

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Guilherme Rocha Bittencourt

**SISTEMAS AVANÇADOS DE TRANSPORTE PÚBLICO:
ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA
CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
dezembro 2012

GUILHERME ROCHA BITTENCOURT

**SISTEMAS AVANÇADOS DE TRANSPORTE PÚBLICO:
ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA
CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luiz Afonso dos Santos Senna

Porto Alegre
dezembro 2012

GUILHERME ROCHA BITTENCOURT

**SISTEMAS AVANÇADOS DE TRANSPORTE PÚBLICO:
ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA
CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 14 de dezembro de 2012

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna
PhD. pela University of Leeds
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Luiz Afonso dos Santos Senna (UFRGS)
PhD pela Leeds University, UK

Fernando Dutra Michel (UFRGS)
MSc pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Maria Cristina Molina Ladeira (EPTC)
Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a minha esposa Agnes, a enfermeira
mais engenheira, meus pais Luiz Alberto e Silvana, que
sempre me apoiaram mais do que tudo durante esta longa
caminhada de graduação e estiveram ao meu lado
incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, orientador deste trabalho, pela dedicação e estímulo além do necessário.

Agradeço ao Prof. Fernando Dutra Michel pela pontual interferência, importante para o desfecho deste trabalho.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, incansável professora e conselheira, por e-mail e pessoalmente.

Agradeço aos colegas do Consórcio STS pela compreensão e apoio na realização deste trabalho.

Agradeço aos profissionais a EPTC pelas informações e tempo dispensados.

Agradeço especialmente à minha irmã Bárbara, minha bibliotecária pessoal, pelas aulas de ABNT *online* e incondicional apoio na construção deste trabalho.

Agradeço ainda aos meus familiares, amigos e colegas de CAEF pela compreensão nos momentos de ausência ao longo deste processo.

Nós vivemos em uma sociedade estranhamente dependente da ciência e tecnologia, na qual dificilmente alguém sabe alguma coisa sobre ciência e tecnologia.

Carl Sagan

RESUMO

Este trabalho discorre sobre os sistemas inteligentes de transporte, focado nos sistemas avançados de transporte público, como alternativa para o incremento de demanda no transporte público coletivo por ônibus. Por intermédio dessas tecnologias aplicadas ao sistema de ônibus urbano, o controle, a operação e o planejamento de linhas e itinerários tornam-se mais eficazes, de forma a agregar qualidade a esse serviço para as cidades. Aplicado a Porto Alegre, o uso desses sistemas avançados pode estimular a utilização do modal ônibus na Cidade fazendo que a saturação da malha viária torne-se um pouco mais branda, atraindo usuários ao transporte por ônibus e mantendo os passageiros, aumentando o índice de satisfação com o serviço. Sob a ótica dos intervenientes operadores e usuários é possível explorar e descrever as tecnologias de APTS utilizados pela Prefeitura Municipal através da EPTC e pelo consórcio de ônibus responsável pela bacia sul do Município, o STS. Diante disso, este trabalho descreve e analisa os sistemas inteligentes de transportes do Município através das tecnologias de Antena Fixa e GPS que são utilizados, explorando os serviços existentes em operação e o planejamento futuro embarcado por estas soluções. A partir da descrição dos sistemas, realiza-se uma análise crítica das principais atribuições de cada uma das duas ferramentas. Paralelamente, é possível também salientar as carências e pontos de otimização das mesmas. Ao final do trabalho, por intermédio das considerações finais, são expostas considerações e resultados do processo de descrição e análise dos ITS utilizados no transporte coletivo de Porto Alegre quanto à expectativa dos usuários através dos passageiros e dos operadores e gestores através do Consórcio STS e da Prefeitura. E, ainda, são levantados pontos pertinentes à operação e à utilização dos equipamentos de ITS sobre a infraestrutura de transporte e de comunicação disponíveis na Cidade, e sua interferência na utilização das tecnologias.

Palavras-chave: ITS. APTS. EPTC. STS. Antena Fixa. GPS. GPRS. Radiofrequência. Monitorador Analítico. Monitorador Sintético. Telemetria. Mapa Sinótico. Laço Magnético. Sistema de Ajuda à Operação. Sistema de Informação ao Usuário.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa	19
Figura 2 – Comparação de ocupação ônibus <i>versus</i> automóvel	27
Figura 3 – Percepção do usuário sobre a demanda no serviço de ônibus	30
Figura 4 – Bilhetagem eletrônica por <i>smart card</i> em ônibus	33
Figura 5 – Central de Controle, em Seul	35
Figura 6 – Antena do SOMArt, coleta de dados, em Porto Alegre	35
Figura 7 – Informação dinâmica em tempo real ao usuário na estação, em Berlin	37
Figura 8 – Informação dinâmica em tempo real ao usuário no veículo, em Orlando	37
Figura 9 – Tabela horária de linhas de ônibus, em Porto Alegre	37
Figura 10 – Parada com informação estática, em Bogotá	37
Figura 11 – Esquema de comunicação Antena Fixa	45
Figura 12 – Mapa Sinótico do SOMArt	50
Figura 13 – Monitoramento da velocidade média por trecho	51
Figura 14 – Esquema de comunicação GPRS	56
Figura 15 – Computador de bordo	57
Figura 16 – Monitorador Analítico	61
Figura 17 – Monitorador Sintético	62
Figura 18 – Indicadores dos veículos	63
Figura 19 – Índice de Cumprimento de Viagens pelo SOMA	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferentes tecnologias de AVL	29
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frota do Consórcio STS	54
---	----

LISTA DE SIGLAS

ATIS – *Advanced Traveler Information Systems*

ATMS – *Advanced Transportation Management Systems*

ATPS – *Advanced Transportation Public Systems*

AVCS – *Advanced Vehicle Control Systems*

AVI – *Automatic Vehicle Identification*

AVL – *Automatic Vehicle Location*

BAD – Boletim de Acompanhamento Diário

BRT – *Bus Rapid Traffic*

CCO – Centro de Controle e Operação

CVO – *Commercial Vehicle Operations*

EF – Estação Fixa

EM – *Emergency Management*

EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação

ETC – *Electronic Toll Collection*

GECOMM – Gerência de Controle e Monitoramento da Mobilidade

GPRS – *General Packet Radio Service*

GPS – *Ground Positioning System*

ITS – *Intelligent Transportation Systems*

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

RITA – *Research Innovative Technology Administration*

SAAT – Sistema de Arrecadação Automática Tarifária

SAO – Sistema de Apoio a Operação

SOMA – Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente

SOMArt – Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente em Tempo Real

SIU – Sistema de Informação ao Usuário

STS – Sistema Transportador Sul

TCRP – *Transit Cooperative Research Program*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	17
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	17
2.2.1 Objetivo principal	17
2.2.2 Objetivo secundário	17
2.3 PREMISSE	17
2.4 DELIMITAÇÃO	18
2.5 LIMITAÇÕES	18
2.6 DELINEAMENTO	18
3 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE	21
3.1 DEFINIÇÃO	21
3.2 ATRIBUIÇÕES DOS ITS	22
3.3 SUBSISTEMAS DE ITS	24
3.3.1 Sistemas Avançados de Informação ao Viajante – ATIS	24
3.3.2 Sistemas Avançados de Controle de Tráfego – ATMS	24
3.3.3 Sistemas Avançados de Controle Veicular – AVCS	25
3.3.4 Operação de Veículos Comerciais – CVO	25
3.3.5 Sistemas de Controle de Serviços de Emergência – EM	25
3.3.6 Pagamento Eletrônico de Pedágios – ETC	26
3.3.7 Sistemas Avançados de Transporte Público – APTS	26
4 SISTEMAS AVANÇADOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	27
4.1 DEFINIÇÃO	28
4.2 ATRIBUIÇÕES DOS APTS	30
4.3 CATEGORIAS DE APTS	32
4.3.1 Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária – SAAT	32
4.3.2 Sistemas de Ajuda à Operação – SAO	33
4.3.3 Sistemas de Informação ao Usuário – SIU	35
5 PORTO ALEGRE	40
5.1 HISTÓRICO DO TRANSPORTE PÚBLICO MUNICIPAL	40
5.2 CONSÓRCIOS DE EMPRESAS TRANSPORTADORAS	42
5.2.1 Companhia Carris Porto Alegrense.....	42
5.2.2 Consórcio Operacional Zona Norte – CONORTE	42

5.2.3. Sistema Transportador Sul – STS	43
5.2.4 União da Bacia Urbana Sudeste Leste – UNIBUS	43
6 A EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO	44
6.1 SISTEMA DE ÔNIBUS MONITORADO AUTOMATICAMENTE	44
6.1.1 Tecnologia utilizada	45
6.1.2 Limitações encontradas	47
6.2 SISTEMA DE ÔNIBUS MONITORADO AUTOMATICAMENTE EM TEMPO REAL	47
6.2.1 Nova tecnologia	48
6.2.2 Substituição da tecnologia	52
6.3 ANÁLISE CRÍTICA	52
7 O SISTEMA TRANSPORTADOR SUL	54
7.1 ESCOLHA DA TECNOLOGIA	55
7.2 IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA	57
7.1.1 Projeto piloto	58
7.2.2 Implantação na frota total	59
7.3 UTILIZAÇÃO DO ITS	60
7.3.1 Sensores telemétricos utilizados pelo STS	63
7.3.1.1 Rotação do motor e ignição	63
7.3.1.2 Velocidade média	64
7.3.1.3 Embreagem pressionada	64
7.3.1.4 Nível do tanque de combustível	64
7.3.2 Sensores telemétricos não utilizados pelo STS	64
7.3.3 Relatórios disponíveis	65
7.4 ANÁLISE CRÍTICA	66
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

O atual momento da economia brasileira tem favorecido o crescimento dos centros urbanos. Com isso, seus habitantes necessitam deslocar-se cada vez mais e para pontos mais distantes entre si pela sua rede viária. Com a expansão das cidades e com esta necessidade de locomoção, as vias municipais são fortemente influenciadas. O aumento da frota de automóveis causa congestionamentos e lentidão no trânsito, os quais são exemplos que podem ser apresentados para exposição desta ampliação.

No caso de Porto Alegre, seguindo a tendência nacional, de acordo com estatística do Detran/RS (RIO GRANDE DO SUL, [2010?], p. 20) a situação é a mesma, uma vez que, anualmente, o aumento da frota de veículos é da ordem de trinta mil novos carros circulando nas vias do Município. Em 2009, o número de veículos em circulação já ultrapassava a marca de 659 mil, número esse que representa um índice de motorização elevado, contribuindo de maneira efetiva para o aumento do congestionamento e da saturação viária da Cidade.

O transporte público coletivo sofre influência direta deste aumento da circulação de automóveis e, por consequência, os seus usuários também o sentem. Dessa forma, a demanda desse meio de transporte pode variar positiva ou negativamente. Segundo Ladeira et al. (2009, p. [2]), a “[...] falta de regularidade/confiabilidade do serviço pode ser considerada como uns dos principais fatores de estagnação da demanda ou ainda perda de demanda para outros modos de transporte.”. Melhorias neste controle e na confiabilidade do serviço de ônibus podem ser encontradas por meio de soluções obtidas por intermédio de tecnologias avançadas de comunicação e de microeletrônica, oriundas das evoluções tecnológicas das últimas décadas.

Esses avanços têm sua origem na década de 1970 e aumentaram significativamente na década de 1980, quando houve grande progresso na área da microeletrônica, com o desenvolvimento dos computadores e da informática. Depois disso, a partir da década de 1990, ocorre avanço exponencial na área de comunicações favorecido principalmente pelo uso mais substancial de sistemas eletrônicos e a evolução de arquitetura computacional, ocasionando a popularização do uso de microcomputadores.

Amparados por estas novas tecnologias, surgem os *Intelligent Transportation Systems* – ITS – conhecidos no Brasil como Sistemas Inteligentes de Transportes, com os quais se torna possível a realização do planejamento, do controle e da operação dos sistemas de transportes. Santi e Goldner (2009, p. 82) afirmam que:

Os ITS são compostos de vários subsistemas, dentre os quais se podem citar:

- a) sistemas avançados de informação ao condutor – ATIS;
- b) sistemas avançados de controle de tráfego – ATMS;
- c) sistemas avançados de controle veicular – AVCS;
- d) operação de veículos comerciais – CVO;
- f) sistemas avançados de transportes públicos – APTS;
- g) sistemas de controle de serviços de emergência – EM;
- h) pagamento eletrônico de pedágios – [ETC].

No sistema de transporte público, a utilização dos APTS é bastante importante uma vez que, por meio do uso desses sistemas torna-se possível, por exemplo, monitorar o deslocamento da frota de ônibus ao longo da malha viária regional. E, ainda, de acordo com Ladeira et al. (2009, p. [3]):

[...] ações de acompanhamento e monitoramento em tempo real das linhas de ônibus são elementos imprescindíveis para a qualificação do sistema de transporte coletivo por ônibus. Assim o uso de tecnologia avançada em transporte público visa a melhoria do sistema como um todo.

No município de Porto Alegre, a utilização de Sistemas Inteligentes de Transportes, através de Sistemas Avançados de Transporte Público deu-se a partir de 1997. Com isso, tornou-se possível realizar o monitoramento da frota de ônibus da Cidade. Esse sistema, desde então, já foi atualizado para utilização de novas tecnologias da informação, possibilitando assim o controle em tempo real dos veículos (LADEIRA et al., 2009, p. [7]). Este trabalho se propõe a verificar a evolução do uso de APTS, em Porto Alegre, e o impacto pertinente à implementação destas novas tecnologias empregadas para otimizar o monitoramento da malha viária aos diferentes intervenientes do sistema.

Além deste capítulo de introdução, o trabalho apresenta ainda o capítulo 2, com abordagem sobre as diretrizes e metodologias da pesquisa, e explicações das etapas realizadas ao longo

do desenvolvimento do trabalho. O capítulo 3 versa sobre os diferentes ITS e suas classificações, com conceitos, definições e atribuições. O capítulo 4 apresenta os APTS como uma categoria específica de ITS, e direcionado ao transporte público de passageiros. Além disso, o trabalho possui ainda outros quatro capítulos. Sobre a apresentação do sistema de transporte de Porto Alegre, no capítulo 5. No decorrer do capítulo 6, é descrita a tecnologia de ITS utilizada em Porto Alegre pelo órgão gestor. Já o capítulo 7 discorre sobre o APTS utilizado por um dos operadores do transporte coletivo da Cidade, dentro de sua bacia de atuação. Por fim, no último capítulo, 8, são apresentadas as considerações finais a respeito do assunto proposto no trabalho elencando suas atribuições e carências de acordo com o constatado nos capítulos anteriores.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentadas as diretrizes de pesquisa para o desenvolvimento do trabalho. Descritas nos itens subsequentes.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: conhecidas as tecnologias disponíveis em Porto Alegre, para determinada área de atuação, como são empregados os Sistemas Inteligentes de Transporte na forma de Sistemas Avançados de Transporte Público no transporte coletivo?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a verificação e a descrição de suas principais atribuições e carências, para as tecnologias em operação no transporte coletivo do Município.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é a identificação e análise das tecnologias utilizadas na Cidade.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que há dificuldade de locomoção nos grandes centros urbanos em virtude do aumento da frota de automóveis e a saturação da malha viária, incluindo nesse caso, Porto Alegre, que prejudica a mobilidade urbana e a rede de transporte coletivo.

2.4 DELIMITAÇÃO

O trabalho delimitou-se ao estudo do transporte público coletivo por ônibus em Porto Alegre.

