal Viagens*. Já para o trajeto “Centro-Leste” e “Centro-Sul” o embarque é feito somente no *Shopping Iguatemi*.

Finalmente, na cidade de Curitiba, o ônibus da linha turismo é ofertado pela Prefeitura Municipal, através da empresa de economia mista denominada *Urbanização de Curitiba S/A – URBS*. O custo para utilização deste serviço em Curitiba é de R\$ 25,00 (vinte e cinco) reais e vinte e quatro (24) pontos turísticos são visitados ao longo do trajeto. Diferentemente das outras capitais do Sul do Brasil, em Curitiba o embarque no ônibus da linha turismo pode ser feito em qualquer um dos vinte e quatro (24) pontos turísticos.

Diante do exposto até o momento, o objetivo deste estudo é determinar qual a rota ótima a ser realizada pelos ônibus da linha turismo nas capitais dos Estados do Sul do País, de forma que a distância total a ser percorrida seja minimizada. Ao se determinar a menor distância percorrida durante os trajetos, tem-se a possibilidade da diminuição dos gastos com o serviço efetuado por estes ônibus da linha turismo. Assim, ao diminuir a quilometragem percorrida, diminui-se os gastos com combustível e manutenção dos ônibus, assim como o tempo para se visitar os pontos turísticos que integram os respectivos trajetos. Desta forma, ao se reduzir despesas, se abrem duas (2) possibilidades para os responsáveis pelo oferecimento deste serviço, são elas: (i) aumento da margem de lucro com a manutenção dos preços atualmente cobrados pelo serviço ou (ii) manutenção da margem de lucro e diminuição proporcional dos atuais preços, de acordo com a economia que será gerada com a diminuição das despesas.

2. Revisão de Literatura

2.1 Programação Inteira

Segundo Puccini e Pizzolato (1990), a programação inteira, também denominada de programação linear inteira, programação discreta ou programação inteira pura, é a denominação dada a problemas de programação linear em que as variáveis só podem assumir valores inteiros. Casos particulares de programação inteira, são aqueles em que as variáveis só podem assumir valores 0 ou 1. Neste caso, o modelo é denominado de programação zero-um ou programação binária.

A criação da programação inteira foi uma consequência da incapacidade da programação linear de oferecer soluções viáveis para alguns problemas importantes. As primeiras propostas de metodologias que tratavam do problema com variáveis inteiras eram mais adaptações do método simplex do que novas teorias. O principal arquiteto dos primórdios da programação inteira foi Ralph E. Gomory (COLIN, 2007).

2.2 Problema do Caixeiro Viajante

Conforme Melamed (1990), o Problema do Caixeiro Viajante é um dos mais tradicionais e conhecidos problemas de programação matemática.

Colin (2007) afirma que o Problema do Caixeiro Viajante é considerado um clássico: ele é provavelmente o problema mais conhecido e estudado de Programação Inteira. Como é de se esperar, um problema tão estudado possui uma infinidade de casos particulares que podem ser utilizados para tratar das mais diversas variedades encontradas nos ambientes profissionais.

2.2.1 Métodos de Resolução do Problema do Caixeiro Viajante

Conforme Steiner (2011), o Problema do Caixeiro Viajante pode ser resolvido de várias formas, dentre estas se destacam os métodos exatos (modelo matemático e o método que utiliza a variante do *Branch and Bound*) e os métodos heurísticos, os quais fornecem soluções aproximadas.

2.2.1.1 Formulação Matemática do Problema do Caixeiro Viajante

Existem várias formulações para esse problema. Essas formulações podem ser consideradas como canônicas, tanto por sua larga difusão na literatura especializada como por desenvolverem modos peculiares de caracterização do problema (GOLDBARG e LUNA, 2005).

