



**Prefeitura de  
Porto Alegre**



**Prefeitura Municipal de Porto Alegre  
Secretaria Municipal dos Transportes  
Empresa Pública de Transporte e Circulação**

**Nota Técnica do Grupo de Estudos  
Portaria 41/2012  
VERSÃO 2012 - E**

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE**



Porto Alegre, 10 dezembro de 2012.

Anna Laura Tonetto Casal

Fabício Souza da Silva

Flávio Antônio Tomelero Júnior

Heber de Moura

Jean Scherf Barros

Luciana Girelli Duarte

Sérgio Antônio Pavanatto Cerentini

**EPTC – Empresa Pública de Transporte  
e Circulação**

**Vanderlei Luis Capellari**  
Diretor Presidente

**Maria Cristina Molina Ladeira**  
Diretora Técnica

**Carlos Manoel Perez Pires**  
Diretor de Operações

**Lúcia Helena Pigat Zuchowski**  
Diretora Administrativa Financeira

### **Agradecimentos**

Félix Junqueira Flesch  
Graziela Bohusch  
Luís Claudio Ribeiro  
Vânia Cristina de Abreu

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1 OBJETIVOS DA IMPLANTAÇÃO DE ITS NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE PORTO ALEGRE E REGIÃO METROPOLITANA</b>	<b>10</b>
<b>2.1 SOBRE O PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO E AMBIENTAL – ESTRATÉGIA DA MOBILIDADE URBANA .</b>	<b>10</b>
<b>2.2 SOBRE O PLANO SETORIAL DE TRANSPORTE COLETIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 SISTEMA DE TRANSPORTE ATUAL DE PORTO ALEGRE E REGIÃO METROPOLITANA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 REDE ESTRUTURAL MULTIMODAL INTEGRADA – BRT E METRÔPOA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 SOBRE O FUTURO PLANO DIRETOR DE MOBILIDADE URBANA E PESQUISA EDOM URBANA E METROPOLITANA 2013</b>	<b>12</b>
<b>3 ELEMENTOS DE TRANSPORTE .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 PROCESSOS FÍSICOS DE TRANSPORTE .....</b>	<b>13</b>
3.1.1 <i>Deslocamento do Usuário .....</i>	<i>13</i>
3.1.2 <i>Deslocamento do Veículo .....</i>	<i>13</i>
3.1.3 <i>Outros Modais .....</i>	<i>14</i>
<b>3.2 AGENTES INTERFERENTES INTERNOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 AGENTES INTERFERENTES EXTERNOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 ATORES DO PROCESSO DE TRANSPORTES .....</b>	<b>15</b>
3.4.1 <i>Agente de Comercialização e controle de acesso .....</i>	<i>15</i>
3.4.2 <i>Condutor (de TP) .....</i>	<i>15</i>
3.4.3 <i>Controlador Operacional (de TP) .....</i>	<i>15</i>
3.4.4 <i>Gestor (de TP) .....</i>	<i>15</i>
3.4.5 <i>Operador (de TP) .....</i>	<i>15</i>
3.4.6 <i>Passageiro .....</i>	<i>16</i>
3.4.7 <i>Provedor de Serviço Intermodal .....</i>	<i>16</i>
3.4.8 <i>Usuário .....</i>	<i>16</i>
3.4.9 <i>Provedores de Serviço Externos .....</i>	<i>16</i>
3.4.10 <i>Usuários Externos .....</i>	<i>16</i>
<b>3.5 AMBIENTES FÍSICOS DO SISTEMA .....</b>	<b>16</b>
3.5.1 <i>Veículos de Transporte .....</i>	<i>16</i>
3.5.2 <i>Unidades de Controle Operacional – UCO .....</i>	<i>18</i>
3.5.3 <i>Centro de Controle Operacional – CCO .....</i>	<i>18</i>
3.5.4 <i>Via de Uso Geral .....</i>	<i>20</i>
3.5.5 <i>Via Segregada .....</i>	<i>20</i>
3.5.6 <i>Paradas .....</i>	<i>20</i>
3.5.7 <i>Estações Intermediárias .....</i>	<i>20</i>
3.5.8 <i>Estações de Integração .....</i>	<i>21</i>
3.5.9 <i>Unidades de Informação Distribuídas .....</i>	<i>21</i>
<b>3.6 FUNÇÕES BÁSICAS .....</b>	<b>22</b>
3.6.1 <i>Cadastro .....</i>	<i>22</i>
3.6.2 <i>Monitoramento .....</i>	<i>22</i>
3.6.3 <i>Controle .....</i>	<i>22</i>
3.6.4 <i>Supervisão .....</i>	<i>22</i>
3.6.5 <i>Gerenciamento .....</i>	<i>23</i>
<b>3.7 FUNÇÕES DE TRANSPORTE PÚBLICO PARA APLICAÇÃO DE ITS .....</b>	<b>23</b>
3.7.1 <i>Supervisão e Controle Operacional de Transportes Públicos .....</i>	<i>23</i>
3.7.2 <i>Supervisão e Coordenação Multimodal .....</i>	<i>24</i>
3.7.3 <i>Tarifação Eletrônica .....</i>	<i>24</i>