2.5 LIMITAÇÕES

Foram limitações do trabalho a análise:

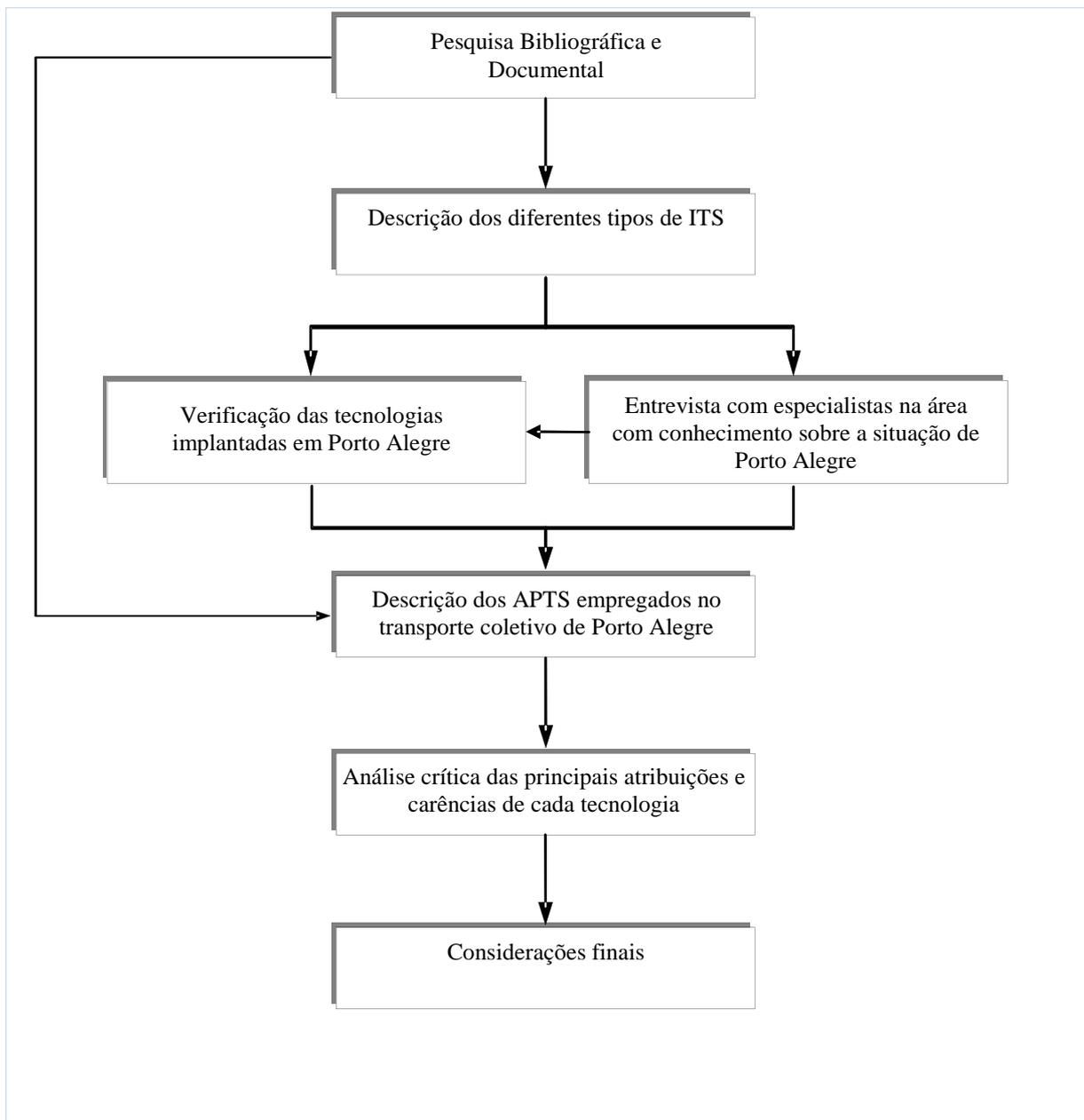
- a) dos Sistemas Avançados de Transportes Públicos como forma de Sistemas Inteligentes de Transporte;
- b) restrita apenas aos operadores e usuários do meio de transporte coletivo, na bacia de operação em que a tecnologia existe;
- c) da utilização de Sistemas Inteligentes de Transporte no município de Porto Alegre instalados a partir de 1997.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) descrição dos diferentes tipos de ITS;
- c) verificação das tecnologias implantadas em Porto Alegre;
- d) entrevista com especialistas na área com conhecimento sobre a situação de Porto Alegre;
- e) descrição dos APTS empregados no transporte público urbano de Porto Alegre;
- f) análise crítica das tecnologias utilizadas enumerando suas atribuições e carências;
- g) considerações finais.

Figura 1– Diagrama de etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A etapa de pesquisa bibliográfica caracterizou-se pela realização de revisão bibliográfica sobre os assuntos que envolvem os Sistemas Inteligentes de Transporte e sua abrangência no cenário nacional e internacional. Também se focou a situação do município de Porto Alegre. Foram pesquisados os diferentes subsistemas de ITS bem como as categorias de APTS. A pesquisa teve por objetivo identificar a importância no uso de ITS para o transporte público urbano através de Sistemas Avançados de Transporte Público. Sendo assim, essa etapa serviu como base para as subsequentes.

Com as informações obtidas ao longo da pesquisa, foram descritos os diferentes Sistemas Inteligentes de Transporte e seus principais subsistemas, como sistemas avançados de transporte público, de controle de tráfego, de controle veicular, de informação ao condutor e de serviços de emergência. Além disso, abordaram-se ainda os sistemas de operação de veículos comerciais e de pagamento eletrônico de pedágios. Também foram classificados os Sistemas Avançados de Transporte Público, como foco principal do trabalho, buscando atingir os operadores e os usuários do transporte público coletivo, para isso foram exploradas as principais categorias de APTS a fim de identificar os principais subsistemas de interesse dos intervenientes abordados no trabalho.

Na etapa de verificação das tecnologias utilizadas no transporte coletivo de Porto Alegre, estudaram-se as tecnologias que já foram utilizadas e aquelas em uso atualmente, salientando-se seus aspectos positivos e negativos. Adicionalmente, foram pesquisadas as perspectivas futuras para implementação de novas tecnologias no transporte público da Cidade e as justificativas para tal. Essa etapa correspondeu, além de pesquisa bibliográfica e documental, a entrevistas individuais com responsáveis técnicos e especialistas no transporte público no Município. Nessas entrevistas – realizadas à luz de roteiros de entrevistas previamente estabelecidos, coletando informações sobre cada tecnologia de acordo com sua aplicação, a medida em que não foram encontradas bibliografias específicas sobre as mesmas – foram identificados os diferentes sistemas e soluções em ITS utilizados em Porto Alegre.

De posse do resultado das pesquisas bibliográfica e documental, juntamente das entrevistas individuais, foram descritas as diferentes tecnologias em ITS utilizados na Cidade, de acordo com seus operadores e com suas destinações específicas. Após essa descrição dos APTS realizou-se análise crítica sobre a evolução no uso de Sistemas Inteligentes de Transporte na forma de Sistemas Avançados de Transporte Público na cidade de Porto Alegre até o cenário atual a este trabalho, salientando seus operadores e as bacias em que estão inseridos e explicitando seu público alvo, apresentando assim suas principais atribuições e enumerando pontos de maior carência passíveis de serem otimizados.

Por fim, foram realizadas considerações finais sobre o trabalho, as quais tiveram como base o material utilizado na pesquisa bibliográfica e documental, a opinião dos especialistas entrevistados, o resultado da análise crítica e o panorama atual de Porto Alegre.

3 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

A densificação das redes viárias, através do tempo, tem se mostrado um problema recorrente em diferentes partes do mundo. Com base nisso (SILVA, D. M. da, 2000, p. 6):

O desenvolvimento e a implementação de programas que se utilizam de tecnologias avançadas para melhorar a operação dos sistemas de transportes, já vêm ocorrendo há vários anos. Países como EUA, Japão, Austrália e a Comunidade Europeia criaram seus programas atendendo às exigências e às necessidades particulares de cada local de implantação. Enquanto alguns visam o alívio dos congestionamentos e a redução dos níveis de poluição, outros estão interessados em otimizar os sistemas de operação dos transportes, aplicando tecnologias avançadas em gerenciamento e controle [...]; ainda, outros estão preocupados em qualificar o transporte para o usuário.

Dessa maneira, este capítulo aborda assuntos referentes ao desenvolvimento destas tecnologias através da **definição** de sistemas inteligentes de transportes. Trata, ainda, das **atribuições** desses sistemas bem como da caracterização dos seus **subsistemas**. São, também, detalhados pontos referentes a sua aplicabilidade no gerenciamento do transporte.

3.1 DEFINIÇÃO

Motivado pelo aumento constante na malha viária e na frota de veículos presente na mesma, novas alternativas para o controle do tráfego precisam ser encontradas. Em atendimento a essas necessidades e para otimização do serviço de transporte, os responsáveis pelos diferentes setores ligados a transportes nos diversos países do mundo, no nível nacional, regional ou, ainda, municipal, passam a buscar alternativas para os problemas relacionados a esses aumentos.

Utilizando-se de tecnologia na área da comunicação e de equipamentos eletrônicos direcionados ao setor de transporte surgem os *Intelligent Transportation Systems* – ITS – (Sistemas Inteligentes de Transporte). Os ITS são definidos, portanto, como sistemas de transporte que se utilizam das novas e avançadas tecnologias.

O emprego dos ITS data, com maior abrangência, a partir da década de 1990. Todavia, países como a Austrália já utilizam o termo ITS para remeter a soluções no trânsito com base em tecnologia desde a década de 1970 (AUSTRALIA, 2010, p. 5). No mesmo período, o Japão,

considerado o país mais avançado em ITS, já começava a empregar tecnologias avançadas para a solução de problemas ligados a transporte. No caso dos Estados Unidos, o mesmo ocorreu ainda na década de 1960, sendo assim considerado o pioneiro quanto à tecnologia de sistemas inteligentes, lançando mão de equipamentos eletrônicos para o controle de tráfego tanto urbano quanto rodoviário (SILVA, D. M. da, 2000, p. 6-8).

3.2 ATRIBUIÇÕES DOS ITS

A partir das décadas iniciais de utilização, os sistemas inteligentes de transportes passaram a ser atribuídos para o gerenciamento, controle e operação do transporte, utilizando-se de (KANNINEN¹, 1996 apud SILVA, D. M. da, 2000, p. 4; RIBEIRO; MOTA², 1996 apud SILVA, D. M. da, 2000, p. 4):

- a) tecnologia de processamento da informação e da comunicação;
- b) sensoriamento;
- c) navegação;
- d) tecnologias de controle aplicadas,
 - à melhoria do gerenciamento e da operação dos sistemas de transporte;
 - à melhoria da eficiência no uso das vias;
 - à melhoria da segurança viária;
 - ao aumento da mobilidade;
 - à redução dos custos sociais, através da redução de tempos de espera e tempos perdidos;
 - à redução dos impactos ambientais.

Ao longo do tempo, as necessidades no gerenciamento das diferentes redes viárias podem variar ou ainda mudar de foco. Entretanto, os sistemas inteligentes seguem sempre relativamente a mesma tendência de aplicação, apenas com pequenas variações referentes, principalmente, ao avanço da tecnologia existente e à atribuição dada a esta tecnologia. De uma maneira mais específica, os ITS aplicam a tecnologia para integrar aspectos referentes às diferentes demandas de um sistema. Dessa forma é possível (AUSTRALIA, 2010, p. 6):

¹ KANNINEN, B. J. Intelligent Transportation Systems: an economic and environmental policy assessment. **Transportation Research**, London, v. 20A, n. 1, p. 1-10, 1996.

² RIBEIRO, J. L. S.; MOTA, E. V. **O Desdobramento da Qualidade**: modelos para serviços e para a manufatura. Porto Alegre: PPGEP, EE/UFRGS, 1996. Caderno Técnico n. 5.

- a) aumentar a eficiência do sistema;
- b) gerenciar o tráfego;
- c) informar os usuários e os operadores sobre a situação do tráfego;
- d) automatizar o sistema de arrecadação em rodovias (pedágios);
- e) gerenciar situações de emergência;
- f) gerenciar a operação de veículos comerciais e mercadorias;
- g) monitorar e informar os condutores sobre obstáculos nas vias a fim de aumentar a segurança nas mesmas.

Uma vez que são utilizados ITS no gerenciamento do transporte, a rede de vias, atendidas pelo sistema inteligente, apresenta aumento da eficiência com conseqüente redução de acidentes. A diminuição dos custos associados ao sistema de transporte, bem como do número e da gravidade dos acidentes envolvendo veículos, causa redução de custos também para os usuários do sistema, como por exemplo o caso das indústrias cujo abastecimento de insumos se dá através do modal, e dos operadores, que trabalham no controle do sistema (AUSTRALIA, 2010, p. 16). Ainda de acordo com o mesmo autor, outros benefícios de um sistema mais eficiente incluem:

- a) redução nos congestionamentos e conseqüente redução de custos associados aos mesmos, podendo ser citados menor tempo de viagem e diminuição no combustível utilizado;
- b) melhoria na competitividade do sistema de carga e logística, com maior eficiência dos veículos que utilizam o sistema rodoviário, uma vez que o menor consumo de combustível por quilômetro agrega valor ao que é transportado;
- c) no âmbito do serviço ferroviário, elevação do investimento no sistema, o que minimiza o custo do transporte e resulta num decréscimo da constante necessidade de crescimento da infraestrutura rodoviária;
- d) redução de custos associados ao uso de veículo particular, sendo possível realizar de maneira mais efetiva o planejamento e execução de viagens.

De maneira abrangente, considerando todo o sistema viário, os ITS agregam melhorias substanciais, tornando-o mais eficiente. Aliado ao fato de os custos de implementação e de manutenção dos sistemas inteligentes estarem diminuindo, motivados principalmente pelo avanço tecnológico na comunicação, o uso de ITS pode tornar-se realidade mesmo em países em desenvolvimento, de acordo com o Manual do *Bus Rapid Transit* – BRT, publicado pela Secretaria Nacional do Transporte e da Mobilidade Urbana do Ministério das Cidades (BRASIL, 2008, p. 491).

Entretanto, citando ainda o Manual do BRT (BRASIL, 2008, p. 491):

Os ITS não são soluções simples de serem instaladas. Necessitam um serviço de logística e manutenção substancial para que seja eficiente. De acordo com o aumento da malha viária e do número de veículos monitorados pela central de controle, é necessário fazer ajustes e atualizações nos *softwares* utilizados no monitoramento.

Através dessa observação, é importante o estudo, de forma mais aprofundada, dos diferentes subsistemas de sistemas inteligentes de transportes, a fim de se ter certeza de que a tecnologia a ser aplicada condiz com a necessidade de cada realidade.

3.3 SUBSISTEMAS DE ITS

Diversos autores categorizam os ITS de maneira diferente. Entretanto, é possível identificar certa semelhança na nomenclatura dos seus subsistemas. Baseando-se nessa semelhança, a seguir são abordados os **principais tipos de ITS** em utilização.

3.3.1 Sistemas Avançados de Informação ao Viajante – ATIS

Os *Advanced Travelers Information Systems* (ATIS), também chamados de Sistemas Avançados de Informação ao Condutor (SANTI; GOLDNER, 2009, p. 82) são tecnologias desenvolvidas para gerar informação aos motoristas. Segundo Silva³ (D. M. da, 2000, p. 5), ATIS “[...] empregam tecnologias avançadas para melhor informar o viajante sobre a via, sobre as condições ambientais e o trânsito. Incorporam o uso de sistemas de navegação e informação para garantir segurança ao motorista e minimizar os congestionamentos.”.

3.3.2 Sistemas Avançados de Controle de Tráfego – ATMS

Os *Advanced Transportation Management Systems* (ATMS) têm por objetivo a gestão do tráfego de maneira global. Esses sistemas utilizam tecnologias de ITS em projetos para redução de congestionamento, no tráfego urbano e em rodovias, agregando assim segurança às vias. ATMS são aplicados principalmente na sinalização viária, na segurança e na gestão de rotas e de itinerários (AUSTRALIA, 2010, p. 6).

³ Autora indica em seu trabalho JENSEN (1996) – ITS in Australia – mas não detalha a referência.

3.3.3 Sistemas Avançados de Controle Veicular – AVCS

Com relação aos *Advanced Vehicle Control Systems* (AVCS), de acordo com Silva⁴ (D. M. da, 2000, p. 5) e ainda com Australia (2010, p. 7), a tecnologia é aplicada para o veículo, utilizando-se assim o termo: **veículos inteligentes**. Nos AVCS, a tecnologia é utilizada para que o automóvel auxilie o condutor, podendo atuar com auxílio tanto de mecanismos de alerta sobre alterações no tráfego (como desvios e acidentes) quanto de tomada de medidas cabíveis necessárias para manutenção e melhora da dirigibilidade e da segurança dos tripulantes (como alteração da velocidade ou alerta de oscilação na direção).

3.3.4 Operação de Veículos Comerciais – CVO

Commercial Vehicle Operations (CVO) são tecnologias utilizadas na gestão e operação de veículos de carga e logística. A tecnologia ITS é aplicada para otimizar a gestão dos serviços da indústria de cargas através da escolha de melhores rotas, com base na interferência e no atraso relativo a cada itinerário disponível, considerando também, o tempo despendido em cada trecho. Tem por objetivo a manutenção do maior nível de segurança viária e a relação de custo benefício da viagem (AUSTRALIA, 2010, p. 6).

3.3.5 Sistemas de Controle de Serviços de Emergência – EM

Emergency Management (EM) são sistemas cujas aplicações estão voltadas para a gestão dos serviços de emergência. Tais serviços incluem (UNITED STATES OF AMERICA, 2009):

- a) o transporte e a manipulação de materiais perigosos;
- b) a operação de serviços de emergências médicas em diferentes escalas;
- c) operações de evacuação em casos de sinistros ou eventos de grandes magnitudes.

⁴Autora indica em seu trabalho JENSEN (1996) – ITS in Australia – mas não detalha a referência.

3.3.6 Pagamento Eletrônico de Pedágios – ETC

Os *Electronic Toll Collection* (ETC) (SILVA D. M. da⁵, 2000, p. 5):

[...] utilizam tecnologias avançadas para prover os mais adequados e eficientes métodos de cobrança de pedágio, trabalhando para minimizar tempos perdidos [em filas e cabines de pagamento] e reduzir os congestionamentos [causados pela interrupção no fluxo devido a formação de filas nos guichês de arrecadação de pedágios].

Essa tecnologia pode ser considerada a mais visível para a população em geral, uma vez que pode haver integração com outras formas de pagamento de tarifa para passagem, como, por exemplo, cancelas em estacionamentos privados e parquímetros.

3.3.7 Sistemas Avançados de Transporte Público – APTS

Os *Advanced Public Transportation Systems* (APTS), conhecidos por Sistemas Avançados de Transporte Público, são concebidos para auxiliar de maneira eficiente o transporte público urbano mediante tecnologias avançadas de ITS aplicadas ao modal.