2.2.1.1.1 Formulação de Dantzig – Fulkerson – Johnson

Segundo Christofides *et al.* (1979), Dantzig, Fulkerson e Johnson em 1954, formularam o Problema do Caixeiro Viajante como sendo um problema de programação 0-1 sobre um grafo $G = (N, A)$, como segue:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N$$
$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i,j \in N$$

Onde x_{ij} é uma variável binária em que 1 significa que o percurso passa pela aresta formada entre i e j , e 0 significa que o percurso não passa pela referida aresta. Já c_{ij} representa o custo associado à aresta x_{ij} , no nosso caso, por custo entende-se a distância a ser percorrida na aludida aresta.

2.2.2 Ciclo Hamiltoniano

Conforme Goldbarg e Luna (2005), os problemas de roteamento lidam em sua maior parte com passeios ou *tours* sobre pontos de demanda ou oferta. Esses pontos podem ser representados por cidades, postos de trabalho ou atendimento, depósitos, etc. Dentre os tipos de passeios um dos mais importantes é denominado hamiltoniano. Seu nome é devido a Willian Rowan Hamilton que, em 1857, propôs um jogo que denominou Around The World. O jogo era feito sobre um dodecaedro em que cada vértice estava associado a uma cidade importante na época. O desafio consistia em encontrar uma rota através dos vértices do dodecaedro que iniciasse e terminasse em uma mesma cidade sem nunca repetir uma visita.

Uma solução do jogo de Hamilton, em sua homenagem, passou a se denominar um ciclo hamiltoniano. Modernamente, a primeira menção conhecida do problema é devida a Hassler Whitney em 1934 em um trabalho na *Princeton University* (GOLDBARG e LUNA, 2005).

3. Metodologia Utilizada

O trabalho ora exposto pode ser classificado, de acordo com a sua finalidade, como uma pesquisa aplicada. As pesquisas aplicadas se caracterizam em virtude da motivação precípua de resolução de problemas concretos, práticos e operacionais. Já em relação ao método e a forma de resolução do problema apresentado, este trabalho se caracteriza e pode ser classificado como uma pesquisa quantitativa.

Objetivando a determinação da rota ótima a ser percorrida pelos ônibus da linha turismo, na visitação dos pontos turísticos que integram as rotas citadas na seção 1, primeiramente, foram medidas as distâncias reais entre todos os pares destes pontos turísticos. Para realizar tal medição, foi utilizado o endereço de localização dos pontos turísticos e a distância entre os mesmos foi calculada com o auxílio da ferramenta *Google Maps* (<http://maps.google.com.br/maps>, acesso em 17 out 2011).

Em seguida, foi elaborado o modelo matemático para resolução do problema e a sua resolução ocorreu com o auxílio do *software* Lingo®, versão 9.0. A elaboração dos mapas constantes neste artigo foi realizada através da ferramenta *Google Maps*.

4. Resultados Obtidos

4.1 Situação Atual

Nesta Seção serão apresentados os trajetos atualmente feitos pelos ônibus da linha turismo das capitais dos Estados Sul Brasileiros. Na Tabela 1 estão apresentados os pontos turísticos que são percorridos pelo ônibus da linha turismo em Curitiba. Tais pontos estão dispostos na referida Tabela de acordo com a ordem em que são visitados.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Praça Tiradentes	Praça das Flores	0,2
Praça das Flores	Rua 24 Horas	1,0

Rua 24 Horas	Praça Rui Barbosa	0,4
Praça Rui Barbosa	Centro de Convenções	0,6
Centro de Convenções	Teatro Paiol	1,8
Teatro Paiol	Jardim Botânico	1,7
Jardim Botânico	Mercado Municipal	1,7
Mercado Municipal	Passeio Público	1,6
Passeio Público	Centro Cívico	0,9
Centro Cívico	Bosque do Papa	1,1
Bosque do Papa	Bosque do Alemão – 1	1,9
Bosque do Alemão - 1	Bosque do Alemão – 2	0,0
Bosque do Alemão - 2	Universidade Livre do Meio Ambiente	1,0
Universidade Livre do Meio Ambiente	Parque São Lourenço	2,3
Parque São Lourenço	Ópera de Arame	1,3
Ópera de Arame	Parque Tanguá	0,6
Parque Tanguá	Parque Tingui	3,0
Parque Tingui	Memorial Ucrâniano	0,0
Memorial Ucrâniano	Portal Italiano	2,3
Portal Italiano	Santa Felicidade	0,3
Santa Felicidade	Parque Barigui	3,1
Parque Barigui	Torre Panorâmica	1,6
Torre Panorâmica	Setor Histórico	2,7
Setor Histórico	Praça Tiradentes	1,1
Distância Total do Trajeto		32,1

Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba (14 out 2011). Elaborado pelo Autor.