3.7.4	<i>Informações aos Usuários</i>	25
3.7.5	<i>Prevenção e Segurança</i>	25
3.7.6	<i>Supervisão e Controle de Infraestrutura</i>	26
3.7.7	<i>Gestão de Frota</i>	26
3.7.8	<i>Gestão dos Serviços Prestados</i>	26
3.7.9	<i>Planejamento</i>	27
3.7.10	<i>Programação</i>	27
3.7.11	<i>Fiscalização</i>	27
<b>3.8</b>	<b>NÍVEIS DE SERVIÇO DE TRANSPORTE PÚBLICO</b>	<b>27</b>
3.8.1	<i>Disponibilidade</i>	27
3.8.2	<i>Eficiência da prestação de serviço</i>	27
3.8.3	<i>Acessibilidade</i>	28
3.8.4	<i>Atendimento ao usuário</i>	28
3.8.5	<i>Conforto</i>	28
3.8.6	<i>Informação</i>	28
3.8.7	<i>Segurança</i>	28
<b>4</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>DIRETRIZES GERAIS PARA APLICAÇÃO DOS SISTEMAS ITS</b>	<b>33</b>
5.1	<b>CONCEPÇÃO GERAL</b>	33
5.2	<b>NÍVEIS HIERÁRQUICOS</b>	34
5.3	<b>PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS PARA PROJETOS DE SISTEMAS DE ITS</b>	35
5.4	<b>ELEMENTOS BÁSICOS DE ITS</b>	38
5.4.1	<i>Sensor</i>	39
5.4.2	<i>Detector</i>	39
5.4.3	<i>Transdutor</i>	39
5.4.4	<i>Analizador</i>	39
5.4.5	<i>Atuador</i>	39
5.4.6	<i>Controlador</i>	39
5.4.7	<i>Mostrador/indicador</i>	39
5.4.8	<i>Anunciador</i>	39
5.4.9	<i>Supervisão</i>	39
5.4.10	<i>Gestão</i>	40
5.4.11	<i>Vigilância</i>	40
5.4.12	<i>Console/Terminal</i>	40
5.4.13	<i>Interface de Comunicações Local</i>	40
5.4.14	<i>Interface de Comunicações à Distância</i>	40
5.4.15	<i>Protocolo de Comunicação</i>	40
5.4.16	<i>Gerenciador de Telecomunicações</i>	40
5.5	<b>ELEMENTOS FINAIS DE ITS</b>	40
5.5.1	<i>Bloqueio físico</i>	41
5.5.2	<i>Contador de passageiros</i>	41
5.5.3	<i>Validador</i>	41
5.5.4	<i>Unidade de recarga de créditos</i>	41
5.5.5	<i>Console de comercialização</i>	41
5.5.6	<i>Câmera de Vídeo</i>	41
5.5.7	<i>Painel de Mensagem Variável</i>	41
5.5.8	<i>Anunciador Sonoro</i>	41
5.5.9	<i>Detector de veículos</i>	41
5.5.10	<i>Identificador de veículos</i>	41
5.5.11	<i>Controlador Semafórico</i>	42
5.5.12	<i>Semáforo (atuador de fluxo de veículos)</i>	42
5.5.13	<i>Central de Controle Semafórico</i>	42
5.5.14	<i>Bloqueio físico de veículos (atuador de fluxo de veículos)</i>	42
5.5.15	<i>Controlador de Velocidade</i>	42