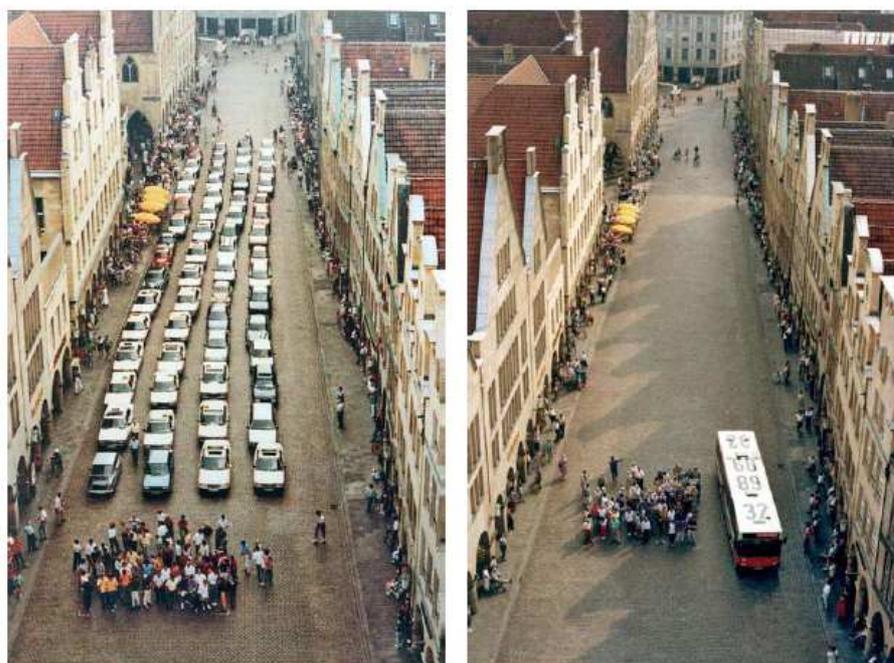
O próximo capítulo aborda especificamente esse subsistema dos sistemas inteligentes de transporte, ao passo que é foco de pesquisa deste trabalho.

⁵ Autora indica em seu trabalho JENSEN (1996) – ITS in Australia – mas não detalha a referência.

4 SISTEMAS AVANÇADOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

O transporte público coletivo é um modal com capacidade elevada no número de passageiros e com reduzido nível de ocupação do leito de rodagem. A figura 2 pode exemplificar, através de uma simples comparação visual, essa afirmação, comparando a ocupação do automóvel com a do ônibus, considerando o mesmo número de pessoas envolvidas (BRASIL, 2008). De acordo com esse manual, ainda, no caso dos veículos sobre trilhos, a ocupação viária pode ser desconsiderada, desde que o modal utilize-se de vias subterrâneas ou elevadas. Já no caso específico do transporte por ônibus, mesmo havendo redução da ocupação, ainda há compartilhamento da via com os automóveis.

Figura 2 – Comparação de ocupação ônibus *versus* automóvel



(fonte: BRASIL⁶, 2008, p. 96)

O serviço por ônibus que, na maior parte das vezes, compartilha as vias com os veículos individuais, sofre influência direta da massiva ocupação da malha viária. Existem diversas medidas aplicáveis para dar prioridade ao sistema de ônibus em detrimento ao transporte individual. São alguns exemplos desses mecanismos (BRASIL, 2008, p. 13):

⁶ No manual é indicado que o autor desta foto é o Escritório de Planejamento da Cidade de Muenster

- a) estrutura física,
 - políticas públicas voltadas ao transporte por ônibus;
 - corredores e vias (compartilhadas, segregadas ou exclusivas) integradas entre si, por onde o modal irá trafegar;
 - estações e terminais compatíveis com o sistema;
- b) operação,
 - atendimento satisfatório da demanda;
 - embarque e desembarque eficientes;
 - integração tarifária;
- c) tecnologia,
 - tecnologias veiculares de emissão de poluentes e de ruídos;
 - tarifação automática;
 - priorização semafórica em interseções;
 - gerenciamento centralizado em estações de controle.

Com o objetivo de agregar esses mecanismos de gerenciamento do TPU embarcados por tecnologias avançadas, os sistemas avançados de transporte público – APTS – surgem com potencial para solucionar os problemas ligados ao serviço de ônibus e promover a priorização do sistema. No decorrer deste capítulo são abordadas **definições** para os APTS, assim como a **descrição** de suas **categorias**.

4.1 DEFINIÇÃO

Os sistemas avançados de transporte público, citando Saint-Laurent⁷ (1997 apud SILVA, D. M. da, 2000, p. 12), podem ser definidos como:

[...] um sistema de ajuda ao gerenciamento do transporte público que opera com a utilização de sistemas de localização automática de veículos [...]. Esses sistemas têm a finalidade de localizar o veículo no tempo e no espaço e são responsáveis pelo princípio da operação em tempo real. A localização [dos veículos] pode ser efetuada de forma contínua ou discreta.

A partir dessa definição, a Localização Automática de Veículos – AVL – (*Automatic Vehicle Location*), por sua vez, precisa ser definida também, dado que compreende uma tecnologia de apoio aos diferentes subsistemas de ITS. Segundo o TCRP – *Transit Cooperative Research*

⁷ SAINT-LAURENT, B. Information Systems for Public Management. In: NWAGBOSO, C. O. (Ed.). **Advanced Vehicle and Infrastructure Systems; Computer Application, Control and Automation**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997, p. 343-369.

Program, os AVL são definidos como as formas de tecnologias que servem de base para os sistemas de transporte público, uma vez que são maneiras automatizadas de rastreamento de veículos e podem ser incorporadas aos diferentes subsistemas de ITS, incluindo os APTS. O quadro 1 enumera as diferentes tecnologias que podem ser utilizadas para a localização de veículos. Com o seu uso, é possível dar prioridade ao transporte público urbano, reduzindo tempos de viagens aos usuários, custos do sistema aos operadores e melhoria da trafegabilidade dos veículos na cidade, gerando assim a melhoria das condições de oferta e de segurança (UNITED STATES OF AMERICA, 1997).

Quadro 1 – Diferentes tecnologias de AVL

Tecnologia	Característica
<i>Signpost</i> (Antena)	Informações capturadas de placa no veículo e transmitidas para antena fixada na via.
<i>Wayside AVI</i> (Identificação automática de caminho do veículo)	Informações transmitidas por microondas. Usadas para pedágios eletrônicos e gestão de tráfego.
<i>Ground-Based Radio Positing</i> (Posicionamento via rádio por base terrestre)	Triangulação por rádio: a localização é devido ao movimento do veículo relacionado a duas ou mais estações de rádio fixas.
<i>Satellite-Based Radio Positing</i> (Posicionamento via rádio por satélite)	Informações da localização do veículo relacionado a satélites circulares (GPS, por exemplo) ou geoestacionários.
<i>Differential GPS</i> (GPS Diferencial)	Correção do erro de aproximação do GPS através de receptor diferencial.
<i>Dead Reckoning</i> (Identificador por deslocamento)	Sensores e algoritmos identificam a distância entre um ponto fixo e o veículo a partir de um referencial padronizado.
<i>Hybrid Navigation System</i> (Sistema híbrido de navegação)	Combinação de duas ou mais tecnologias, como Antenas ou GPS acompanhada de outras consideradas secundárias.

(fonte: adaptado de UNITED STATES OF AMERICA, 1997, p. 12)

Por meio do avanço no uso dessas tecnologias, “A melhoria da regularidade, segurança, confiabilidade e uso da informação [...] passam a atrair novos passageiros, disponibilizar informação em tempo real, além da melhoria da operação e a maximização do uso de dados para o desempenho do sistema de transporte.” (LADEIRA et al., 2009, p. [6]).

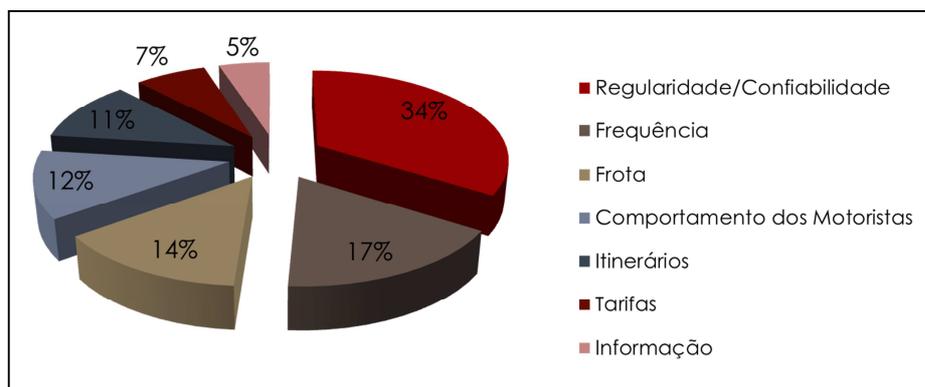
Ainda sobre a localização automática de veículos, o Manual do BRT (BRASIL, 2008, p. 490) complementa, afirmando que:

A pedra fundamental de um sistema de controle moderno é a tecnologia de localização automática de veículos [...], que permite rastrear os ônibus ao longo do corredor. Com a AVL, o centro de controle pode comandar os movimentos dos veículos para evitar aglomerações, reagir prontamente a problemas e emergências e alocar recursos para aumentar a oferta em resposta imediata a alterações na demanda.

4.2 ATRIBUIÇÕES DOS APTS

Como citado no Manual do BRT, no transporte público por ônibus existem variações na demanda do serviço. Essas alterações, frequentemente estão associadas ao nível de congestionamento e, portanto, à regularidade do serviço de ônibus. Sobre isso, é possível mencionar levantamento, do guia prático sobre trânsito do Reino Unido, da percepção do usuário de serviços de ônibus municipais (BALCOMBE⁸ et al., 2004 apud CEDER, 2007, p. 523). Nesse levantamento, verifica-se que, segundo a percepção dos passageiros, a regularidade do serviço é o principal indicador da flutuação da demanda, atingindo 34%. Em segundo lugar, de acordo com a opinião dos usuários, aparece a frequência do serviço, entretanto, com um percentual de 17%, a metade do indicador da regularidade. Os pontos levantados pelos passageiros podem ser identificados na figura 3 que explicita dados desse levantamento.

Figura 3 – Percepção do usuário sobre a demanda no serviço de ônibus



(fonte: adaptado de CEDER, 2007, p. 523)

⁸ BALCOMBE, R.; MACKETT, R.; PAULLEY, N.; PRESTON, J.; SHIRES, J.; TITHERIDGE, H.; WARDMAN, M.; WHITE, P. The demand for public transport: a practical guide. **TRL Report**, TRL Ltd. TRL 593, 2004.

Considerando a regularidade, ou conseqüentemente a confiabilidade, do serviço como sendo um importante fator para a flutuação da demanda do serviço de ônibus urbano, Ceder (2007, p. 542) afirma que os APTS são potenciais ferramentas para redução desse problema. Sobre as condições de oferta e de segurança do serviço público por ônibus, para aprimoramento da regularidade do sistema, uma vez que sejam utilizadas tecnologias de informação em tempo real, Ladeira et al. (2009, p. [3]) acrescentam que:

[...] as ações de acompanhamento e monitoramento em tempo real das linhas de ônibus são elementos imprescindíveis para a qualificação do sistema de transporte coletivo. Assim, o uso de tecnologia avançada em transporte público visa à melhoria do sistema como um todo.

Para que seja possível e viável o acompanhamento e o monitoramento em tempo real, é necessário que exista uma central operacional, também conhecida como centro, ou central, de controle. Para tanto, os AVL, principalmente através do uso de GPS são necessários. Quanto a isso, Brasil (2008, p. 491) expõe que:

Muitas opções existem para ligar ônibus e estações com um escritório de controle central. Em alguns casos, um simples rádio ou um telefone celular [pode] ser [suficiente]. A tecnologia de GPS permite a determinação de posição em tempo real sobre a localização do veículo. Com a utilização de serviços de comunicação sem fio (rádio ou telefone celular), o veículo pode transmitir informações sobre sua posição e seu *status* (a partir da unidade central de controle do veículo). Sistemas modernos de GPS podem rastrear a posição do veículo com uma precisão de 2 a 20 metros, dependendo do tipo de receptor e das condições locais. [...]. Utilizando a tecnologia de GPS em conjunto com um *software* de rastreamento e gerenciamento e um sistema de comunicação por voz [...] é capaz de controlar precisamente os intervalos entre veículos [...]. Um operador do centro de controle pode comandar um motorista para ir mais depressa ou mais devagar, dependendo da localização dos outros veículos e das necessidades de demanda. Além disso, se um excesso de demanda acontecer em uma estação específica, um veículo extra pode ser enviado para aliviar a lotação.

Diante das informações sobre o quão determinante é a manutenção da demanda e o quanto os APTS podem influenciar para que haja elevação dessa, desde que se utilize de tecnologias de localização dos veículos, com informações obtidas em tempo real e uma central de controle instalada, é importante que os diferentes tipos de sistemas avançados de transporte público sejam explorados. A fim de se especificar essas tecnologias é possível distingui-las por intermédio de três categorias, apresentadas a seguir.

4.3 CATEGORIAS DE APTS

Os sistemas avançados de transporte público atendem a diferentes intervenientes. Para suprir as necessidades de cada um deles, Silva (D. M. da, 2000, p. 13) afirma que:

Considerando as diferenças quanto às possíveis aplicações dos diferentes sistemas avançados e dos diferentes clientes, os APTS podem ser divididos em três categorias: Sistemas de Ajuda à Operação (SAO), Sistemas de Informação ao Usuário (SIU) e Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária (SAAT).

A aplicação dos APTS em suas categorias só é possível uma vez que “Os sistemas de informação em tempo real utilizam-se de tecnologias de ponta que incluem telefone celular, monitores, computadores e painéis eletrônicos, para proporcionar informações com alto nível de precisão.” (SILVA, D. M. da, 2000, p. 20). Como o foco desse trabalho está nos operadores e usuários do transporte público urbano, são priorizados os sistemas de ajuda à operação e os sistemas de informação ao usuário. Os **principais subsistemas de APTS** são apresentados a seguir.

4.3.1 Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária – SAAT

Com o advento da tecnologia, novos mecanismos de otimização e de cobrança do processo de pagamento de tarifas estão em constante desenvolvimento. De acordo com Silva (D. M. da, 2000, p. 22), “A automação do processo da cobrança tarifária no transporte coletivo urbano por ônibus, principalmente nas grandes cidades, pode ter uma grande importância para a otimização da operação.”. Isso se deve, principalmente (UNITED STATES OF AMERICA 1998):

- a) à melhoria no levantamento quantitativo da demanda, através da coleta de dados;
- b) à adequação das políticas tarifárias quanto ao valor da passagem, de acordo com tempo, distância, horário e perfil de usuário;
- c) ao controle mais eficiente sobre a passagem, com a finalidade de evitar possíveis fraudes.

Os SAAT consistem principalmente na utilização de cartões inteligentes (*smart cards*) em detrimento à utilização de papel moeda, com o objetivo de unificar a forma de pagamento da tarifa de transporte, independente do modo de TPU que seja utilizado pelo usuário (SCHEIN,

2003, p. 67). A figura 4 exemplifica o sistema de arrecadação tarifária por intermédio de um *smart card*.

Figura 4 – Bilhetagem eletrônica por *smart card* em ônibus



(fonte: BRASIL⁹, 2008, p. 646)

Além disso, através deste tipo de APTS, Silva (D. M. da, 2000, p. 58) destaca que:

Uma das mais valiosas contribuições dos APTS [através dos SAAT] está no fato de poder-se realizar pesquisa de origem e destino embarcada de forma temporal com grande precisão e, frequentemente, sem implicar em custos elevados (pesquisas realizadas manualmente são muito onerosas e podem apresentar erros de coleta e de tabulação de dados).

Dessa forma, os sistemas automatizados de tarifação agregam qualidade e agilidade ao serviço público, mostrando ser um ótimo APTS para controle da demanda do transporte urbano por ônibus, com benefício da informação em tempo real, para os operadores e muito mais ágil e simples para os usuários.

4.3.2 Sistemas de Ajuda à Operação – SAO

A operação do transporte público urbano, quando da utilização de tecnologias na localização de veículos e de sistema de transmissão de dados, agrega qualidade ao serviço fazendo com que as atividades de planejamento, controle e operação do sistema sejam largamente otimizadas. Os Sistemas de Ajuda à Operação são categorias de APTS voltadas justamente para isso, uma vez que (SILVA, D. M. da, 2000, p. 58):

⁹ No manual é indicado que o autor desta foto é a Cidade de Seul

A automação dos sistemas de transporte auxilia na complexa tarefa de gerência das redes de ônibus, permite o conhecimento permanente, de forma contínua ou discreta, da localização de cada veículo e o controle efetivo da frota em viagem, identificando motivos de atrasos, adiantamentos ou falhas e, através de comunicação *online* e em tempo real, possibilita a atuação imediata para a solução dos problemas. É possível melhorar a produção em termos de desenho da rede, organização da programação, monitoração das operações e gerenciamento das informações, para a central de controle, motoristas e usuários.