Tabela 1 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Curitiba

A Tabela 2 apresenta os pontos que são visitados pelos turistas durante o serviço disponibilizado pelo ônibus da linha turismo de Florianópolis que realiza o percurso Centro-Leste. Imperativo se faz destacar que os pontos turísticos estão ordenados de acordo com a sequência em que são visitados.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Shopping Iguatemi	Lagoa da Conceição	16,0
Lagoa da Conceição	Avenida das Rendeiras	7,7
Avenida das Rendeiras	Praia da Joaquina	3,5
Praia da Joaquina	Praia Mole	11,8
Praia Mole	Manguezal do Itacorubi	14,3
Manguezal do Itacorubi	Baía Norte	2,9
Baía Norte	Ponte Hercílio Luz	3,2
Ponte Hercílio Luz	Centro Histórico	1,5
Centro Histórico	Shopping Iguatemi	6,0
Distância Total do Trajeto		66,9

Fonte: Empresa *Floripa By Bus* (14 out 2011). Elaborado pelo Autor.

Tabela 2 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Florianópolis – Percurso Centro-Leste

Abaixo, na Tabela 3, podem-se observar, em ordem de visitação, os pontos turísticos visitados durante o percurso Centro-Sul realizado pelo ônibus da linha turismo de Florianópolis.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Shopping Iguatemi	Manguezal do Itacorubi	4,8
Manguezal do Itacorubi	Baía Norte	2,5
Baía Norte	Ponte Hercílio Luz	8,3
Ponte Hercílio Luz	Centro Histórico	2,4

Centro Histórico	Centro Administrativo	1,8
Centro Administrativo	Túnel Antonieta de Barros	3,8
Túnel Antonieta de Barros	Baía Sul	5,0
Baía Sul	Costeira do Pirajubaé	1,0
Costeira do Pirajubaé	Vista da Ilha do Campeche	21,9
Vista da Ilha do Campeche	Praia do Morro das Pedras	8,9
Praia do Morro das Pedras	Parque Municipal da Lagoa do Peri	29,0
Parque Municipal da Lagoa do Peri	Praia da Armação	6,7
Praia da Armação	Praia do Matadeiro	11,5
Praia do Matadeiro	Shopping Iguatemi	16,2
Distância Total do Trajeto		123,8

Fonte: Empresa *Floripa By Bus* (14 out 2011). Elaborado pelo Autor.

Tabela 3 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Florianópolis – Percurso Centro-Sul

Já a Tabela 4 demonstra o roteiro que é percorrido em Florianópolis pelo ônibus da linha turismo que realiza o percurso conhecido como Leste-Norte. Os pontos turísticos estão expostos em ordenação semelhante com a qual são visitados.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Shopping Iguatemi	Pontal Viagens	22,8
Pontal Viagens	Costão do Santinho Resort	13,9
Costão do Santinho Resort	Praia do Santinho	0,6
Praia do Santinho	Vista da Ilha das Aranhas	0,3
Vista da Ilha das Aranhas	Praia dos Ingleses	3,9
Praia dos Ingleses	Praia de Canasvieiras	3,7
Praia de Canasvieiras	Vista da Ilha do Francês	11,9
Vista da Ilha do Francês	Manguezal do Itacorubi	11,8
Manguezal do Itacorubi	Morro das Sete Voltas	23,6
Morro das Sete Voltas	Lagoa da Conceição	12,1
Lagoa da Conceição	Avenida das Rendeiras	7,7
Avenida das Rendeiras	Praia Mole	8,3
Praia Mole	Vista da Costa da Lagoa	26,1
Vista da Costa da Lagoa	Praia da Barra da Lagoa	11,2
Praia da Barra da Lagoa	Parque Florestal do Rio Vermelho	22,5
Parque Florestal do Rio Vermelho	Shopping Iguatemi	17,9
Distância Total do Trajeto		198,3

Fonte: Empresa *Floripa By Bus* (14 out 2011). Elaborado pelo Autor.