5.5.16	Sistema de Supervisão .....	42
5.5.17	Sistema de Vigilância .....	42
5.5.18	Console de controle .....	42
5.5.19	Console de supervisão .....	42
5.5.20	Videowall .....	43
5.5.21	Terminal de Autoatendimento .....	43
5.5.22	Dispositivos de monitoramento e controle da infraestrutura .....	43
5.5.23	Interface Web Pública .....	43
5.5.24	Terminal de fiscalização fixo .....	43
5.5.25	Terminal de fiscalização móvel .....	43
5.5.26	Elemento de comunicação por voz .....	43
5.5.27	Terminal de planejamento e programação .....	43
5.5.28	Controlador embarcado .....	43
5.5.29	Painel de Itinerário .....	43
5.5.30	Controlador de Funções de Carroceria (Multiplex) .....	44
5.5.31	Controlador de Funções de Chassi (Telemetria e ECU) .....	44
5.5.32	Posicionador Geográfico .....	44
5.5.33	Console do condutor .....	44
<b>5.6</b>	<b>INFRAESTRUTURA PARA ITS .....</b>	<b>44</b>
5.6.1	Telecomunicações .....	44
5.6.2	Energia Elétrica .....	45
5.6.3	Informática .....	46
5.6.3.1	Datacenter .....	46
5.6.3.2	Infraestrutura de Informática Distribuídos .....	46
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA APLICAÇÃO DE ITS PARA TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE .....</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>TERMINOLOGIA E CONCEITOS BÁSICOS .....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>LEGISLAÇÃO PERTINENTE .....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>
	<b>ANEXO I – PROPOSTA DE SUMÁRIO PARA CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DE ITS .....</b>	<b>55</b>

## **APRESENTAÇÃO**

O objetivo geral deste documento é apresentar conceitos, parâmetros e diretrizes necessárias para elaboração de projetos e implantação de Sistemas Inteligentes de Transporte que visam qualificar e racionalizar a operação do transporte coletivo de Porto Alegre, elaborados pelo Grupo de Estudos para Elaboração de Propostas para Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) para o Transporte Público estabelecido pela Portaria 41/2012.

Este documento foi elaborado através de ampla discussão entre diferentes áreas da EPTC que tem interface com ITS tais como: Tecnologia da Informação, Planejamento, Programação, Monitoramento e Supervisão de Transportes. Também é um instrumento para fornecimento das definições, dados e documentações técnicas já produzidas sobre o assunto dentro da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, além de subsídios para integração com os sistemas legados de ITS. O mesmo representa um aprofundamento do Termo de Referência do Componente tecnológico do projeto Portais da Cidade que contou com a participação da SMT/EPTC, METROPLAN, ATP e ATM que discutiu ITS aplicado ao Sistema BRT.

O Capítulo 1 apresenta os objetivos gerais da implantação de ITS no Sistema de Transporte Público no município de Porto Alegre.

O Capítulo 2 contextualiza o sistema de transporte de Porto Alegre e Região Metropolitana no âmbito dos planos de desenvolvimento para transporte.

O Capítulo 3 descreve os principais elementos físicos de transporte, apresentando os conceitos adotados pela SMT/EPTC no que se refere ao deslocamento do usuário, do veículo e de outros modais. Também aborda os agentes interferentes externos e internos, os atores do processo de transportes, os ambientes físicos do sistema e as funções de ITS para o transporte público.

O Capítulo 4 contextualiza os sistemas existentes, a situação atual de ITS na SMT/EPTC, os projetos existentes ou em desenvolvimento e a descrição das necessidades em relação aos sistemas atuais.

O Capítulo 5 apresenta as diretrizes gerais com caráter conceitual para o desenvolvimento de uma solução global em nível de tecnologia de automação e informação no que diz respeito à padronização e especificações técnicas. Serão apresentados os parâmetros de projeto do ponto de vista da tecnologia a ser aplicada nos processos de transportes, fundamentados na análise dos estudos de transportes. Também descreve a infraestrutura necessária de telecomunicações, energia elétrica e informática para ITS.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e recomendações para a aplicação de ITS para o transporte público de Porto Alegre considerando os atributos de tecnologia desejados e as Diretrizes Gerais.

Ao final, são apresentadas as terminologias, legislação e bibliografia.

## **INTRODUÇÃO**

Com os problemas atuais de mobilidade urbana, é evidente a necessidade de qualificação dos sistemas de transporte coletivo público com o objetivo de ser um transporte rápido, eficiente, confortável, integrado em nível de informação e controle com outros elementos urbano tais como o trânsito e outros modais de transporte.