Dessa forma, mediante utilização de SAO, quando embarcados por ALV, os ganhos operacionais do sistema envolvem a diminuição de automóveis na via, a redução da frota operante e da tripulação alocada e o atendimento de qualidade do usuário (SILVA, D. M. da, 2000, p. 58). Segundo Schein (2003, p. 65):

É possível [...] melhorar a produção em termos de desenho da rede, organização da programação, monitoração das operações e gerenciamento das informações para a central de controle, motoristas e usuários. Com estas facilidades é possível ter total controle e fiscalização da operação [...].

Ainda de acordo com Schein (2003, p. 66), é possível enumerar diferentes funções específicas dos SAO:

- a) garantir a comunicação entre os operadores, a central de controle e os veículos;
- b) adquirir os dados do percurso percorrido, em tempo real, para avaliação da tabela horária;
- c) autorregular o serviço prestado comparando com o proposto;
- d) adaptar a linha (ou rede) de transporte no caso de imprevistos no itinerário;
- e) priorizar o TPU em interseções semaforizadas;
- f) fornecer informações para os SIU;
- g) manipular dados qualificados ao planejamento, operação e fiscalização do serviço.

Para que opere de forma eficiente (SILVA, D. M. da, 2000, p. 15):

A estrutura básica de um SAO consiste em uma central de operações para controle e armazenamento dos dados [figura 5], de sistemas de comunicação para coleta e transmissão dos dados [figura 6] e de sistemas de localização de veículo (AVL). Os dados recebem um pré-tratamento no veículo e um tratamento final na central de operações e de controle, de forma a assegurar a localização permanente do ônibus. Além de informação da localização do veículo na via, é possível coletar dados referentes a velocidades, aceleração, tempo parado, rotação do motor, número de passageiros, por trecho e horário, que servirão para uso no planejamento, entre outros.

Figura 5 – Central de Controle, em Seul



(fonte: BRASIL¹⁰, 2008, p. 646)

Figura 6 – Antena do SOMArt, coleta de dados, em Porto Alegre



(fonte: ALFACOMP AUTOMAÇÃO E TELEMETRIA, 2008)

Além de fomentar informações para o controle, planejamento e fiscalização do serviço de TPU, os dados coletados pelos AVL e utilizados pelo SAO são também úteis para os sistemas de informação ao usuário.

4.3.3 Sistemas de Informação ao Usuário – SIU

Entre os sistemas avançados de transporte público, os Sistemas de Informação ao Usuário são os que trazem maiores benefícios do ponto de vista do passageiro, visto que utilizam tecnologia avançada de ITS para gerar informação a esses. Schein (2003, p. 66) afirma que “Os sistemas de informação ao usuário constituem-se numa ferramenta de diálogo entre o operador/gestor e os usuários. Através desses sistemas os usuários podem obter informações que satisfaçam as suas necessidades específicas [...]”.

No caso do transporte público, “[...] pode oferecer serviços que tiram vantagem dessas tecnologias de comunicação [Internet, correio eletrônico e telefones celulares]. Alguns sistemas de transporte público já estão começando a oferecer serviços gratuitos de Internet sem fio.” (BRASIL, 2008, p. 363). Além desses tipos de serviços (SILVA, D. M. da, 2000, p. 19):

¹⁰ No manual é indicado que o autor desta foto é a Cidade de Seul

Os sistemas de informação aos usuários são uma ferramenta de diálogo com o público. Permitem extrair do conjunto de informações relativas a uma rede, aquelas que correspondem a uma necessidade específica (ex.: tempo de espera) ou personalizada (ex.: itinerário). [...] os sistemas de informação garantem um aumento da qualidade do serviço oferecido aos passageiros. Os equipamentos eletrônicos de bordo auxiliam na tarefa de anunciar paradas e locais de grande procura do público e equipamentos instalados nas vias [...] informam os horários, tempos de viagem e itinerários dos ônibus e os tempos de espera, reduzindo a ansiedade do passageiro. O processo de informação pode ser feito nas residências, locais de trabalho, centros comerciais, paradas, terminais e a bordo dos veículos.

Entre tantas opções de SIU, Silva (D. M. da, 2000, p. 19) discorre que:

Percebe-se que o foco, nos diversos países que estão desenvolvendo sistemas inteligentes de transportes, está em aumentar a qualidade do serviço oferecido ao passageiro, informando horários e rotas em tempo real e reduzindo os tempos de espera, de forma a atrair mais usuários para o modal ônibus.

Desde que informações sobre localização de veículos e cumprimento de tabelas horárias sejam observadas, o Manual do BRT (BRASIL, 2008, p. 494) completa que:

[...] há muitas alternativas [para] repassar as informações de chegadas para os passageiros. À medida que as tecnologias de telecomunicações progredem, há oportunidades de oferecer dados para os passageiros via quiosques, *internet*, SMS, PDA e outros. Passageiros podem planejar as viagens de casa com a programação e informação em tempo real, ou apenas perguntar via telefone celular ou PDAs sem fio, quando um veículo de transporte público deverá chegar em um dado local [...].

Quanto ao tipo ou forma de informação aos usuários, existem inúmeras opções. A figura 7, mostra um *display* informativo sobre o próximo ônibus a passar pela estação. Já a figura 8 ilustra um *display* disponibilizado no interior de um veículo. Além de monitores e painéis de informação em tempo real, é possível ainda utilizar formas mais simples de comunicação visual. A figura 9, por exemplo, exemplifica uma tabela de horários de ônibus fixada no interior dos veículos na cidade de Porto Alegre. Já a figura 10, remete à uma estação de ônibus com informações visuais estáticas na cidade de Bogotá.

Figura 7 – Informação dinâmica em tempo real ao usuário na estação, em Berlim



(fonte: BRASIL¹¹, 2008, p. 493)

Figura 8 – Informação dinâmica em tempo real ao usuário no veículo, em Orlando



(fonte: BRASIL¹², 2008, p. 362)

Figura 9 – Tabela horária de linhas de ônibus, em Porto Alegre

(fonte: foto do autor)

Figura 10 – Parada com informação estática, em Bogotá



(fonte: BRASIL¹³, 2008, p. 248)

Outras formas de disponibilização de informações podem por *sites* da Internet, com itinerários e mapas de linha ou informações da tabela horária. Com o advento da tecnologia de internet via celular, estas informações não ficam restritas ao acesso no domicílio ou trabalho, e sim no momento e local em que for necessário.

¹¹ No manual é indicado que o autor desta foto é Loyd Wright

¹² No manual é indicado que o autor desta foto é Doug Jamison, Orland LYNX

¹³ No manual é indicado que o autor desta foto é a TransMilenio S.A.

Silva (D. M. da, 2000, p. 58) indica que, para locais em que a tecnologia de informação ao passageiro está sendo implementada, “[...] a preferência é para a informação no ponto de embarque com *displays* eletrônicos e em locais de grande concentração de público com quiosques com tecnologia *touch-screen*.”. Complementarmente, o Manual do BRT afirma que em lugares nos quais a tecnologia já se encontra em estágio mais avançado no que diz respeito à implementação (BRASIL, 2008, p. 493):

Alguns sistemas, como a MRT de Singapura, até colocam painéis de informação do lado de fora da estação [...]. Isso permite que os usuários façam melhor uso do seu tempo, bem como reduz o estresse e a correria. Um usuário pode ver que ele tem vários minutos extras antes de entrar nos limites fechados da estação. [...] Indicar os horários de chegada do lado de fora da estação também pode ser uma ferramenta eficiente de *marketing*. Expor motoristas e outros não usuários à frequência do sistema pode ajudar a atrair novos usuários.

Medidas como essa de Singapura, além de agregarem conforto e qualidade ao usuário, que adquire confiança na regularidade do serviço, mostram-se como uma importante ferramenta de *marketing* que pode trazer acréscimo à demanda no TPU, visto que não apenas os já usuários têm amplo acesso a informações do sistema de transporte por ônibus do local. Nesses painéis, é possível agregar diferentes informações. Além do tempo de espera, a ocupação do próximo ônibus a chegar é um exemplo. Nesse aspecto, “[...] a informação em tempo real pode ajudar a equilibrar a ocupação de passageiros naturalmente, e assim mitigar os atrasos do sistema quando os veículos estão lotados.” (BRASIL, 2008, p. 494). Nesse aspecto, além de ser um SIU, a tecnologia utilizada torna-se também um SAO, uma vez que pode ajustar a demanda em horários de pico.

Além de dados sobre a frequência e a ocupação dos veículos, as apresentações em vídeo nas mais diversas áreas dos terminais ou em estações podem agregar notícias sobre clima, vídeos musicais, anúncios de informação e de publicidade, entre outros (BRASIL, 2008, p. 363). Brasil (2008, p. 494) ainda cita que:

Painéis de mensagem variáveis também exibem informações quando incidentes ocorrem, providenciando instruções e atrasos esperados para os passageiros. Esse tipo de informação também pode ser útil dentro do veículo. Um vídeo ou painel digital dentro do veículo pode listar a próxima estação [...], bem como o destino final da linha. Em conjunto com um anúncio de áudio gravado em que se transmite informação sobre a estação seguinte, os passageiros podem aproveitar a viagem sem ter de ficar repetidamente checando sua posição.

Entretanto, é importante levar em consideração, quando do planejamento dos diferentes tipos de SIU que serão implementados dado que “[...] em veículos lotados, a consulta do mapa desenhado da linha ou do sistema pode ser complicada. A informação de áudio e vídeo ajuda as pessoas a facilmente conseguir a informação sem ter de se espremer ao longo do veículo para ver o mapa.” (BRASIL, 2008, p. 494). Também de acordo com o Manual do BRT (BRASIL, 2008, p. 362-363):

Diversas cidades, como por exemplo[,] Hanover, na Alemanha e Orlando, nos Estados Unidos, instalaram telas dedicadas ao oferecimento de informações e entretenimento aos usuários dentro dos veículos. Entretanto, sistema de áudio e vídeo não é sempre bem vindo, em função de possível poluição sonora e visual. Nas cidades de Quito, no Equador e Hong Kong, na China, o sistema de áudio instalado dentro dos ônibus foi desativado por reivindicação dos usuários sob alegação de dificuldade de concentração e aumento da confusão. Dessa forma é importante levar em conta características e culturas locais para verificar a viabilidade do sistema.

Dessa forma, é imprescindível de ser observada a cultura local para que se utilize um sistema de informação que seja agradável ao usuário e não prejudicial ao seu conforto durante a viagem, com vistas ao fato de sistemas de áudio e de vídeo apresentarem custos relativamente elevados quanto aos investimentos iniciais e posteriormente à manutenção de médio e de longo prazo (BRASIL, 2008).

5 PORTO ALEGRE

Historicamente, Porto Alegre se desenvolveu às margens do Guaíba uma vez que através do mesmo é que foi possível chegar às terras do Município. Também, devido ao relevo da região, a organização da cidade deu-se ao longo da planície limitada pelo Guaíba e pelos morros. Segundo Monteiro e Ladeira (2006):

[...] a estrutura viária [da Cidade] é reflexo do padrão de ocupação urbana, radiocêntrica e limitada pela existência do Rio Guaíba, portanto a configuração radial do traçado principal de Porto Alegre é resultado da consolidação dos antigos caminhos que ligavam o núcleo histórico da cidade aos arraiais e consagraram-se como vias estruturais ou arteriais de ligação entre o centro da cidade e as regiões interiores, que foram sendo ocupadas de maneira espontânea, gerando um tecido predominantemente desconexo no sentido transversal às radiais.

Ao longo deste capítulo são abordados pontos relevantes sobre a organização viária da Cidade, de acordo com seu desenvolvimento urbano, até chegar ao atual sistema de transporte público coletivo.

5.1 HISTÓRICO DO TRANSPORTE PÚBLICO MUNICIPAL

O transporte público coletivo em Porto Alegre teve sua origem em janeiro de 1873 quando foi inaugurada a primeira linha de bondes movidos por tração animal, que tinha por objetivo ligar a Companhia Carris de Ferro Porto Alegrense ao bairro Menino Deus. Com o passar dos anos, esta linha passou a integrar uma rede de bondes. Em 1908, com a eletrificação dos carros, foi possível atingir maiores velocidades e vencer aclives mais elevados, incentivando a expansão dos subúrbios, que puderam ser ligados ao centro com menores tempos de viagem dos previamente realizados, quando os veículos eram puxados por mulas (PORTO ALEGRE, 2011, p. 8).

Ainda de acordo com o autor, no decorrer da década de 1920, passaram a operar em Porto Alegre os primeiros ônibus. Esses veículos apresentavam carroceria de madeira adaptadas sobre o chassis de pequenos caminhões cujas capacidades de transporte eram de vinte passageiros. O transporte via ônibus inicialmente não foi regularizado, o que levou a livre concorrência e a queda da utilização dos bondes. Na década de 1930, a prefeitura

regulamentou o sistema de ônibus, uma vez que o serviço desorganizado não permitia controle sobre os então 400 veículos utilizados pelo modal e a sucateação da frota levou os próprios proprietários a incentivarem a regulamentação e encampação do sistema por parte da prefeitura. Nesse processo, a Carris venceu concorrência pública adquirindo o monopólio sobre os transportes coletivos da Cidade.

O desenvolvimento da cidade, com o passar dos anos, consolidou-se de maneira radial, fazendo surgirem assim as primeiras vias transversais. Esse modelo, oriundo ainda da década de 1950, acabou por ser oficializado duas décadas depois com a formulação do primeiro Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU). A partir do Plano, deu-se início uma nova fase de estruturação das vias para movimentação da população, fomentando o crescimento descentralizado do Município e dando início assim a uma expressiva movimentação pendular nos deslocamentos populacionais (MONTEIRO; LADEIRA, 2006). A fim de atender a essa demanda, gerada em virtude da descentralização no crescimento da população, novas medidas tiveram de ser tomadas quanto ao transporte público, já que o esse encontrava-se em um patamar de desenvolvimento delicado. De acordo com a Companhia Carris Porto Alegre (PORTO ALEGRE, [2012?]):

A substituição dos bondes por ônibus não foi suficiente para salvar a companhia [Carris] das dificuldades financeiras, que só começariam a ser revertidas com a criação das linhas transversais em 1976. As Ts cruzam a cidade de bairro a bairro, sem a necessidade de fazer baldeação na região central. Com as linhas T1, T2, T3 e T4, os passageiros passam a ter uma nova opção de transporte, indo de um bairro a outro da cidade utilizando somente um ônibus, evitando a concentração de veículos no Centro.

Além da substituição dos bondes, na mesma década, grandes obras de infraestrutura foram realizadas, como a criação dos corredores de ônibus. No âmbito do serviço, passaram a operar na Cidade, também, os chamados táxis-lotação, oferecendo uma opção de transporte seletivo para os usuários. Nesse período, além da Companhia Carris, outras empresas já trafegavam na malha viária de Porto Alegre. Na década seguinte, em função do grande aumento populacional da região metropolitana, o Município passou a contar também com um trem metropolitano, o Trensurb, ligando o centro da Cidade às cidades da região metropolitana. (PORTO ALEGRE, 2011)

5.2 CONSÓRCIOS DE EMPRESAS TRANSPORTADORAS

Nos últimos anos da década de 1990, a Secretaria Municipal de Transportes (SMT), tendo por objetivo a otimização de recursos e a prática da tarifação única, passou a incentivar a fusão das diferentes empresas operadoras de transporte coletivo em Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2011). No ano de 1998, a partir da Lei Municipal número 8133, foi criada a Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC – com o objetivo de regular e fiscalizar as atividades relacionadas com o trânsito e com os transportes do Município. Com a criação da Empresa, Porto Alegre seguiu uma tendência internacional que remete à municipalização das ações de mobilidade urbana (PORTO ALEGRE, [2012?]).

Paralelamente à criação da EPTC, seguindo a tendência de união de empresas e de tarifação única, Porto Alegre passa contar com três **consórcios de linhas**, apresentados a seguir de acordo com suas bacias de operação, além da Companhia Carris Porto Alegrense.

5.2.1 Companhia Carris Porto Alegrense

Oriunda da fusão das empresas Cia Carris de Ferro com a Carris Urbanos, a Carris teve sua origem como empresa privada e posteriormente passou a ser uma sociedade de economia mista com controle acionário da Prefeitura de Porto Alegre. Considerada a empresa de transporte coletivo mais antiga no País, começou sua operação com uso de bondes movidos por mulas que deram lugar aos bondes elétricos. Esses foram substituídos por troleibus que antecederam os ônibus movidos por combustível fóssil que são utilizados até hoje. Sua frota, conta com 364 ônibus dos quais 213 são adaptados para portadores de deficiência física, operando 29 linhas nas diferentes bacias da Cidade (PORTO ALEGRE, [2012?]).

5.2.2 Consórcio Operacional Zona Norte – CONORTE

O CONORTE é o consórcio de empresas responsável pelo transporte de passageiros na bacia norte de Porto Alegre, tendo como referência ao início das operações o ano de 1993. É composto pelas empresas Navegantes, Nortran e Sopal. O consórcio apresentava em 2011 um total de 423 veículos, dos quais 179 dispunham de elevador para acesso de cadeirantes. A idade média da frota de veículos era de cinco anos e, além disso, 93 veículos eram equipados com porta de acesso em ambos os lados do carro. Medida necessária para atender o corredor

de ônibus da avenida Sertório cujas plataformas de embarque e desembarque são elevadas e do lado oposto ao convencional (PORTO ALEGRE, 2011).