Tabela 4 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Florianópolis – Percurso Leste-Norte

A Tabela 5 é alusiva aos pontos turísticos de Porto Alegre, os quais integram o percurso denominado Centro Histórico. Este percurso é feito pelos ônibus da linha turismo, salientando-se que os pontos turísticos estão dispostos da maneira como são visitados.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Secretaria Municipal de Turismo	Complexo Arquitetônico da UFRGS	4,0
Complexo Arquitetônico da UFRGS	Parque Farroupilha	3,8
Parque Farroupilha	Planetário Prof. José Baptista Pereira	1,1
Planetário Prof. José Baptista Pereira	Parque Moinhos de Vento	4,1
Parque Moinhos de Vento	Hidráulica Moinhos de Vento	1,7
Hidráulica Moinhos de Vento	Shopping Total	1,9
Shopping Total	Santa Casa de Misericórdia	1,9
Santa Casa de Misericórdia	Praça Mal. Deodoro da Fonseca	1,8
Praça Mal. Deodoro da Fonseca	Paço Municipal e Mercado Público Central	1,3

Paço Municipal e Mercado Público Central	Casa de Cultura Mário Quintana	1,6
Casa de Cultura Mário Quintana	Centro Cultural Usina do Gasômetro	1,2
Centro Cultural Usina do Gasômetro	Anfiteatro Pôr-do-Sol	2,0
Anfiteatro Pôr-do-Sol	Estádio Gigante da Beira-Rio	2,9
Estádio Gigante da Beira-Rio	Igreja Menino Deus	2,3
Igreja Menino Deus	Estádio Olímpico e Rótula do Papa	1,8
Estádio Olímpico e Rótula do Papa	Centro de Cultura, Arte e Lazer	2,5
Centro de Cultura, Arte e Lazer	Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	1,2
Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	Secretaria Municipal de Turismo	0,6
Distância Total do Trajeto		37,7

Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre (13 out 2011). Elaborado pelo Autor.

Tabela 5 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Porto Alegre – Percurso Centro Histórico

Finalmente, a Tabela 6 apresenta os pontos turísticos do município de Porto Alegre que são contemplados durante o percurso chamado de Zona Sul, o qual é percorrido pelo ônibus da linha turismo, da forma como esta exposto na Tabela abaixo.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Secretaria Municipal de Turismo	Caminho dos Antiquários	1,6
Caminho dos Antiquários	Largo dos Açorianos	0,6
Largo dos Açorianos	Parque Harmonia	2,0
Parque Harmonia	Anfiteatro Pôr-do-Sol	1,7
Anfiteatro Pôr-do-Sol	Orla do Guaíba	3,3
Orla do Guaíba	Parque da Marinha do Brasil	5,8
Parque da Marinha do Brasil	Hipódromo do Cristal	4,3
Hipódromo do Cristal	Clubes de Vela do Bairro Assunção	2,5
Clubes de Vela do Bairro Assunção	Morro do Osso	7,0
Morro do Osso	Calçadão de Ipanema	1,9
Calçadão de Ipanema	Santuário Mãe de Deus	7,8
Santuário Mãe de Deus	Igreja da Glória	4,6
Igreja da Glória	Estádio Gigante da Beira-Rio	6,5
Estádio Gigante da Beira-Rio	Estádio Olímpico e Rótula do Papa	3,9
Estádio Olímpico e Rótula do Papa	Centro de Cultura, Arte e Lazer	2,5
Centro de Cultura, Arte e Lazer	Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	1,2
Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	Secretaria Municipal de Turismo	0,6
Distância Total do Trajeto		57,8

Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre (13 out 2011). Elaborado pelo Autor.