Para isso será imposta uma dinâmica que depende de processos de monitoramento e controle do sistema através de novas técnicas disponíveis de automação e informática conhecidas como Sistemas Inteligentes de Transportes – ITS que incluem, entre várias outras funcionalidades integradas em tempo real como a bilhetagem eletrônica, o monitoramento da circulação de veículos, o controle semafórico adaptativo e a informação dinâmica ao usuário.

A aplicação da tecnologia deve servir para obtermos resultados concretos e para isso acontecer, o foco dos sistemas de ITS deve estar voltado diretamente para a melhoria da qualidade e eficiência dos processos.

A utilização no Brasil de sistemas de informação, telecomunicações, controle e automação na área de transporte público é um fato relativamente recente em relação a outros setores como energia e petroquímica. Observa-se hoje no mercado uma vasta disponibilidade de soluções tecnológicas modernas, porém muitas vezes ignorando técnicas consagradas, ou seja, utilizam-se ferramentas atuais com técnicas ultrapassadas.

Devemos considerar também que a maioria das soluções apresentadas possui o foco na ferramenta tentando moldar o processo à mesma, resultando na maioria das vezes em sistemas desnecessariamente complexos e ineficientes.

Em uma fase inicial de aplicação de tecnologia, é comum observarmos fornecedores que tentam desenvolver toda a solução desde a fabricação de sensores, equipamentos e softwares sem conseguir obter um sistema eficiente. Também é comum a tentativa de reserva de mercado através da dependência tecnológica do cliente utilizando protocolos e sistema fechados impedindo a autonomia na manutenção e ampliação dos sistemas.

Em função disso, para obtermos o melhor proveito dos investimentos em tecnologia, torna-se necessário o estabelecimento de conceitos sólidos e atributos tecnológicos para implantação de Projetos de ITS.

Com base nesses princípios esta nota técnica fornece elementos conceituais para embasar as futuras tomadas de decisão na adoção de sistemas de ITS.

## **1 OBJETIVOS DA IMPLANTAÇÃO DE ITS NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Os sistemas de ITS devem contribuir com o sistema de transporte, através da gestão, supervisão e controle em tempo real dos processos físicos, com o objetivo de qualificar o atendimento aos níveis de serviços desejados pelo usuário e pela sociedade contribuindo também para a redução do impacto ambiental, racionalização de recursos, obtenção de alternativa segura e eficiente de transportes e maior transparência na gestão dos transportes públicos.

## **2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE PORTO ALEGRE E REGIÃO METROPOLITANA**

A Região Metropolitana de Porto Alegre - RMPA - compreende 32 municípios e 4 milhões de habitantes (38% da população do Estado). Para desenvolvimento dos estudos e análises da Rede Estrutural Integrada foram considerados por 13 destes 32 municípios, que são: Porto Alegre, Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Esteio, Gravataí, Guaíba, Sapucaia do Sul, Viamão, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, São Leopoldo, o que representa 84% da população da RMPA.

### **2.1 Sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental – Estratégia da Mobilidade Urbana**

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental incorpora o enfoque ambiental de planejamento através de sete estratégias, integradas e de forma sistêmica, na definição do modelo de desenvolvimento do Município.

A Estratégia de Mobilidade Urbana tem como objetivo geral qualificar a circulação e o transporte urbano, proporcionando os deslocamentos na cidade e atendendo às distintas necessidades da população, através de:

I – prioridade ao transporte coletivo, aos pedestres e às bicicletas;

II – redução das distâncias a percorrer, dos tempos de viagem, dos custos operacionais, das necessidades de deslocamento, do consumo energético e do impacto ambiental;

III – capacitação da malha viária, dos sistemas de transporte, das tecnologias veiculares, dos sistemas operacionais de tráfego e dos equipamentos de apoio – incluindo a implantação de centros de transbordo e de transferência de cargas;

IV – Plano de Transporte Urbano Integrado, compatível com esta Lei Complementar, integrado à Região Metropolitana;

V – resguardo de setores urbanos à mobilidade local;

VI – estímulo à implantação de garagens e estacionamentos com vistas à reconquista dos logradouros públicos como espaços abertos para interação social e circulação veicular;

VII – racionalização do transporte coletivo de passageiros, buscando evitar a sobreposição de sistemas, privilegiando sempre o mais econômico e menos poluente;

VIII – desenvolvimento de sistema de transporte coletivo de passageiros por via fluvial, aproveitando as potencialidades regionais.