5.2.3 Sistema Transportador Sul – STS

Tendo sido criado em dezembro de 1996, o STS inicialmente foi composto por cinco empresas operadoras: Viação Belém Novo, Restinga Transportes Coletivos, Viação Teresópolis Cavahada, Transportes Coletivos Trevo e Expresso Cambará. Essa última acabou sendo extinta posteriormente, deixando o consórcio atualmente composto por quatro empresas que são responsáveis pelo transporte coletivo na bacia sul de Porto Alegre. O STS apresenta uma frota de aproximadamente 480 veículos, sendo 152 deles adaptados ao transporte de cadeirantes. Essa frota é responsável pelo montante de cerca de sete milhões de passageiros por mês (PORTO ALEGRE, 2011).

5.2.4 União da Bacia Urbana Sudeste Leste – UNIBUS

O UNIBUS é o consórcio responsável pela bacia leste de Porto Alegre. Criado no final de 1997, o consórcio foi composto pelas empresas: Alto Petrópolis, Estoril, Sentinela, Gasômetro, Presidente Vargas e Sudeste. Responsável por 116 linhas, o UNIBUS contava com 386 veículos, sendo 140 deles adaptados a cadeirantes, segundo dados de 2011 (PORTO ALEGRE, 2011).

6 A EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO

Porto Alegre, seguindo tendência nacional para a municipalização do transporte, a partir de 1998 criou a Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC, ligada diretamente à Secretaria Municipal de Transportes – SMT (PORTO ALEGRE, [2012?]). Suas atribuições são descritas a partir da sua lei de criação, como segue (PORTO ALEGRE, 1998):

[...] operação, controle e fiscalização do transporte e do trânsito de pessoas, veículos automotores e de veículos de tração animal no âmbito do Município de Porto Alegre, em especial a fiscalização do trânsito e a gestão da Câmara de Compensação Tarifária - CCT, sempre em observância ao Código de Trânsito Brasileiro - CTB [...].

No âmbito do transporte público, a mesma legislação indica que (PORTO ALEGRE, 1998):

O serviço de transporte público de passageiros é considerado de caráter essencial, cuja prestação pressupõe serviço adequado, observadas as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, universalidade, bom atendimento e modicidade de tarifas.

Para atender as atuais 370 linhas regulares operadas por uma frota que em 2011 era de 1653 ônibus (PORTO ALEGRE, 2011), de acordo com as condições estabelecidas pela legislação, é necessário que se utilizem tecnologias de localização e de monitoramento de veículos. No caso da EPTC, esse tipo de tecnologia começou a ser utilizado ainda na década de 1990.

6.1 SISTEMA DE ÔNIBUS MONITORADO AUTOMATICAMENTE

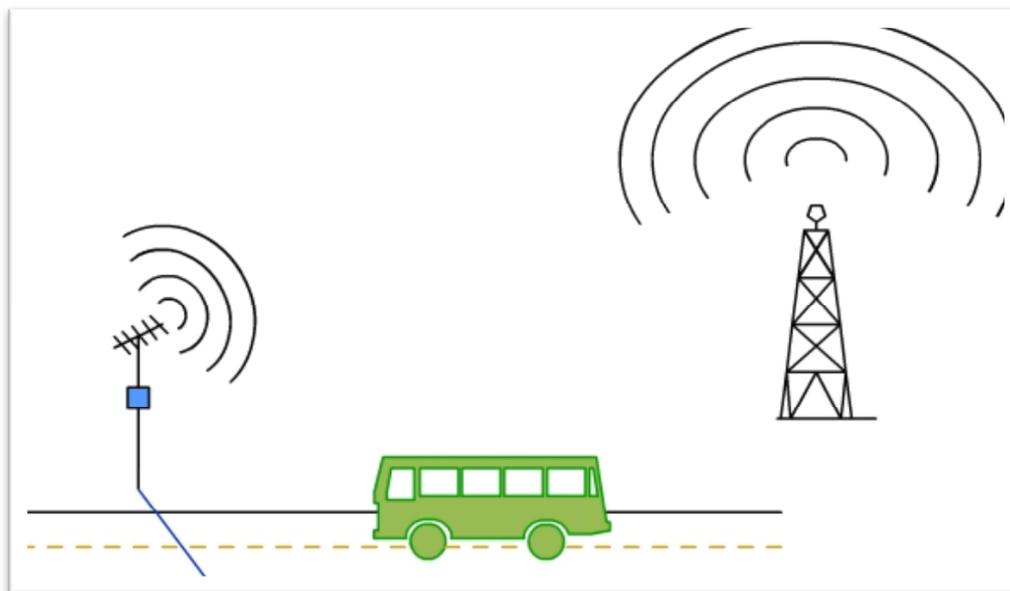
A Secretaria Municipal de Transportes, a partir de 1997, deu início à implementação de um sistema de monitoramento de ônibus em Porto Alegre. O Manual do SOMArt, desenvolvido pela EPTC, coloca que em um período de dois anos “[...] foram realizados diversos testes para consolidação do programa, elaboração de relatórios, verificação da consistência das leituras, conferências de tabelas horárias oficiais, preenchimento de boletins e correções de não-conformidades.” (PORTO ALEGRE, 2010). A partir de 1998, o Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente – SOMA – passou a ser utilizado na Cidade para o monitoramento 24 horas por dia do serviço de ônibus.

6.1.1 Tecnologia utilizada

Com o objetivo de gerir uma frota de 1576 ônibus na época, a tecnologia escolhida foi o uso de Antenas Fixas como forma de AVL¹⁴ (LADEIRA et al., 2009). O uso deste AVL em detrimento ao GPS deu-se principalmente ao baixo custo de instalação, que no período era muito mais acentuado (LADEIRA et al., 2009; UNITED STATES OF AMERICA, 1997).

Esse tipo de APTS caracteriza-se pelo uso de Antenas Fixas localizadas em pontos estratégicos da malha viária municipal que capturam a informação de prefixo do ônibus através de laços magnéticos instalados na faixa de rodagem. Juntamente do prefixo do ônibus, coletado de uma etiqueta eletrônica fixada ao chassi do veículo, lido pelo laço magnético da faixa em que o ônibus trafega, é registrado o horário da passagem e a antena/laço correspondente, e então esses dados são enviados por radiofrequência para uma antena repetidora que encaminha à EPTC (LADEIRA et al., 2009; PORTO ALEGRE, 2010), de acordo com a figura 11.

Figura 11 – Esquema de comunicação de Antena Fixa



(fonte: elaborada pelo autor)

¹⁴ A partir da pesquisa bibliográfica, as antenas fixas utilizadas pela EPTC caracterizam-se mais como um AVI – *Automatic Vehicle Identification* – do que por um AVL, uma vez que além da localização, ele tem a finalidade de identificar o veículo (HALLENBECK et al., 1992), porém uma vez que as bibliografias utilizadas remetem ao termo AVL, ele será mantido ao longo deste trabalho.

Especificamente sobre as Estações Fixas, é possível descrevê-las compostas por (PORTO ALEGRE, 2010, p. [17]):

[...] vários dispositivos, como unidade de leitura, unidade de controle, transmissor/receptor de rádio digital, módulo provedor de energia, antenas de solo e respectivo sintonizador, antena de radiofrequência do radiomodem e caixa acondicionadora preparada para ambientes agressivos.

Ainda, (PORTO ALEGRE, 2010, p.[17]):

A estação fixa é capaz de monitorar tantas faixas de tráfego quantas existirem no local de coleta, sendo que para cada faixa devem ser utilizadas uma unidade de leitura e sua respectiva antena [, ou laço magnético], de modo que seja possível identificar os veículos em diferentes faixas de forma simultânea.

Na época, esse processo dava-se por intermédio de 48 antenas ou Estações Fixas – EF, entretanto, esse número de EF desde o começo se mostrava insuficiente para a cobertura total da operação do modal na Cidade, remetendo a uma baixa resolução da malha viária (informação verbal)¹⁵.

Ladeira et al. (2009, p. [7]) afirmam ainda que:

A cada passagem do veículo pela antena é criado um registro com o endereço da antena, o laço pelo qual o veículo passou e a hora de sua passagem. Estes dados são cruzados com os dados do Boletim de Acompanhamento Diário – BAD da operação de cada veículo enviados pelas empresas no dia seguinte.

Dessa forma é realizada a fiscalização do sistema de transporte coletivo da Capital. Do processo descrito, são extraídos indicadores de desempenho. Entre eles (LADEIRA et al., 2009; PORTO ALEGRE, 2010; RUSSO, 2012b):

- a) Índice de Cumprimento de Viagens – ICV: remete ao cumprimento do horário de início da viagem, com a menor tolerância ou no *headway* da linha menos um minuto ou em 10 minutos;
- b) Índice de Viagens Fora do Intervalo – IVFC: remete à passagem do veículo por cada antena do itinerário, fora do período previsto, com tolerância de cinco minutos para mais ou para menos;
- c) Índice de Viagens Faltantes – IVF: remete à viagens que efetivamente não ocorreram;

¹⁵ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Flávio Antônio Tomelero Junior, técnico em trânsito e transporte, gerente da GPOT da Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC, realizada em 09/11/2012 na Gerência de Controle e Monitoramento da Mobilidade da EPTC, Porto Alegre, RS.

- d) Índice de Viagens Não Realizadas – IVNR: indica o número de viagens que que foram realizadas fora dos critérios de partida do terminal.

6.1.2 Limitações encontradas

Além da baixa resolução, alguns outros problemas podem ser diagnosticados quanto à utilização do SOMA. Entre eles, Ladeira et al. (2009) cita:

- a) defasagem na obtenção dos dados e a formulação dos relatórios operacionais;
- b) ausência de gestão em tempo real do desempenho das antenas;
- c) ausência de monitoramento da comunicação;
- d) necessidade de manutenção e de atualização da infraestrutura;
- e) identificação de zonas com problema de transmissão.

Essas limitações, juntamente do fato de o “[...] transporte coletivo de Porto Alegre [...] [vir] sofrendo modificações e ampliações.” (LADEIRA et al., 2009, p. [6]) ao longo do tempo, estimularam a atualização do SOMA para uma tecnologia mais eficaz.

6.2 SISTEMA DE ÔNIBUS MONITORADO AUTOMATICAMENTE EM TEMPO REAL

A partir da necessidade do monitoramento do transporte público urbano coletivo em tempo real, a EPTC agregou o SOMA à Central de Controle e Monitoramento da Mobilidade – CECOMM, que futuramente viria a ser gerida por um responsável, tornando-se assim a Gerência de Controle e Monitoramento da Mobilidade – GECOMM (RUSSO, 2012a) onde já era realizado o monitoramento do tráfego nas vias da Cidade. E “Nesse ambiente surge o Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente em Tempo Real – SOMArt[...]” (LADEIRA et al., 2009, p. [7]). Neste ponto, a resolução do sistema já era composta por 50 EFs, sendo que algumas delas passaram a utilizar transmissão de dados a partir de GPRS em detrimento à radiofrequência (informação verbal)¹⁶.

Anteriormente, o SOMA tinha seus dados processados pela empresa de processamento de dados de Porto Alegre (PROCEMPA). Com o SOMArt, a partir do lançamento de pacotes de dados a cada três minutos, manipulados de acordo com uma nova formatação de *software*,

¹⁶ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Flávio Antônio Tomelero Junior, realizada em 09/11/2012.

passou a ser possível, além de obter os relatórios com indicadores comparados aos BADs, verificar o desempenho da operação de cada linha em tempo real (informação verbal)¹⁷. Dessa maneira, Ladeira et al. (2009, p. [7]) complementam que:

[...] o monitoramento tem agora o objetivo de verificar, em tempo real, o cumprimento e a aderência das tabelas horárias, os tempos de viagens e velocidades, o cumprimento do itinerário, a verificação da frota operante, a interface com a central de informações/reclamações, entre outros.

6.2.1 Nova tecnologia

A partir da utilização do SOMArt, o monitoramento por meio da GECOMM¹⁸ passou a ser realizado por dois módulos distintos que podem ter suas leituras cruzadas à medida que se faz necessária a supervisão dos equipamentos e a plenitude do monitoramento (LADEIRA et al., 2009).

Ladeira et al. (2009) explicam que o primeiro módulo trabalha a partir de ferramentas de monitoramento das EF. Sua principal função é informar de maneira constante e instantânea sobre eventuais falhas, diagnosticando desempenho aquém do estimado. Ainda (PORTO ALEGRE, 2010, p. [14]:

Fazem parte deste módulo do SOMArt as seguintes ferramentas:

- a) contagem de passagens de ônibus por laço magnético e por estação fixa;
- b) verificação do tempo de defasagem na comunicação;
- c) verificação do rendimento diário de cada estação;
- d) interface gráfica com média de passagens por período;
- e) informação instantânea e histórica da quantidade de ônibus em operação;
- f) informação instantânea e histórica da velocidade média de ônibus nos corredores e vias comuns;
- g) dados estatísticos diversos do funcionamento do SOMArt e do sistema de transportes monitorado.

¹⁷ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Flávio Antônio Tomelero Junior, realizada em 09/11/2012.

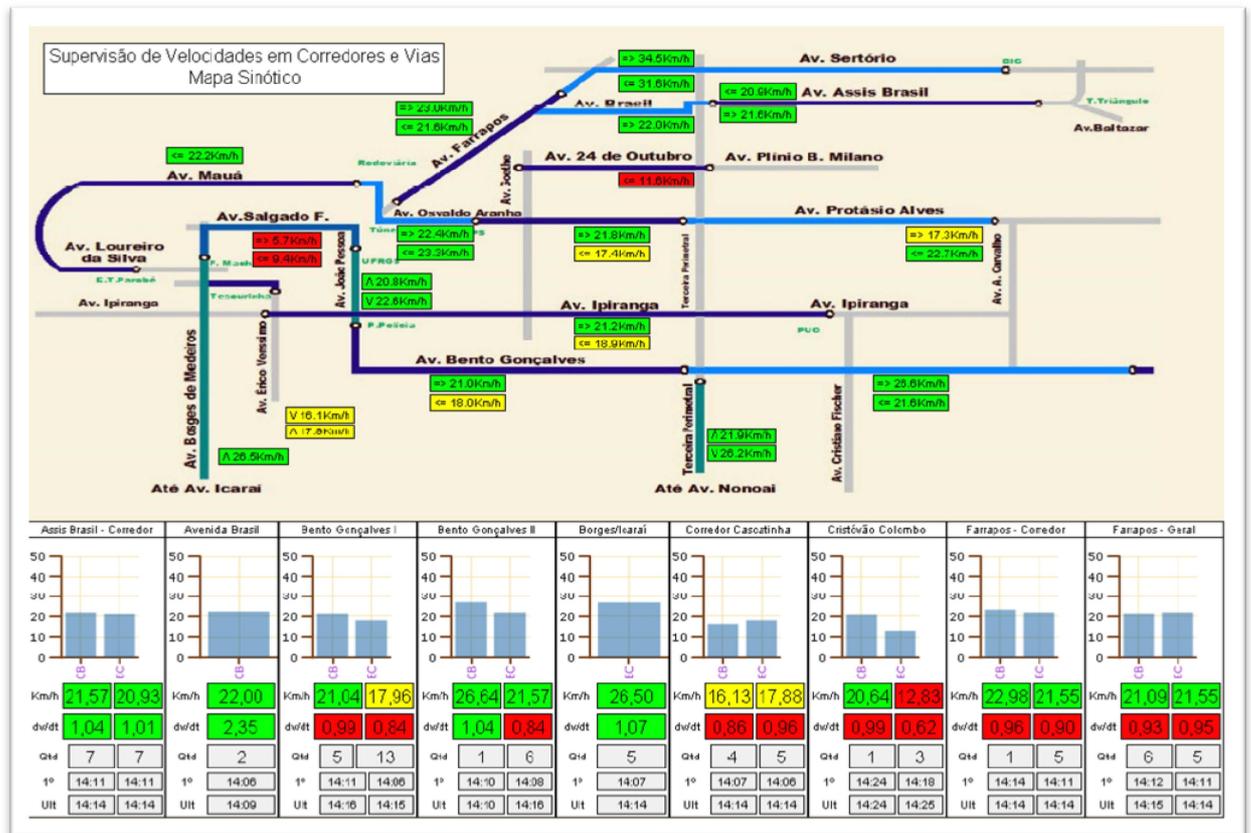
¹⁸ Na referência em questão, os autores utilizavam o termo CECOMM, pois ainda não havia sido alterado o nome.

O segundo módulo é composto por ferramentas que objetivam a fiscalização em tempo real da operação de cada linha da rede viária, monitorando problemas operacionais como faltas e atrasos com maior agilidade (PORTO ALEGRE, 2010). São ferramentas deste módulo do SOMArt (LADEIRA et al., 2009, p. [8]):

- a) Mapa Sinótico da velocidade da frota de ônibus dos corredores e vias estruturais do sistema viário [...] durante 24 horas;
- b) acompanhamento em tempo real da operação de toda a frota de ônibus urbana;
- c) monitoramento de ônibus por linha e por viagem em tempo real indicando faltas, atrasos e operações indevidas;
- d) análise das condições de carregamento para dimensionamento de quantidade de viagens e tempo de cada linha;
- e) apresentação de indicadores gerenciais do desempenho de cada linha, empresa e consórcio no cumprimento e pontualidade das viagens;
- f) apresentação gráfica do comportamento diário de cada linha;
- g) sistema de filtros e alarmes para detecção de operações indevidas como falhas no cumprimento de viagens, desvios de rota e operações expressas indevidas.