Tabela 6 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Porto Alegre – Percurso Zona Sul

4.2 Situação Otimizada

Os percursos otimizados, ou seja, aqueles obtidos através do método exato para a resolução do Problema do Caixeiro Viajante serão expostos nesta Seção. A Tabela 7 apresenta o percurso ótimo a ser realizado pelos ônibus da linha turismo de Curitiba. Conforme se observa, o trajeto total apresentou uma distância a ser percorrida de 30,33 km (trinta e três quilômetros, trezentos e trinta metros).

Origem	Destino	Distância (em Km)
Praça Tiradentes	Mercado Municipal	0,68
Mercado Municipal	Passeio Público	0,36
Passeio Público	Centro Cívico	0,85
Centro Cívico	Bosque do Papa	0,78
Bosque do Papa	Bosque do Alemão 1	0,45
Bosque do Alemão 1	São Lourenço	2,76

São Lourenço	Ópera de Arame	1,26
Ópera de Arame	Parque Tanguá	0,56
Parque Tanguá	Universidade do Meio Ambiente	1,91
Universidade do Meio Ambiente	Bosque do Alemão 2	1,00
Bosque do Alemão 2	Memorial Ucrâniano	2,06
Memorial Ucrâniano	Parque Tingui	0,00
Parque Tingui	Santa Felicidade	2,23
Santa Felicidade	Portal Italiano	0,27
Portal Italiano	Parque Barigui	2,89
Parque Barigui	Torre Panorâmica	1,63
Torre Panorâmica	Rua 24 horas	2,07
Rua 24 horas	Praça Rui Barbosa	1,06
Praça Rui Barbosa	Jardim Botânico	1,02
Jardim Botânico	Teatro Paiol	1,74
Teatro Paiol	Centro de Convenções	1,74
Centro de Convenções	Setor Histórico	1,90
Setor Histórico	Praça das Flores	0,90
Praça das Flores	Praça Tiradentes	0,21
Distância Total do Trajeto		30,33

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 7 – Trajeto da Linha Turismo de Curitiba – Percurso Ótimo

Para a cidade de Florianópolis temos três (3) específicos trajetos que são efetuados pelos ônibus da linha turismo. A Tabela 8 apresenta o percurso ótimo para o trajeto denominado Centro-Leste, este apresenta uma distância a ser percorrida de 57,5 km (cinquenta e sete quilômetros e quinhentos metros).

Origem	Destino	Distância (em Km)
Shopping Iguatemi	Lagoa da Conceição	16,0
Lagoa da Conceição	Praia da Joaquina	8,5
Praia da Joaquina	Avenida das Rendeiras	3,5
Avenida das Rendeiras	Praia Mole	8,3
Praia Mole	Centro Histórico	8,8
Centro Histórico	Ponte Hercílio Luz	1,5
Ponte Hercílio Luz	Baía Norte	3,2
Baía Norte	Manguezal do Itacorubi	2,9
Manguezal do Itacorubi	Shopping Iguatemi	4,8
Distância Total do Trajeto		57,5

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 8 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Florianópolis – Percurso Ótimo Centro-Leste

No trajeto chamado de Centro-Sul, na cidade de Florianópolis, a rota ótima apresentou uma distância total a ser percorrida de 78 km (setenta e oito quilômetros), conforme se observa na Tabela 9.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Shopping Iguatemi	Baía Norte	3,5
Baía Norte	Costeira do Pirajubaé	4,7
Costeira do Pirajubaé	Baía Sul	1,0
Baía Sul	Praia do Matadeiro	10,6
Praia do Matadeiro	Praia da Armação	11,5
Praia da Armação	Parque Municipal da Lagoa do Peri	6,7
Parque Municipal da Lagoa do Peri	Vista da Ilha do Campeche	11,2
Vista da Ilha do Campeche	Praia do Morro das Pedras	8,9