## 2.2 Sobre o Plano Setorial de Transporte Coletivo

O Plano Diretor Setorial de Transporte Coletivo foi produzido a partir de um amplo estudo do transporte coletivo municipal, abrangendo 72 zonas de tráfego e matriz de origem e destino baseada em pesquisa realizada em 1996. Um dos principais objetivos do Plano Setorial compreende a definição de diretrizes, estratégias e regramentos para orientar a estruturação do sistema de transporte coletivo na cidade de Porto Alegre.

## 2.3 Sistema de Transporte Atual de Porto Alegre e Região Metropolitana

Na RMPA, o atendimento de transporte público coletivo está organizado em serviços por ônibus, de gestão municipal e metropolitana, e serviço por trem metropolitano, de gestão federal, conforme mostra o **Quadro 1**. A operação atual não foi concebida como um sistema, acarretando irracionalidades no seu conjunto, ineficiências para o usuário (custo, tempo total de viagem), excesso de oferta nos corredores e na área central da Capital.

**Quadro 1** – Dados gerais do transporte coletivo em Porto Alegre e região metropolitana

Serviço de Transporte	Oferta			Demanda
	Linhas	Veículos	Viagens/dia	Passageiros/dia
Trem metropolitano <sup>1</sup>	1	25 TUEs/ 4 carros	220	160.946
Ônibus Metropolitano <sup>2</sup>	445	1.500 ônibus	8.168	370.000
Ônibus Porto Alegre <sup>3</sup>	397	1.650 ônibus	23.574	1.065.516

1 Fonte: Trensurb (2010), TUE - Trem Unidade Elétrica

2 Fonte: Metroplan, os dados abrangem apenas as linhas metropolitanas com destino a Porto Alegre

3 Fonte: Transporte em números EPTC (2010)

## 2.4 Rede Estrutural Multimodal Integrada – BRT e MetrôPoa

A Rede Estrutural Multimodal Integrada foi concebida para promover a racionalização, integração e modernização do sistema de transporte público coletivo, através da implantação de sistema tronco-alimentado com adoção da tecnologia BRT (bus rapid transit) e metrô leve, com bilhete eletrônico, tarifa integrada evitando superposição de linhas, redução significativa do número de ônibus em circulação no Centro de Porto Alegre e nos Corredores, o que acarretará um menor custo do transporte, menos poluição do ar, diminuição de acidentes de trânsito e de congestionamento, e aumento de capacidade e qualidade do sistema.

O Sistema de BRT de Porto Alegre (*Bus Rapid Transit*), integrante dessa Rede Estrutural, é um sistema de transporte coletivo de alto desempenho e qualidade que se apresenta como uma solução moderna para o transporte de massa, utilizando tecnologia sobre pneus que opera em vias dotadas de faixas dedicadas para ônibus. O conceito BRT incorpora a qualificação e integração de infraestrutura (agregação de uma série de elementos físicos e operacionais) e de sistemas inteligentes (bilhetagem eletrônica, monitoramento, controle e informação ao usuário), com identidade única e imagem de qualidade, abrangendo aproximadamente 100 km de corredores destinados à operação do Sistema BRT,

considerando os 55 km de corredores existentes que necessitam reformulação e requalificação para possibilitar a implantação do Sistema BRT.

O MetrôPoa é uma solução de metrô leve totalmente segregado que atende a um nível de oferta superior ao de um corredor de ônibus (Sistema BRT com 1 faixa por sentido) ou de um VLT, garantindo uma capacidade de transporte que varia de 20.000 a 40.000 passageiros por hora por sentido.

## **2.5 Sobre o futuro Plano Diretor de Mobilidade Urbana e Pesquisa EDOM Urbana e Metropolitana 2013**

Para projetar o futuro, está prevista a consolidação do Projeto Operacional do Sistema BRT e do MetrôPoa, realização de Pesquisa de Origem e Destino por Entrevistas Domiciliares – EDOM e a elaboração do Plano Diretor de Mobilidade Urbana.

O Projeto Operacional do Sistema BRT e do MetrôPoa engloba, de maneira geral, a consolidação da configuração da rede de transporte, avaliação dos indicadores operacionais do sistema (capacidade, velocidade, frequência).