Dentre as ferramentas disponíveis no segundo módulo, Ladeira et al. (2009) destacam o Mapa Sinótico de velocidade da frota, uma vez que consideram a velocidade média operacional como um dos fatores determinantes da frota operante e da programação horária. A figura 12 apresenta o Mapa e sua utilização

Figura 12 – Mapa Sinótico do SOMArt



(fonte: LADEIRA et al., 2009)

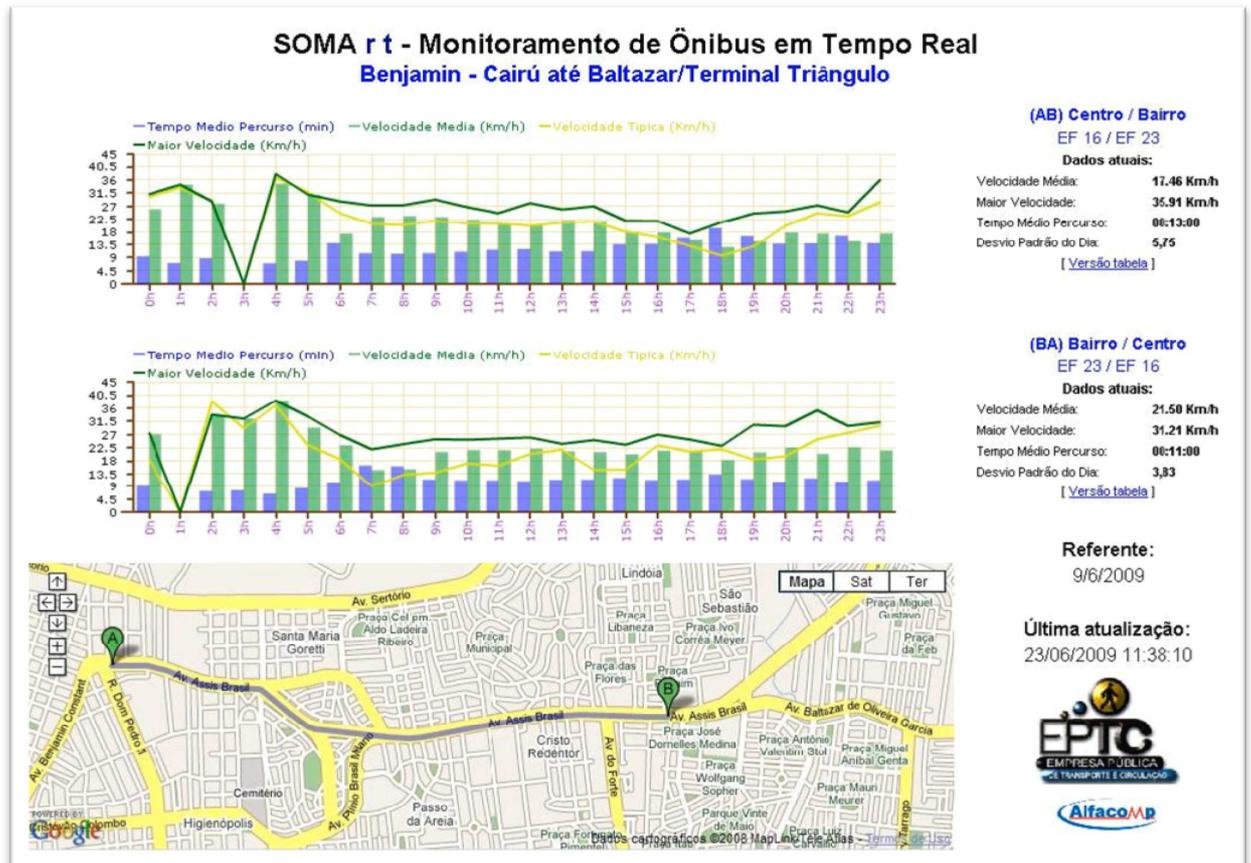
De acordo com a figura, é possível identificar a representação gráfica das velocidades instantâneas tanto dos corredores e quanto dos principais eixos da cidade. Na parte inferior do mapa, estão dispostas as velocidades médias de cada um dos eixos, além do número de veículos levados em consideração na determinação dessa velocidade e um fator de aceleração que indica se a via está em processo de redução ou incremento da velocidade média (PORTO ALEGRE, 2010). O esquema utilizado remete às cores do semáforo, onde:

- verde indica incremento de velocidade ou velocidade acima da média;
- amarelo remete a velocidade ou aceleração em níveis estabilizados;
- vermelho indica redução da velocidade ou velocidade abaixo da média no trecho.

Ladeira et al. (2009) apontam ainda outra ferramenta do segundo módulo como imprescindível, o monitoramento da velocidade média por trecho. Ainda complementam que “Consiste no acompanhamento gráfico e estatístico das velocidades médias e tempos de

viagem entre os trechos monitorados [...]” (LADEIRA et al., 2009, p. [9]). A figura 13 apresenta a interface gráfica deste monitorador.

Figura 13 – Monitoramento da velocidade média por trecho



(fonte: LADEIRA et al., 2009)

Na figura anterior, fica evidenciado o trecho selecionado (Benjamin-Cairú até Baltazar), e é apresentado o gráfico das velocidades média e máxima, com seus desvios padrão, além do tempo médio do percurso. Também são visíveis as EF utilizadas no processo e trechos com as informações obtidas por elas.

Através das leituras das EF, O Manual do SOMArt (PORTO ALEGRE, 2010) explana sobre o monitoramento das linhas em tempo real. O mesmo baseia-se no cruzamento das informações de passagens pelas antenas com os tempos previstos em tabela, levando-se em consideração os tempos de passagem em cada antena, que são definidos previamente. Dessa forma, “Observa-se se os ônibus estão passando no horário previsto ou se estão atrasados, ou ainda se as viagens não foram cumpridas.” (LADEIRA et al., 2009, p. [10]).

6.2.2 Substituição da tecnologia

Sobre a atualização do sistema, Ladeira et al. (2009, p. [11]) complementa sobre “O uso do GPS [que] irá propiciar uma cobertura total do sistema, acurácia das informações, maior controle e eficiência do serviço prestado.”. Entretanto, a EPTC ainda está em estudo sobre a substituição da tecnologia das Antenas Fixas, para uma tecnologia mais atual, sem definição sobre essa. Após a elaboração do projeto, deverá ser realizada uma consulta aos fabricantes sobre o fornecimento dessa tecnologia para a Prefeitura de Porto Alegre (informação verbal)¹⁹.

6.3 ANÁLISE CRÍTICA

A partir do estudo do Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente e sua atualização para a versão em Tempo Real, é possível realizar a análise sobre as condições de utilização da tecnologia utilizada pela EPTC. A seguinte descrição remete à análise do autor sobre o tema.

Baseada na tecnologia disponível no final da década de 1990, tanto em nível de infraestrutura quanto no âmbito da comunicação, a opção pelo uso de Antenas Fixas como AVL para o monitoramento do transporte coletivo em Porto Alegre mostrou-se eloquente. O tipo de análise obtida por meio dos processos de comunicação disponíveis na época agregou qualidades importantes ao sistema de transporte por ônibus na Cidade.

A releitura oferecida pela atualização do SOMA para o SOMArt, a partir do lançamento de pacotes de dados em intervalos de tempo menores e com uma nova manipulação nos dados obtidos, aferiu, novamente, qualidade ao sistema, que já enfrentava diversas limitações decorrentes da tecnologia então limitada. Nesse período, novas tecnologias já poderiam ser utilizadas, como o uso de GPS. A atualização realizada, com pouca ampliação no número e na distribuição das Antenas Fixas, limita o monitoramento da frota de ônibus do Município, fazendo com que haja uma baixa resolução do sistema (informação verbal)²⁰. Ainda assim, a partir do SOMArt, a utilização de tecnologia de comunicação por GPRS em detrimento ao uso de radiofrequência em EF nas regiões de sombra permite que se analise como uma evolução o esquema de transmissão de dados.

¹⁹ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Flávio Antônio Tomelero Junior, realizada em 09/11/2012.

²⁰ Idem.

É importante salientar, entretanto, que em virtude da nova leitura do SOMArt, informações sobre velocidades e tempos de trechos com alta taxa de trafegabilidade puderam ser melhor acompanhados, resultando no levantamento do carregamento das principais vias da Capital. Todavia, o monitoramento dos veículos permanece limitado, visto que existem linhas que passam por poucas EF ou ainda algumas linhas alimentadoras que não passam por nenhuma delas (informação verbal)²¹. Com a aplicação de AVL diferentes, como o GPS, o controle da frota seria mais efetivo e dinâmico, sendo possível acompanhar pontualmente cada veículo e também o carregamento dos principais eixos de circulação. No campo da comunicação, regiões de sombra para transmissão por radiofrequência ou por GPRS, para o tipo de controle oferecido pela EPTC, a utilização de fibra ótica seria uma alternativa passível de ser explorada.

Dessa forma, a atualização da tecnologia do SOMArt para uma mais atual, conforme o cenário desenha-se, deve agregar, novamente qualidade à fiscalização e ao monitoramento da EPTC. Também, por meio desta atualização, os Sistemas de Informação ao Usuário, os quais atualmente limitam-se ao contato telefônico a uma central de atendimento e por meio de informações estáticas (como mapas e horários dispostos em pontos da rede) poderão ser explorados de maneira mais condizente aos APTS atuais.

²¹ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Flávio Antônio Tomelero Junior, realizada em 09/11/2012.

7 O SISTEMA TRANSPORTADOR SUL

De acordo com a distribuição das empresas transportadoras de passageiros em bacias de operação no Município (PORTO ALEGRE, 2011), o Consórcio Sistema Transportador Sul – STS – foi fundado em dois de dezembro de 1996 e, originalmente, foi formado pela união das empresas operadoras da região sul de Porto Alegre. Eram elas:

- a) Transportes Coletivos Trevo;
- b) Viação Teresópolis Cavalhada;
- c) Viação Belém Novo;
- d) Restinga Transportes Coletivos;
- e) Expresso Cambará.

Entretanto, essa última foi extinta em 2006 tendo então as linhas que operavam distribuídas entre as outras empresas. Até 2011, o Consórcio atendia a 60 bairros localizados na bacia de transporte sul de Porto Alegre, percorrendo 3.156.990,31 quilômetros por mês para transportar um total de passageiros no período da ordem de 8.420.448 utilizando-se de uma frota de 483 veículos (LOVATTO, 2011).

Atualmente, o STS já conta com 503 veículos categorizados de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Frota do Consórcio STS

Veículo	Adaptado Portador Deficiência (APD)	Ar Condicionado	APD Ar	Sem APD Ar	Total
Padron	175	24	58	171	428
Truckado	2	0	0	22	24
Articulado	29	0	10	12	51
Total	206	24	68	205	503

(fonte: adaptado de MACHADO, 2012)

Com a finalidade de gerenciar uma frota desta magnitude e a disposição dos diferentes tipos de veículos da mesma na rede viária, e tendo como premissa a manutenção e o acréscimo da demanda de transporte coletivo, desde 2009 o STS passou a utilizar-se de Sistemas Inteligentes de Transportes uma vez que “Possibilita melhorias no gerenciamento e operação

do sistema de transporte, aumento da mobilidade, redução dos tempos de espera e tempos perdidos, informações sobre itinerários e horários.” (SISTEMA TRANSPORTADOR SUL, 2010a, p[4]).

7.1 ESCOLHA DA TECNOLOGIA

O primeiro passo dado pelo Consórcio, ainda em 2008, foi a escolha das tecnologias e dos *softwares* e de *hardwares* a serem utilizados. Para tanto, foram realizadas diversas visitas técnicas a cidades onde essas tecnologias já se encontravam em operação. As cidades visitadas foram (informação verbal)²²:

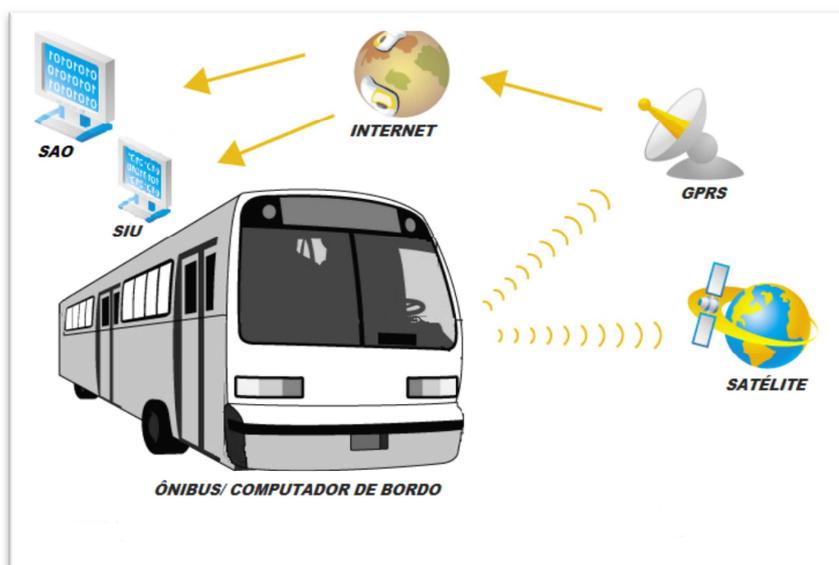
- a) Fortaleza;
- b) Goiânia;
- c) Lisboa;
- d) Pequim;
- e) Rio de Janeiro;
- f) Xangai;
- g) Zen Zun.

De posse das informações sobre as tecnologias utilizadas nestas cidades, foi possível definir aquela que melhor se encaixava às necessidades específicas do STS. O passo seguinte foi o estudo de diferentes empresas prestadoras do tipo de serviço definido. Ao final desse *benchmarking*, ficou acertado o uso de um computador de bordo equipado com GPS e *chip* de operadora de telefonia móvel habilitado com plano de dados utilizando tecnologia de Serviço de Rádio de Pacote Geral – GPRS (informação verbal)²³. O funcionamento do AVL em questão pode ser apresentado na figura 14.

²² Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren (coordenador) e Fernando Curuja, responsáveis pelo Centro de Controle Operacional – CCO – do Consórcio Sistema Transportador Sul – STS, realizado em 07/11/2012 no Centro de Controle Operacional do Consórcio.

²³ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Antônio Augusto Dornelles Lovatto, gerente executivo do Consórcio Sistema Transportador Sul – STS realizada em 02/11/2012 em sua sala na sede do Consórcio.

Figura 14 – Esquema de comunicação GPRS



(fonte: adaptado de INFOTRANSPORTE, 2009)

Nessa figura, é possível visualizar o caminho da informação. O processo inicia pela localização do veículo através da triangulação de satélites, localizando o GPS instalado no ônibus. Passa pela transmissão das coordenadas de localização do veículo, via GPRS, para a empresa responsável pelo *software* do ITS que realiza a manipulação dos dados. Encaminha a informação organizada para sua disponibilização tanto para o Sistema de Apoio à Operação, aos cuidados dos operadores do serviço no Centro de Controle e Operação – CCO, quanto para os Sistemas de Informação ao Usuário, para apreciação dos usuários do transporte público, via *web*, paradas inteligentes ou tecnologia móvel para ter acesso à informação. Todo esse ciclo de informações ocorre a cada dez segundos, de modo a se obter a informação em tempo real, com atualizações constantes. Além da posição do veículo, com uso do computador de bordo embarcado nos veículos, outros indicadores do traslado dos ônibus são passíveis de serem obtidos de acordo com o serviço contratado (DEEP RED, 2010).

Ainda de acordo com a empresa, o computador de bordo instalado nos ônibus (figura 15) é equipado com um painel de informações e um conjunto de LEDs para informação visual, por parte do motorista, sobre não conformidades e frequência na linha. Esses em comunicação direta com o CCO do operador (DEEP RED, 2010).

- d) prestação de serviços *online* em paradas, no celular e via internet, para os clientes;
- e) controle de rotação do motor, na aceleração/frenagem e desgaste de peças, resultando, inclusive, em menor poluição ambiental.

Previamente à instalação dos ITS nos veículos, aproximadamente apenas 30% da frota podia ser fiscalizada. Uma vez implementada a tecnologia, efetivamente 100% dos horários de ônibus passaram a ser fiscalizados (CUSTÓDIO, 2010). Para atingir essa totalidade, foi necessária a criação de um Centro de Controle Operacional – CCO, em 2010, equipado com estações de monitoramento para doze controladores distribuídos em três turnos de 7:10 horas cada, com monitoramento online das cinco horas da manhã até as 23:50 (informação verbal)²⁵. Através do CCO, o controle da frota passou a ser realizado sete dias por semana, 24 horas por dia atingindo uma eficiência de 98% de cobertura da frota (LOVATTO, 2011).