Praia do Morro das Pedras	Centro Administrativo	1,1
Centro Administrativo	Centro Histórico	1,8
Centro Histórico	Túnel Antonieta de Barros	1,9
Túnel Antonieta de Barros	Ponte Hercílio Luz	4,1
Ponte Hercílio Luz	Manguezal do Itacorubi	6,2
Manguezal do Itacorubi	Shopping Iguatemi	4,8
Distância Total do Trajeto		78,0

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 9 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Florianópolis – Percurso Ótimo Centro-Sul

Ainda na capital de Santa Catarina, existe um terceiro trajeto que os ônibus da linha turismo realizam, este é chamado de Leste-Norte, sendo que sua distância total, após a otimização da rota, foi de 159 km (cento e cinquenta e nove quilômetros), conforme se observa na Tabela 10.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Shopping Iguatemi	Pontal Viagens	22,8
Pontal Viagens	Costão do Santinho Resort	13,9
Costão do Santinho Resort	Praia do Santinho	0,6
Praia do Santinho	Parque Florestal do rio Vermelho	18,7
Parque Florestal do rio Vermelho	Lagoa da Conceição	1,8
Lagoa da Conceição	Avenida das Rendeiras	7,7
Avenida das Rendeiras	Morro das Sete Voltas	4,4
Morro das Sete Voltas	Praia Mole	3,9
Praia Mole	Manguezal do Itacorubi	3
Manguezal do Itacorubi	Vista da Ilha do Francês	11,8
Vista da Ilha do Francês	Praia de Canasvieiras	11,9
Praia de Canasvieiras	Praia da Barra da Lagoa	8,5
Praia da Barra da Lagoa	Vista da Costa da Lagoa	11,2
Vista da Costa da Lagoa	Praia dos Ingleses	2,1
Praia dos Ingleses	Vista da Ilha das aranhas	3,9
Vista da Ilha das aranhas	Shopping Iguatemi	32,8
Distância Total do Trajeto		159

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 10 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Florianópolis – Percurso Ótimo Leste-Norte

Em Porto Alegre, dois (2) são os trajetos disponibilizados aos turistas pelos ônibus da linha turismo. O primeiro deles, exposto na Tabela 11, é chamado de Centro Histórico, sua distância total otimizada é de 31,3 km (trinta e um quilômetros e trezentos metros).

Origem	Destino	Distância (em Km)
Secretaria Municipal de Turismo	Centro de Cultura, Arte e Lazer	1,5
Centro de Cultura, Arte e Lazer	Estádio Olímpico e Rótula do Papa	2,5
Estádio Olímpico e Rótula do Papa	Igreja Menino Deus	1,8
Igreja Menino Deus	Estádio Gigante da Beira-Rio	2,3
Estádio Gigante da Beira-Rio	Anfiteatro Pôr-do-Sol	2,9
Anfiteatro Pôr-do-Sol	Complexo Arquitetônico da UFRGS	2,0
Complexo Arquitetônico da UFRGS	Centro Cultural Usina do Gasômetro	0,0
Centro Cultural Usina do Gasômetro	Casa de Cultura Mário Quintana	1,2
Casa de Cultura Mário Quintana	Praça Mal. Deodoro da Fonseca	1,3
Praça Mal. Deodoro da Fonseca	Paço Municipal e Mercado Público Central	1,3
Paço Municipal e Mercado Público Central	Santa Casa de Misericórdia	1,8
Santa Casa de Misericórdia	Shopping Total	1,9

Shopping Total	Hidráulica Moinhos de Vento	1,9
Hidráulica Moinhos de Vento	Parque Moinhos de Vento	1,7
Parque Moinhos de Vento	Parque Farroupilha	3,5
Parque Farroupilha	Planetário Prof. José Baptista Pereira	1,1
Planetário Prof. José Baptista Pereira	Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	2,0
Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	Secretaria Municipal de Turismo	0,6
Distância Total do Trajeto		31,3

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 11 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Porto Alegre – Percurso Ótimo Centro Histórico

O segundo trajeto existente em Porto Alegre, chamado de Zona Sul, tem a sua rota ótima apresentando uma distância total de 45,7 km (quarenta e cinco quilômetros e setecentos metros), conforme exposto na Tabela 12.