A EDOM é um instrumento que fornece informações relevantes para a compreensão dos padrões de deslocamento das pessoas para o planejamento da rede viária e das redes de transporte. O objetivo principal para a sua realização é obter informações atualizadas sobre os deslocamentos realizados no Município de Porto Alegre, com um nível de detalhe compatível com os instrumentos desenvolvidos pela SMT/EPTC para análise e formulação de procedimentos no que se refere à operação do sistema viário, da circulação, dos sistemas de transporte coletivo e do transporte não motorizado da cidade, subsidiando a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana Sustentável do Município, conforme previsto na Lei Federal 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

### **3 ELEMENTOS DE TRANSPORTE**

O conceito apresentado como elementos de transporte tem como objetivo identificar todos os componentes que contribuem ou perturbam o sistema de transporte para que no momento da modelagem dos processos e projetos sejam utilizados conceitos uniformes e padronizados.

Os elementos de transportes são classificados basicamente em processos físicos, agentes interferentes, atores, ambientes físicos e funções de transporte.

#### **3.1 Processos Físicos de Transporte**

Os processos físicos são a base do sistema de transporte e dividem-se em:

- Processo Principal (deslocamento do usuário);
- Processo Estrutural (deslocamento do veículo);
- Processos Interferentes (outros modais).

##### **3.1.1 Deslocamento do Usuário**

O processo principal é o transporte dos passageiros que se inicia no momento em que o passageiro planeja se deslocar até o momento em que é cumprida a tarefa, que inclui a avaliação em relação ao serviço prestado, ou seja, é o deslocamento de cada indivíduo de um determinado ponto da cidade ou região para outro incluindo o transbordo com outros modais, e são compostos basicamente das seguintes etapas:

- Planejamento pessoal;
- Deslocamento à estação;
- Ingresso;
- Pagamento;
- Espera;
- Embarque;
- Deslocamento;
- Transbordo;
- Deslocamento;
- Desembarque;
- Saída da estação;
- Deslocamento ao ponto desejado;
- Avaliação do processo.

##### **3.1.2 Deslocamento do Veículo**

O segundo processo é a circulação de veículos de transporte. Esse passa a ser o principal processo no momento em que o veículo começa a trajetória programada, porém se inicia

antes com o planejamento, a programação e a preparação do veículo, e são compostos basicamente das seguintes etapas:

- Planejamento;
- Programação;
- Preparação do veículo;
- Deslocamento ao terminal;
- Estacionamento no terminal;
- Embarque;
- Partida;
- Deslocamento;
- Estacionamento na estação;
- Embarque/desembarque;
- Partida;
- Deslocamento;
- Estacionamento no terminal;
- Desembarque;
- Avaliação do processo.

### 3.1.3 Outros Modais

Existem também os processos concorrentes que interferem no sistema que são: o fluxo de veículos cruzando a via, o fluxo de veículos transportadores do mesmo, outros modais de transporte e o fluxo de pedestres cruzando a via.

Todos esses processos devem ser modelados e irão gerar as funcionalidades necessárias para a melhoria de todo o sistema.

## 3.2 Agentes Interferentes Internos

São os agentes do próprio sistema de transporte que podem causar perturbação na operação e podem ser classificados em:

- Problemas de Infraestrutura;
- Limitações estruturais;
- Aglomerações;
- Superlotação;
- Formação de Comboio;
- Outros.

## 3.3 Agentes Interferentes Externos

São os agentes do sistema de transportes que podem causar perturbação na operação e podem ser classificados em:

- Clima;

- Sazonalidade;
- Eventos Públicos Programados;
- Eventos Públicos Não Programados;
- Acidentes;
- Vandalismo;
- Crimes;
- Obras;
- E outros.

### **3.4 Atores do Processo de Transportes**

A seguir são apresentadas, baseado no artigo 6 – Estudo Preliminar de Funções de ITS Aplicadas na Operação de Sistemas BRT do Caderno Técnico de Sistemas Inteligentes de Transporte – Volume 8 da ANTP, as definições resumidas dos principais atores do Transporte Público (TP), entidades humanas e/ou jurídicas e/ou sistemas que interagem na utilização do transporte público.

#### **3.4.1 Agente de Comercialização e controle de acesso**

Atua num veículo e/ou em outro equipamento vinculado aos serviços de TP, sendo responsável pela comercialização de créditos, por controlar o acesso e auxiliar na entrada e saída dos Usuários/Passageiros.