7.2.1 Projeto piloto

O processo de instalação do APTS no STS teve início por meio de uma linha de ônibus piloto. A linha escolhida pelo Consórcio foi a Linha 282 – Cruzeiro do Sul, sob motivação de ter seu terminal de bairro próximo à sede do Consórcio e, portanto, mais acessível para realizar os testes e aferir os resultados. Além da proximidade, o fato dessa linha em particular ser operada por diferentes empresas componentes do STS e apresentar um itinerário bem característico da malha viária de Porto Alegre, com faixa segregada em alguns trechos e compartilhada noutros, haver uma renovação de passageiros ao longo do itinerário e trafegar sob vias de carregamento bem variado ao longo das diferentes faixas horárias também favoreceu a escolha (informação verbal)²⁶. Neste projeto, foram equipados com o AVL e os sensores administrados pelo computador de bordo inicialmente 18 veículos e o levantamento de dados inicial foi realizado de julho a outubro de 2009 (LOVATTO, 2011). No período, ainda segundo Lovatto (2011), os seguintes indicadores tiveram alterações significativas:

- a) aceleração brusca: caiu de aproximadamente 380 ocorrências para próximo de zero;
- b) freada brusca: caiu de aproximadamente 500 ocorrências para zero;

²⁵ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

²⁶ Idem.

- c) excesso de velocidade: variou ao longo do período sem queda significativa nos índices.
- d) uso excessivo da embreagem: indicador com melhora mais significativa, registros caindo de aproximadamente 70.000 ocorrências para próximo de zero.

Beuren e Curuja afirmam que uma vez que os registros de excesso de velocidade não obtiveram uma melhora significativa na fase de testes com o projeto piloto, e, devido ao fato de ser um indicador muito amplo, dando subsídio para aferição do número de acidentes, segurança e conforto no trânsito e aos passageiros, desgaste dos veículos e peças, consumo de combustível e de motivações ambientais e sustentáveis, mostrou-se necessário realizar um acompanhamento mais detalhado desse indicador (informação verbal)²⁷. Com base nessa justificativa, Lovatto (2011) complementa que o excesso de velocidade passou a ser monitorado com especial atenção e seus relatórios passaram a ser realizados de forma *online* e *offline*, ou seja, por intermédio do monitoramento dos controladores nos turnos de trabalho e dos registros realizados pelo ITS que são depurados após a ocorrência, respectivamente.

Estes indicadores, a partir do monitoramento, de início já acarretaram na redução de 5% no número de acidentes envolvendo ônibus, mostrando assim que, além de aferir maior regularidade ao sistema, o uso dos ITS e da telemetria embarcada favorecem também a segurança no trânsito (LOVATTO, 2011).

7.2.2 Implantação na frota total

Após a realização do projeto piloto na Linha 282 – Cruzeiro do Sul e o levantamento de indicadores realizados nele, o restante da frota foi equipado com o AVL e o computador de bordo ao longo de seis meses, apresentando uma média mensal de 80 instalações em veículos, variando devido ao tempo de instalação dos equipamentos bem como do fornecimento de peças e de *chips* de telefonia (informação verbal)²⁸. Em paralelo à instalação desses equipamentos embarcados, foi realizado o cadastramento de todas as paradas de ônibus com sua localização na malha viária do Município registrada por meio de GPS (LOVATTO, 2011).

²⁷ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

²⁸ Idem.

Virtualmente, no mesmo período de implantação, todas as linhas do Consórcio foram mapeadas com seus itinerários sendo traçados nos mapas virtuais de Porto Alegre disponibilizados no *software* do fornecedor. Simultaneamente, as velocidades de operação nas diferentes vias foram parametrizadas e definidas no mapa viário, devido à flexibilidade da tecnologia utilizada. Também houve necessidade de análise da qualidade do sinal de voz e de dados das operadoras de telefonia contratadas para realizar a transmissão dos dados do computador de bordo para o CCO. (LOVATTO, 2011). Nesse quesito do sinal de celular, de acordo com os responsáveis pelo CCO, uma vez que a bacia sul de Porto Alegre abrange áreas muito distantes e de aclives acentuados, nenhuma operadora forneceu qualidade de transmissão do sinal de forma satisfatória, além de se ter observado problemas com a assistência técnica das operadoras, de modo que foi necessária a utilização de duas prestadoras do serviço, cada uma operando próximo à 50% da frota, com pequena diferença percentual entre elas, para atender o mínimo aceitável de eficácia na transmissão (informação verbal²⁹).

No âmbito da capacitação de pessoal, Lovatto (2011) apresenta que foram treinados os controladores do sistema, oriundos de outros setores do Consórcio em um curso de caráter teórico-prático com carga horária de quarenta horas. Por sua vez, os novecentos motoristas das empresas formadoras do STS foram treinados com curso de quatro horas teóricas e quatro horas práticas.

7.3 UTILIZAÇÃO DO ITS

O monitoramento da frota de ônibus do Consórcio, através das estações do CCO se dá por duas interfaces gráficas diferentes. Ambas utilizando o ambiente *web*, todavia com padrões de visualizações diferentes.

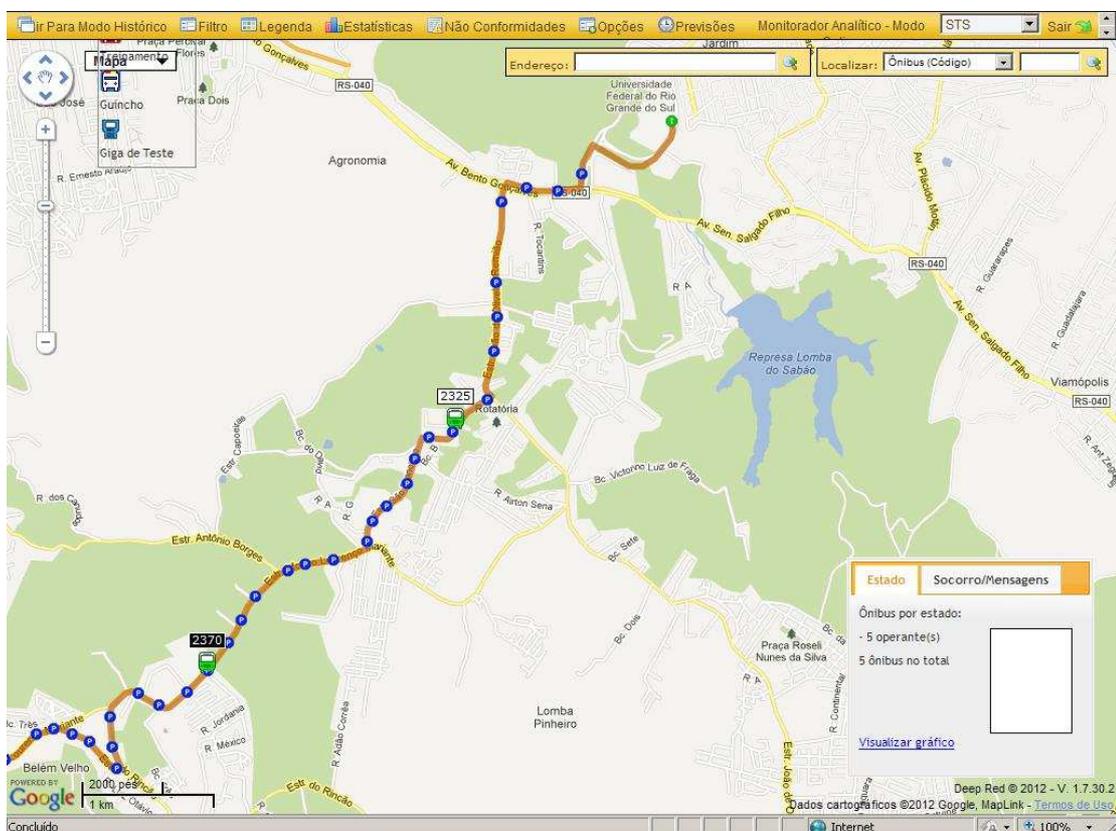
A interface de Monitoramento Analítico é apresentada através de dois módulos, o módulo Histórico e o módulo *Online*. Por meio do módulo Histórico é possível consultar dados da frota baseado em um momento passado, de acordo com a escolha do prefixo do carro, do horário inicial do acompanhamento e do intervalo de tempo entre cada informação. Já o módulo *Online* é utilizado para o acompanhamento em tempo real de determinado veículo ou

²⁹ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

ainda linha. Pode-se acompanhar mais de uma linha simultaneamente, obtendo em tempo real o número de veículos em operação (informação verbal)³⁰. Ambos módulos subsidiam-se em mapas atualizados da Cidade, onde estão parametrizadas as linhas e os veículos.

O Monitorador Analítico tem por objetivo principal, portanto, visualizar o andamento de determinada linha, ou linhas, dentro da malha viária do Município. Os indicadores de rota são visíveis de acordo com a observação visual do veículo fora do itinerário marcado pela linha, conforme a figura 16.

Figura 16 – Monitorador Analítico



(fonte: elaborada pelo autor)

Por sua vez, o Monitorador Sintético, como o próprio nome indica, sintetiza as informações a serem monitoradas. Nesse módulo, são filtrados até 80 veículos, em um número de linhas variável para alcançar esse número, com a finalidade de serem acompanhados linearmente. Por meio dessa interface de monitoramento ganha-se agilidade no controle de um número mais elevado de veículos, como pode ser verificado na figura 17. No Monitorador Sintético

³⁰ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

verifica-se de maneira eficaz o *headway* de dois veículos operando na mesma via, os tempos e distâncias dos veículos na sua aproximação às paradas registradas para a linha em operação no momento, sendo assim a interface mais indicada para o acompanhamento da tabela horária (informação verbal)³¹.

Figura 17 – Monitorador Sintético



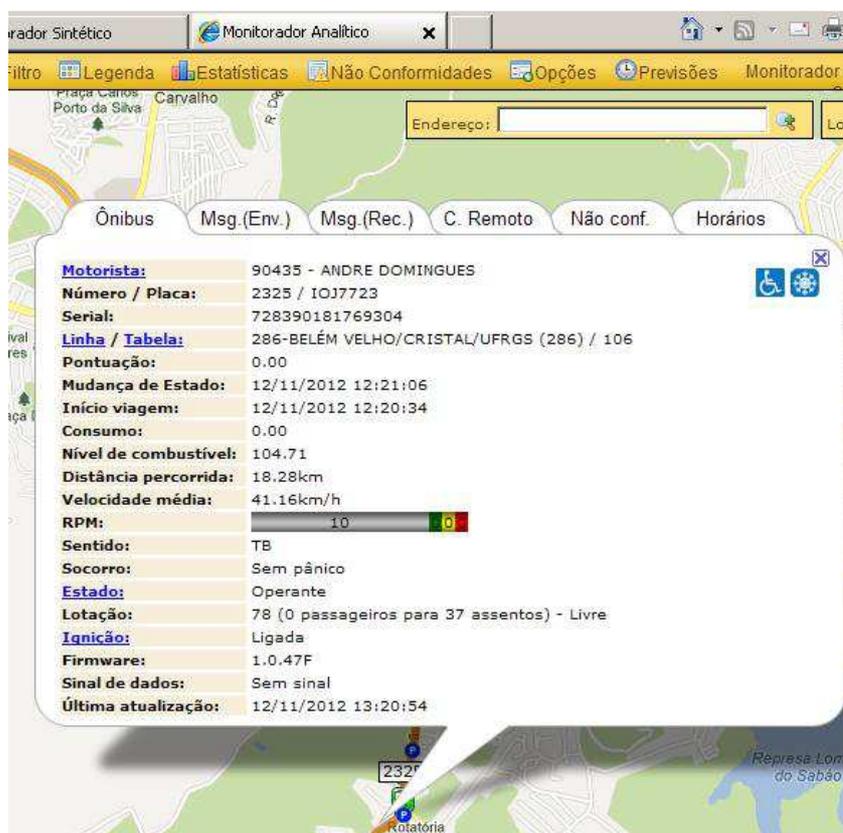
(fonte: elaborada pelo autor)

Independente da interface em utilização no momento, os responsáveis pelo CCO salientam que os indicadores de todos os ônibus podem ser visualizados através da interação com o mapa, clicando sobre o veículo ao longo do seu itinerário. Após esse clique, podem-se obter diferentes informações sobre o carro selecionado, de acordo com a figura 18 (informação verbal)³².

³¹ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

³² Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

Figura 18 – Indicadores dos Veículos



(fonte: foto do autor)

7.3.1 Sensores telemétricos utilizados pelo STS

Com as informações dos veículos abertas na tela, são visualizados os indicadores de acordo com os sensores de telemetria instalados nos veículos. No caso da frota do STS, são medidos e, portanto, passíveis de serem observados, os indicadores descritos a seguir, ainda em fase de testes por parte das empresas e do fornecedor do *software*.

7.3.1.1 Rotação do motor e ignição

Indicador que remete ao número de giros do motor e à verificação quanto ao estado da chave de ignição do mesmo. Por intermédio do sensoriamento desse item, é possível identificar o estado de **motor ocioso**, quando o motorista fica muito tempo sem se deslocar e sem desligar o veículo, gerando consumo elevado de combustível e poluição ambiental. Ainda, é possível

conhecer a rotação média de um determinado veículo no decorrer da jornada de trabalho, ao longo da linha em operação e do motorista ao volante (informação verbal)³³.

7.3.1.2 Velocidade média

Obtida em função da distância percorrida e do tempo despendido para tanto. Com base em variações abruptas dessa velocidade, é possível obter alertas de acelerações e de frenagens bruscas (informação verbal)³⁴. Através ainda do controle de velocidade, verifica-se seu excesso de acordo com o registro da velocidade limite da via em que o mesmo está trafegando e as velocidades parametrizadas previamente pelo CCO (informação verbal)³⁵.

7.3.1.3 Embreagem pressionada

Os responsáveis pelo CCO do Consórcio descrevem que esse indicador remete ao uso excessivo do pedal de embreagem, peça que historicamente apresenta desgaste elevado no âmbito do transporte público. Diferentemente dos demais, não se trata de um sensor e sim de um interruptor. Esse indicador não está disponível para todas as empresas componentes do Consórcio, uma vez que é facultativo a cada uma optar pela instalação do interruptor, de acordo com os relatórios que consideram pertinentes.

7.3.1.4 Nível do tanque de combustível;

De acordo com Beuren e Curuja, esse sensor que controla o nível de óleo diesel no reservatório dos veículos. Assim como o interruptor de embreagem, esse recurso é facultativo à escolha das empresas (informação verbal)³⁶.

7.3.2 Sensores telemétricos não utilizados pelo STS

Além dos itens disponíveis para análise utilizados pelo STS, o APTS instalado ainda apresenta outras opções de sensoriamento (DEEP RED 2010):

³³ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

³⁴ Informação obtida em entrevista com o engenheiro Antônio Augusto Dornelles Lovatto, realizada em 02/11/2012.

³⁵ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

³⁶ Idem.

- a) **roleta**, com aferição do número de passagens pela roleta ao longo do itinerário;
- b) **ocupação do veículo**, com sensores de movimento nas portas de embarque e desembarque. Úteis nas pesquisas de embarque/desembarque dos passageiros da linha;
- c) **acelerômetro**, indicador que verifica as inclinações do veículo ao longo da operação, identificando aclives e superelevações de curvas de conversão;
- d) **sensor de portas**, registrando o número de vezes que as portas dos veículos são abertas em cada parada do veículo. Úteis para identificar possíveis recusas de embarque.

Entretanto, por razões que fogem ao objetivo deste trabalho, ainda não estão disponíveis para controle e, portanto, não são abordadas.

7.3.3 Relatórios disponíveis

Através da telemetria e do monitoramento analítico e sintético, é possível realizar (SISTEMA TRANSPORTADOR SUL, 2010a, 2010b):

- a) controle da regularidade das linhas, com a manutenção do *headway* planejado para a mesma;
- b) prevenção da formação de comboios, com o controle da velocidade de operação dos veículos, de itinerário e da ultrapassagem assistida em pontos de parada.

Para esse tipo de atividade, o Consórcio optou pela customização do *software* fazendo com que seja possível armazenar por até seis meses todos os registros do ITS, para posterior análise e emissão de relatórios (informação verbal)³⁷.

A emissão dos relatórios de cada sensor instalado nos veículos e dos controles de velocidade são gerados regularmente e os mesmos são remetidos a cada um dos intervenientes, sejam eles outros setores do Consórcio ou empresas participantes, para apreciação e medidas cabíveis quando se fazem necessárias (informação verbal)³⁸. Ainda de acordo com os responsáveis pelo CCO, entre os relatórios obtidos é importante salientar o relatório de excesso de velocidade, separados para os limites de 50 km/s e 60 km/s e o preenchimento dos Mapas. Esses são listagens com horários de partida previstos de cada linha, tabela de tripulação para o

³⁷ Informação obtida em entrevista com o administrador Eduardo Beuren e Fernando Curuja, realizada em 07/11/2012.

³⁸ Idem.

cumprimento da viagem e lacunas para confirmação, por parte do operador do CCO, do prefixo do veículo e os tempos realizados de cada linha.

7.4 ANÁLISE CRÍTICA

A partir do estudo do Sistema Avançado de Transporte Público utilizado pelo STS, é possível realizar uma análise sobre as condições de utilização da tecnologia. A seguinte descrição remete à análise do autor sobre o tema.

O desenvolvimento da tecnologia, colaborativamente entre o Consórcio e a empresa Deep Red está bastante adiantado no Sistema de Ajuda à Operação tanto no uso do AVL, quanto no desenvolvimento constante do *software* de monitoramento, como relatado ao longo deste trabalho. Entretanto, principalmente devido a fatores externos ao estudado como de problema na infraestrutura e serviço de telefonia móvel, o Sistema de Informação ao Usuário não está sendo amplamente explorado. Existe uma lacuna nesse assunto, remetendo à escassez de testes sobre o aplicativo de informação ao usuário, bem como um melhor desenvolvimento da ferramenta, que não funciona amplamente em qualquer dispositivo eletrônico. Além disso, a experiência tanto do STS quanto da EPTC e, ainda, de acordo com a literatura, remete à dificuldade de instalação de dispositivos de informações estáticos ou dinâmicos em terminais, estações e paradas por motivos culturais, como pichações, vandalismo e roubo, e por questões de tecnologia e infraestrutura deficitárias.