Origem	Destino	Distância (em Km)
Secretaria Municipal de Turismo	Centro de Cultura, Arte e Lazer	1,5
Centro de Cultura, Arte e Lazer	Estádio Olímpico e Rótula do Papa	2,5
Estádio Olímpico e Rótula do Papa	Igreja da Glória	3,8
Igreja da Glória	Santuário Mãe de Deus	4,6
Santuário Mãe de Deus	Morro do Osso	7,1
Morro do Osso	Calçadão de Ipanema	1,9
Calçadão de Ipanema	Clubes de Vela do Bairro Assunção	7,2
Clubes de Vela do Bairro Assunção	Hipódromo do Cristal	2,5
Hipódromo do Cristal	Estádio Gigante da Beira-Rio	2,7
Estádio Gigante da Beira-Rio	Parque Marinha do Brasil	1,4
Parque Marinha do Brasil	Anfiteatro Pôr-do-Sol	1,5
Anfiteatro Pôr-do-Sol	Parque Harmonia	1,7
Parque Harmonia	Orla do Guaíba	2,4
Orla do Guaíba	Largo dos Açorianos	2,7
Largo dos Açorianos	Caminho dos Antiquários	0,6
Caminho dos Antiquários	Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	1,0
Museu de Porto Alegre Joaquim J. Felizardo	Secretaria Municipal de Turismo	0,6
Distância Total do Trajeto		45,7

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 12 – Trajeto Atual da Linha Turismo de Porto Alegre – Percurso Ótimo Zona Sul

Na Tabela 13, para as capitais do Sul do Brasil, e seus respectivos trajetos para os ônibus da linha turismo, são apresentadas as distâncias totais a serem percorridas nas atuais rotas e nas rotas já otimizadas. Além disso, é demonstrada a porcentagem de melhoria da distância total a ser percorrida em cada um dos trajetos, levando-se em conta as rotas atuais e otimizadas.

Cidade e Percurso	Rota Atual (em Km)	Rota Otimizada (em Km)	Melhoria (em %)
Curitiba - Percurso Único	32,1	30,33	5,51%
Florianópolis - Percurso Centro-Leste	66,9	57,5	14,05%
Florianópolis - Percurso Centro-Sul	123,8	78	37,00%
Florianópolis - Percurso Leste-Norte	198,3	159	19,82%
Porto Alegre - Percurso Centro Histórico	37,7	31,3	16,98%
Porto Alegre - Percurso Zona Sul	57,8	45,7	20,93%

Fonte: O Autor. Elaborado pelo Autor.

Tabela 13 – Comparativo da Situação das Rotas Atuais e Otimizadas

Nota-se, observando o contido na Tabela 13, que todas as rotas abordadas neste estudo podem ser melhoradas. Em Curitiba, foi constatada uma possibilidade de melhoria na ordem de

5,51% da rota atual em relação à rota ótima.

Isto significa que, hipoteticamente, se a Prefeitura Municipal de Curitiba gasta atualmente R\$ 100.000,00 (cem mil reais) anuais com combustível para os ônibus da linha turismo, se implantada a rota otimizada, tal custo passaria a ser de R\$ 94.485,98 (noventa e quatro mil, quatrocentos e oitenta e cinco reais e noventa e oito centavos), gerando desta forma uma economia de R\$ 5.514,01 (cinco mil, quinhentos e catorze reais e um centavo).

No município de Florianópolis constata-se a possibilidade de uma melhoria média de 23,62% nos três (3) percursos que são oferecidos pelos ônibus da linha turismo, administrados pela empresa *Floripa By Bus*. Especificamente, no percurso Centro-Sul, a rota ótima apresentou uma melhoria de 37% em relação a atual rota, o que significa uma redução de 45,8 km (quarenta e cinco quilômetros e oitocentos metros) na distância a ser percorrida para se visitar os pontos turísticos que compõem tal trajeto.