#### **3.4.2 Condutor (de TP)**

Opera um veículo licenciado e vinculado aos serviços de TP.

#### **3.4.3 Controlador Operacional (de TP)**

É responsável pelo monitoramento e controle de horários de rotas do TP. Suas atividades compreendem: além do monitoramento e controle, medidas de contingenciamento e modificação das rotas e da oferta de TP no curso da operação. As modificações levam em consideração situações anormais, tais como: avaria do veículo, atraso do veículo, ajuste necessário para equilibrar demandas excepcionais, etc.

#### **3.4.4 Gestor (de TP)**

Representa as entidades públicas ou estatais, responsáveis por Regular e Fiscalizar os serviços de TP. É uma generalização dos atores: Regulador, Planejador, Programador e Fiscal de TP.

#### **3.4.5 Operador (de TP)**

É responsável pela operação de frotas de TP, condicionado às regras definidas pelo Gestor, à programação dos serviços de TP e às orientações do Controlador Operacional.

#### 3.4.6 Passageiro

Representa um indivíduo (ou grupo), não componente da tripulação, a bordo de um veículo, durante a realização de uma viagem.

#### 3.4.7 Provedor de Serviço Intermodal

É o conjunto de operadores de outros sistemas de transporte, tais como: companhias aéreas, serviços de balsa e serviço ferroviário para transporte de Passageiros. Permite a coordenação para o movimento eficiente de pessoas através de múltiplos modais de transporte.

#### 3.4.8 Usuário

Representa qualquer indivíduo que utiliza os serviços de transporte.

#### 3.4.9 Provedores de Serviço Externos

Representa as entidades públicas ou privadas que contribuem para o serviço de transportes em condições normais de operação ou em caso de contingenciamento.

#### 3.4.10 Usuários Externos

Representam entidades públicas ou privadas, sistemas ou entidades humanas que utilizam ou são afetados pelo serviço de transportes.