No quesito monitoramento de tabela horária, o confronto dos horários previstos de cada linha, listados nos Mapas utilizados no CCO, com os horários efetivamente realizados pelas linhas, remete à identificação de inconformidades eventuais ou rotineiras que podem ser analisadas e vinculadas a problemas de tripulação, tabela horária, trânsito ou ainda fatores externos, para cada linha monitorada pelo setor. Entretanto, foi observado ao longo do trabalho que, por ainda ser uma abordagem inovadora e em processo de construção, algumas dessas ocorrências não passam pelo tratamento necessário, sendo ainda um ponto que deva ser otimizado no monitoramento via ITS. Os caminhos entre ocorrência, geração de relatórios, ciência dos responsáveis e providência sobre o ocorrido carece de agilidade. Se faz necessário porém, salientar que este tipo de situação representa números percentuais muito baixos, da ordem de 4% das atividades geridas pelo ITS.

Por razões que fogem à análise deste trabalho, o controle da roleta dos veículos não está sendo realizado pelo computador de bordo dos veículos da empresa responsável pelo ITS, o que acarreta no não levantamento da demanda que efetivamente trafega nos carros. Se esse recurso estivesse disponível, seria possível, em tempo real, realizar pesquisas de demanda, de embarque/desembarque e repensar em tempo muito mais curto o planejamento de linhas e tabelas sem a instalação de outros sensores nos veículos e métodos com utilização de abordagens junto aos usuários.

Sobre a telemetria, de acordo com os responsáveis do CCO do Consórcio, alguns dos sensores que estão em testes instalados nos veículos para realização da telemetria de indicadores, não apresentam resultados satisfatórios, uma vez que determinadas amostras evidenciam além de dados imprecisos, erros na aferição. Este fato remete a certa fragilidade do equipamento em teste, que por vezes se mostra sensível inclusive à variação de temperatura e à umidade podendo ser fonte de estudo e aprimoramento. Como alternativa a esse problema, existe a possibilidade de utilização do computador de bordo instalado de fábrica nos veículos, o Canbus, que aferem com maior precisão e confiabilidade informações sobre os carros. Entretanto, apenas uma das fábricas dos chassis dos veículos disponibiliza o protocolo de acesso aos seus equipamentos fazendo com que esta alternativa ainda não seja viável em larga escala.

Por fim, no aspecto da prestação do serviço de comunicação, durante as entrevistas e com base nos estudos feitos junto ao SafeBus, é necessário salientar que a prestação de serviço das operadoras de telefonia móvel não é satisfatória. Isso influencia diretamente no êxito do uso de ITS no transporte coletivo, uma vez que ao se perder o sinal com o veículo, as informações de itinerário e de telemetria não são transmitidas e o controle da operação fica prejudicado. Ainda em função desse tipo de contratempo, o Sistema de Informação ao Usuário cujas pesquisas preliminares não apresentaram rendimento satisfatório, havendo falta de precisão na informação de tempo e de distância dos veículos gerada aos usuários, remete a dúvidas quanto a origem do problema. Estão programadas pesquisas e testes para identificar se esta imprecisão é devido ao sinal de transmissão de dados do GPS ao computador de bordo, ou do computador de bordo ao servidor de armazenamento dos dados ou ainda do servidor ao usuário na parada que solicita a informação. Esse problema é abordado em diferentes trabalhos e existem levantamentos que remetem a uma situação mais generalizada, não limitada apenas a Porto Alegre.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de Sistemas Inteligentes de Transportes, através do uso de Sistemas Avançados de Transporte Público, tanto na Ajuda a Operação quanto na Informação ao Usuário, é de suma importância para a mobilidade urbana. Dispondo de um serviço com confiabilidade e regularidade, a demanda de usuários do transporte coletivo pode ser mantida e inclusive incrementada.

Com a tecnologia implementada em Porto Alegre pelo órgão gestor a partir de 1999 e posteriormente atualizada, em 2009, o APTS agregou qualidade ao transporte público Municipal. A tecnologia utilizada pelo Consórcio STS, por sua vez, trouxe à Cidade o que há de mais recente no âmbito do APTS. Ambas tecnologias apresentam atribuições de controle, monitoramento e fiscalização da frota de ônibus da Capital, cada uma com sua resolução e área de abrangência. Por meio do uso desta tecnologia, gestores e operadores do sistema obtém informações referentes ao controle da malha viária por onde atuam.

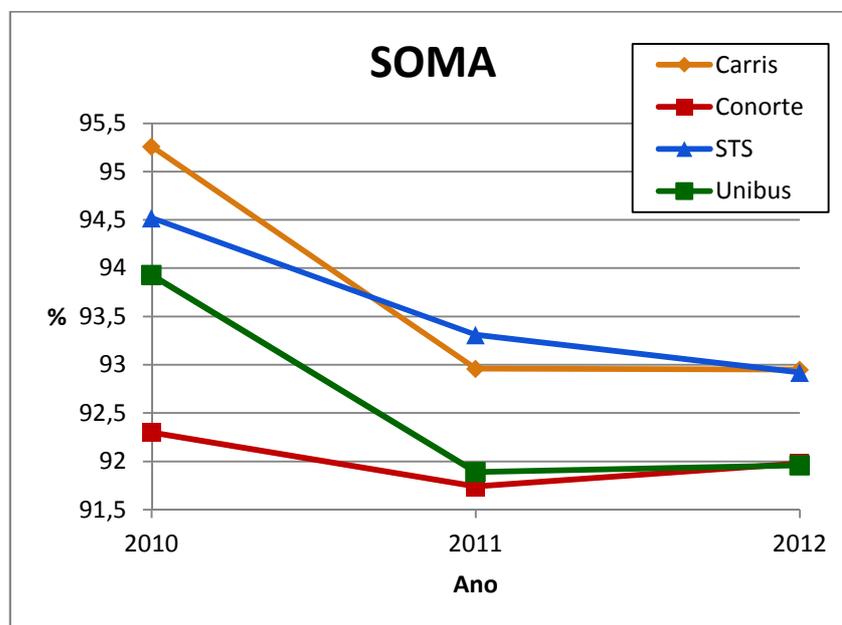
Entretanto, como carências, é necessário salientar que tanto o sistema SOMArt da EPTC como o SafeBus do STS apresentam pontos a serem explorados e otimizados. No caso do APTS da prefeitura a escassez de EF remete a uma baixa cobertura da malha viária, o que infere num controle limitado da operação dos ônibus urbanos. O custo de instalação de novas EF não se faz viável e para tanto a EPTC atesta que desenvolve projeto para substituição da tecnologia. Por outro lado, o APTS utilizado pelo STS apresenta versatilidade e customização, entretanto, alguns recursos de sensoamento não se mostram eficazes e precisam ser trabalhados além de o *software* ainda ser fonte de estudo e constante atualização.

Ambas tecnologias deixam a desejar, ainda, no quesito de Sistema de Informação ao Usuário, porém, tanto a Prefeitura como o Consórcio reconhecem a importância desse serviço e planejam o atendimento desse Sistema, mesmo enfrentando limitações no serviço de telefonia móvel disponível na Cidade. No caso do STS, estão previstos testes a partir de 2013 para verificar a precisão da ferramenta de previsão de passagens dos ônibus. Caso a precisão, tendo como desvio padrão até 1 minuto, chegue a 90% dos testes, uma linha piloto terá seu acesso disponibilizado para o usuário. Caso contrário, o consórcio deverá entrar em contato com o

desenvolvedor do software para que sejam feitos aperfeiçoamentos. No caso da EPTC, juntamente aos estudos de nova tecnologia, está sendo levado em conta o SIU.

Sob a ótica da infraestrutura viária, um fator importante deve ser salientado, uma vez que interfere diretamente no rendimento do APTS e também na condução das linhas em Porto Alegre: os corredores e faixas exclusivas com plataformas de embarque e desembarque proporcionais à demanda que as utiliza. Pontualmente, a bacia sul de operação de Porto Alegre, operada pelo STS, apresenta poucas faixas segregadas e exclusivas de ônibus. Os únicos corredores onde opera o Consórcio são pequenos trechos da Terceira Perimetral, e das avenidas Osvaldo Aranha, João Pessoa, Érico Veríssimo e Bento Gonçalves. Dessa forma, a frota divide espaço direto com veículo particular ao longo da malha viária, estando mais suscetível às influências do carregamento do trânsito, dificultando o cumprimento das tabelas horárias e influenciando negativamente nos indicadores realizados pelo SOMArt da prefeitura. A figura 19 apresenta o indicador de cumprimento de viagem realizado pelo SOMA no desempenho dos consórcios na operação, ao longo dos últimos anos.

Figura 19 – Índice de Cumprimento de Viagens pelo SOMA



(fonte: SILVA, A. P. L., 2012)

Com base na figura 19, observa-se a queda generalizada no cumprimento de viagens, para todos os prestadores do serviço, nos exercícios 2010 e 2011, reflexo da situação econômica favorável e do crescimento da frota de automóveis particulares. Complementarmente é

importante, registrar que a ferramenta ITS do Consórcio agrega qualidade e agilidade para contornar os problemas relacionados a este tipo de interferência – uma vez que o STS consegue manter-se em uma boa colocação frente aos consórcios que operam proporcionalmente mais tempo em corredores de ônibus – nos levantamentos do SOMA e teve sua queda de rendimento entre 2010 e 2011 menos acentuada que os demais.

Por fim, mas ainda com base na figura, deve-se considerar que a Prefeitura por intermédio da tecnologia SOMA mantém aferição razoável dos consórcios operantes na Cidade e que o STS através de seu ITS consegue organizar sua operação para se manter em um nível elevado no cumprimento das viagens para o ano de 2012, mesmo tendo a peculiaridade de não trafegar em faixas exclusivas. Salienta-se aqui que os dados obtidos para 2012 são um prognóstico pois até a data deste trabalho o levantamento do ano não havia sido finalizado. Assim, a justificativa pelo uso dos APTS como forma de ITS no transporte público deve ser cada vez mais explorada junto aos intervenientes do sistema para agregar regularidade e confiabilidade ao sistema, atraindo novos usuários e mantendo os já passageiros, com vistas a um serviço prestado com qualidade e confiança.

REFERÊNCIAS

ALFACOMP AUTOMAÇÃO E TELEMETRIA. [**Antena do SOMArt, coleta de dados, em Porto Alegre**]. Porto Alegre: 2008. Disponível em:

<<http://www.alfacomp.ind.br/site/artigosNoticiasInterna.asp?idNoticia=5&tipo=noticias>>. Acesso em: 3 jun. 2012.

AUSTRALIA. House of Representatives Standing Committee on Transport and Regional Services. **The parliament of the commonwealth of Australia moving on intelligent transport systems**. Camberra: Parliament of Australia, 2010. Disponível em:

<<http://parlinfo.aph.gov.au/parlInfo/search/summary/summary.w3p;adv=yes;orderBy=customrank;page=0;query=%22ITS%20in%20australia%3A%20an%20overview%22;resCount=Default>>. Acesso em: 14 maio 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional do Transporte e da Mobilidade Urbana. Serviço ao usuário. In: _____. **Manual do BRT – Bus Rapid Transit: guia de planejamento**. Brasília, DF, 2008. Disponível em:

<<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/ManualBRT.pdf>> Acesso em: 11 abr. 2012. p. 340-367.

CEDER, A. **Public transit planning and operation: theory, modeling and practice**. 1st ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. 2007.

CUSTÓDIO, A. Big brother viaja de ônibus. **Diário Gaúcho**, Porto Alegre, 10 dez. 2010. Disponível em: <<http://diariogauchoclicrbs.com.br/rs/noticia/2010/12/big-brother-viaja-de-ônibus-3137464.html>>. Acesso em: 15 out. 2012.

DEEP RED. **Safe Bus**. Porto Alegre. 2010. Apresentação em Power-Point.

DIAS, P. R. S. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <guilherme@sts.com.br> em 08 nov. 2012.

HALLENBECK, M. E.; BOYLE, T.; RING, J. **Use of automatic vehicle identification techniques for measure traffic performance and performing incident detection**.

Washington, DC: Washington State Transportation Center, 1992. Disponível em: <<http://www.transnow.org/files/final-reports/TNW92-10.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.

INFOTRANSPORTE. [**Esquema de comunicação do GPS**]. Porto Alegre. 2009. Disponível em:

<<http://www.expotrade.com.ar/sites/expotrade/index.php/200906261697/PRENSA/NOTAS/El-gobierno-porteno-instalo-GPS-en-colectivos-para-monitorear-el-transito.html?ed=61>>. Acesso em: 31 out. 2012.

LADEIRA, M. C. M.; MICHEL, F. D.; PAVANATTO, S. A. Monitoramento da operação de transporte público: o caso de Porto Alegre. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 23., 2009, Vitória. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2009. Não paginado. 1 CD-ROM.

LOVATTO, A. A. D. Estudo de caso 5: Porto Alegre. In: ENCONTRO DE BOAS PRÁTICAS, 12., 2011, Porto Alegre. **Sistemas Inteligentes de Transportes**. Brasília: NTU, 2011. Disponível em: <<http://www.eventosdantu.com.br/12encontro/>>. Acesso em: 25 out. 2012.

MACHADO, J. B. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <guilherme@sts.com.br> em 30 out. 2012.

MONTEIRO, C. M.; LADEIRA, M. C. M. Porto Alegre: avaliação do sistema viário principal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 15., 2006, Goiânia. **Anais...** São Paulo: ANTP, 2006. Não paginado. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/antp_15congr/pdf/TU-031.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2011.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal de Transporte. **Lei n. 8133**, de 12 de janeiro de 1998. Dispõe sobre o Sistema de Transporte e Circulação no Município de Porto Alegre, adequando a legislação municipal à federal, em especial, ao Código de Trânsito Brasileiro e dá outras providências. Porto Alegre, 1998. Disponível em: <http://www.camarapoa.rs.gov.br/biblioteca/integrais/lei_8133.htm> Acesso em: 9 nov. 2012.

_____. Empresa Pública de Transportes e Circulação. **Manual do usuário: SOMArt – Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente: versão 1.0**. Porto Alegre: EPTC, 2010.

_____. Empresa Pública de Transportes e Circulação. **Transporte em Números: indicadores anuais de mobilidade urbana**. Porto Alegre, n. 11, 2011. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/observapoa_2011/usu_doc/revista-parte01-modal_onibus-pg_01-18.pdf>. Acesso em: 21 set. 2012.

_____. Companhia Carris Porto Alegrense. **História**. Porto Alegre, [2012?]. Disponível em: <http://www.carris.com.br/default.php?reg=3&p_secao=61>. Acesso em 21 set. 2012.

RIO GRANDE DO SUL. Departamento Estadual de Trânsito. **Frota em Circulação de Veículos Nacionais e Importados por Município de 2007 a 2009**. Porto Alegre, [2010?]. Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/uploads/1297860587Frota_por_Municipio_Nacionais_e_Importados.pdf>. Acesso em: 22 maio 2012.

RUSSO, F. F. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <guilherme@sts.com.br> em 12 nov. 2012a.

_____. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <guilherme@sts.com.br> em 21 nov. 2012b.

SANTI, C. E. G.; GOLDNER, L. G. Aceitação de sistemas avançados de informação ao condutor – ATIS – por diferentes categorias de condutores em cidades brasileiras de porte médio. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP, v. 31, n. 121, p. 81-91, jan./abr. 2009.

SCHEIN, A. L. **Sistema de informação ao usuário como estratégia de fidelização e atração**. 2003. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5010/000418503.pdf?sequence=1>>.
Acesso em: 23 abr. 2012.

SILVA, A. P. L. Publicação Eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <guilherme@sts.com.br> em 7 nov. 2012.

SILVA, D. M. da **Sistemas inteligentes no transporte público coletivo por ônibus**. 2000. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3134/000287914.pdf?sequence=1>>.
Acesso em: 23 abr. 2012.

SISTEMA TRANSPORTADOR SUL. **Sistema Inteligente de Transporte**. Porto Alegre. 2010a. Apresentação em Power-Point.

_____. **Linha 282 – Cruzeiro**. Porto Alegre. 2010b. Apresentação em Power-Point.

UNITED STATES OF AMERICA. The Federal Transit Administration. Transit Cooperative Research Program. **TCRP Synthesis 24: AVL Systems for Bus Transit**. Washington, DC: Transportation Research Board Executive Committee, 1997. Disponível em: <<http://web.tongji.edu.cn/~yangdy/its/AVL/1wf01!.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

_____. The Federal Transit Administration. **Advanced Public Transportation Systems: the State of the art**. Washington, DC: U. S. Department of Transportation, 1998. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/ma267007981/index.cfm>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

_____. Research and Innovate Technology Administration. **Emergency Management**. Washington, DC: United States Department of Transportation, 2009. Disponível em: <http://www.itsoverview.its.dot.gov/green_level.asp?System=EMS>. Acesso em: 3 jun. 2012.