Baseando-se na suposição de que são gastos anualmente R\$ 100.000,00 (cem mil reais) em combustível para cada um dos três (3) percursos do ônibus da linha de turismo de Florianópolis, as rotas otimizadas, se colocadas em vigor, gerariam uma economia de R\$ 70.864,43 (setenta mil, oitocentos e sessenta e quatro reais e quarenta e três centavos).

Já em Porto Alegre verifica-se que as rotas podem ser melhoradas, em média, 18,93%, pois ficou evidenciado que o percurso Centro Histórico pode ser melhorado em 16,98% e o percurso Zona Sul em 20,93%.

Caso o custo anual com combustível para os dois trajetos que os ônibus da linha turismo realizam em Porto Alegre seja de R\$ 100.000,00 (cem mil reais), totalizando desta forma R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais), as rotas otimizadas representariam que tal custo passaria a ser de R\$ 162.089,61 (cento e sessenta e dois mil, oitenta e nove reais e sessenta e um centavos), ou seja, ocasionaria uma redução de R\$ 37.910,39 (trinta e sete mil, novecentos e dez reais e trinta e nove reais) no valor gasto com combustível.

5. Considerações Finais

A situação apresentada neste artigo tinha como objetivo a determinação do circuito mais curto que é possível efetuar entre os pontos turísticos que compõem os trajetos percorridos pelos ônibus da linha turismo de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre. Para sua solução utilizou-se a formulação matemática para resolução do Problema do Caixeiro Viajante, de modo que um único ponto turístico fosse visitado a cada vez e por uma única vez durante todo o percurso ótimo.

Após a determinação das rotas ótimas, observar-se que em todas as capitais dos Estados da região Sul houve diferença entre as atuais rotas que os ônibus da linha turismo realizam e aquelas que foram encontradas como sendo as rotas ótimas. Ao se analisar o contido na Tabela 13, constata-se que em todos os trajetos existem melhorias que poderiam ser implementadas nas atuais rotas.

Caso tais melhorias na roteirização sejam, de fato, colocadas em prática, as prefeituras municipais de Curitiba e de Porto Alegre, bem como a Empresa *Floripa By Bus*, que são as responsáveis pelos ônibus da linha turismo poderão obter uma redução de despesas no tocante a quantidade de combustível gasta para a disponibilização do serviço, pois irão reduzir a quilometragem que tais ônibus irão percorrer. Reduzindo-se a quilometragem percorrida pelos veículos automotores, conseqüentemente, se reduz o desgaste dos mesmos e o custo com as necessárias manutenções mecânicas.

Corroborando com o citado no parágrafo anterior, os administradores dos ônibus da linha turismo poderão, eventualmente, reduzir as tarifas que são cobradas das pessoas que desejam

utilizar tal serviço, pois, conforme apontado neste estudo, reduzindo-se a distância a ser percorrida nos trajetos, reduz-se os gastos com tal serviço.

Referências

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

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

COUTINHO, E. F. *Algoritmos de Escalas e Roteamento de Veículos para Aplicação em Serviços Sistemáticos de Regiões Urbanas*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Computação da Universidade Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Fortaleza: 2003.

FLORIPA BY BUS. *Roteiros*. Disponível em: <<http://www.floripabybus.com.br/roteiros.html>>. Acessado em: 14 de outubro de 2011.

GOLDBARG, C. M.; LUNA; H. P. C. *Otimização Combinatória e Programação Linear*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. *Linha Turismo Centro Histórico*. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/turismo/default.php?p_secao=285>. Acessado em: 13 de outubro de 2011.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. *Linha Turismo Zona Sul*. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/turismo/default.php?p_secao=286>. Acessado em: 13 de outubro de 2011.

PREFEITURA DE CURITIBA. *Linha Turismo*. Disponível em: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/linha_turismo/>. Acessado em: 14 de outubro de 2011.

PUCCINI, A. de L.; PIZZOLATO, N. D. *Programação Linear*. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1990.

STEINER, M. T. A. *Otimização em Redes*. 30 mai – 02 set 2011. 88 f. Notas de Aula. Apresentação no Microsoft Powerpoint®.