### **3.5 Ambientes Físicos do Sistema**

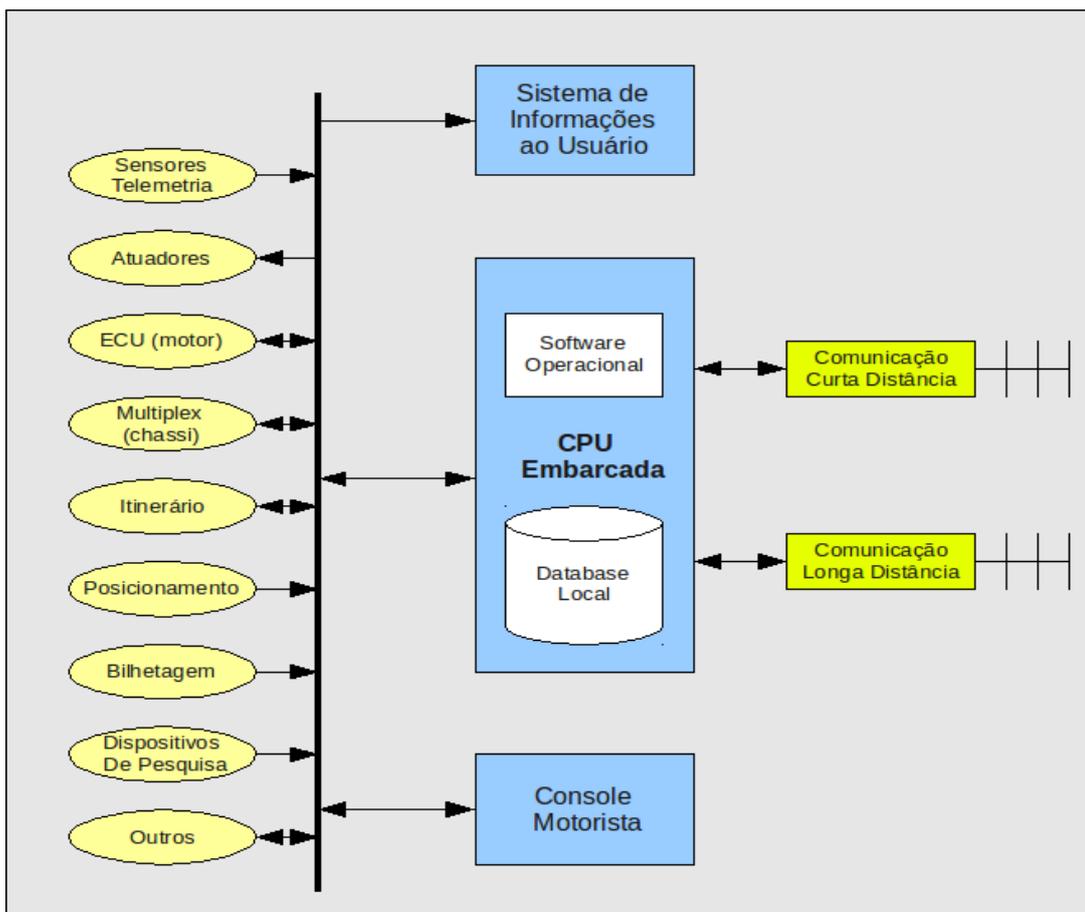
#### 3.5.1 Veículos de Transporte

O Veículo de Transporte é o principal ambiente do processo de transporte. É o ambiente onde são exercidas as funções mais críticas que podem interferir no desempenho do sistema e onde o usuário fica mais exposto aos riscos de problemas e falhas operacionais.

Nos veículos (Figura 1), dependendo dos requisitos do projeto, poderão ser necessárias as seguintes funções:

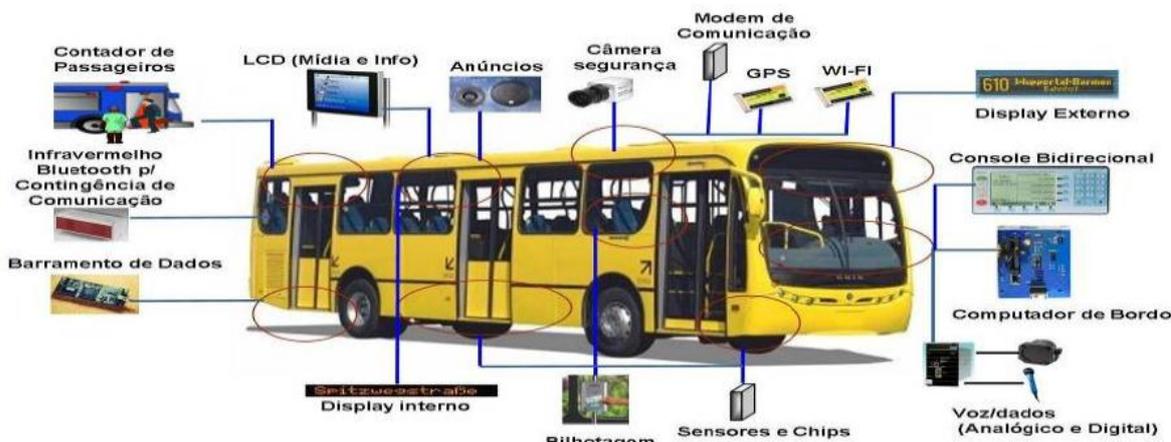
- Comunicação com o motorista;
- Comunicação de emergência e pânico;
- Monitoramento e coleta de dados das funções de chassi e motor;
- Monitoramento e coleta de dados das funções de carroceria, tais como abertura de portas, ar condicionado, painel do itinerário e bilhetagem eletrônica;
- Monitoramento e coleta de dados da dirigibilidade com funções como, por exemplo, aceleração, acionamento de pedais e velocidade medida;
- Detecção da posição geográfica;

- Posicionamento por aproximação e passagem utilizado para sistemas críticos: controle semafórico, passagem em estações, entrada e saída dos terminais, ocupação de *box* nas estações e nos terminais e abertura de portas automáticas;
- Informações aos usuários;
- Monitoramento interno e externo por imagens;
- Contagem de Passageiros;
- Bilhetagem Eletrônica no caso de cobrança embarcada.



**Figura 1** - Exemplo de Funções de Veículos de Transportes

Fonte: EPTC



**Figura 2** - Exemplo de tipos de tecnologias embarcadas  
 Fonte: BHTRANS

### 3.5.2 Unidades de Controle Operacional – UCO

As UCO são os elementos localizados em pontos específicos do sistema para realizar o monitoramento e controle de funções críticas. Geralmente as UCO serão necessárias em grandes estações para apoio local à operação. Executará funções similares ao Centro de Controle Operacional.

### 3.5.3 Centro de Controle Operacional – CCO

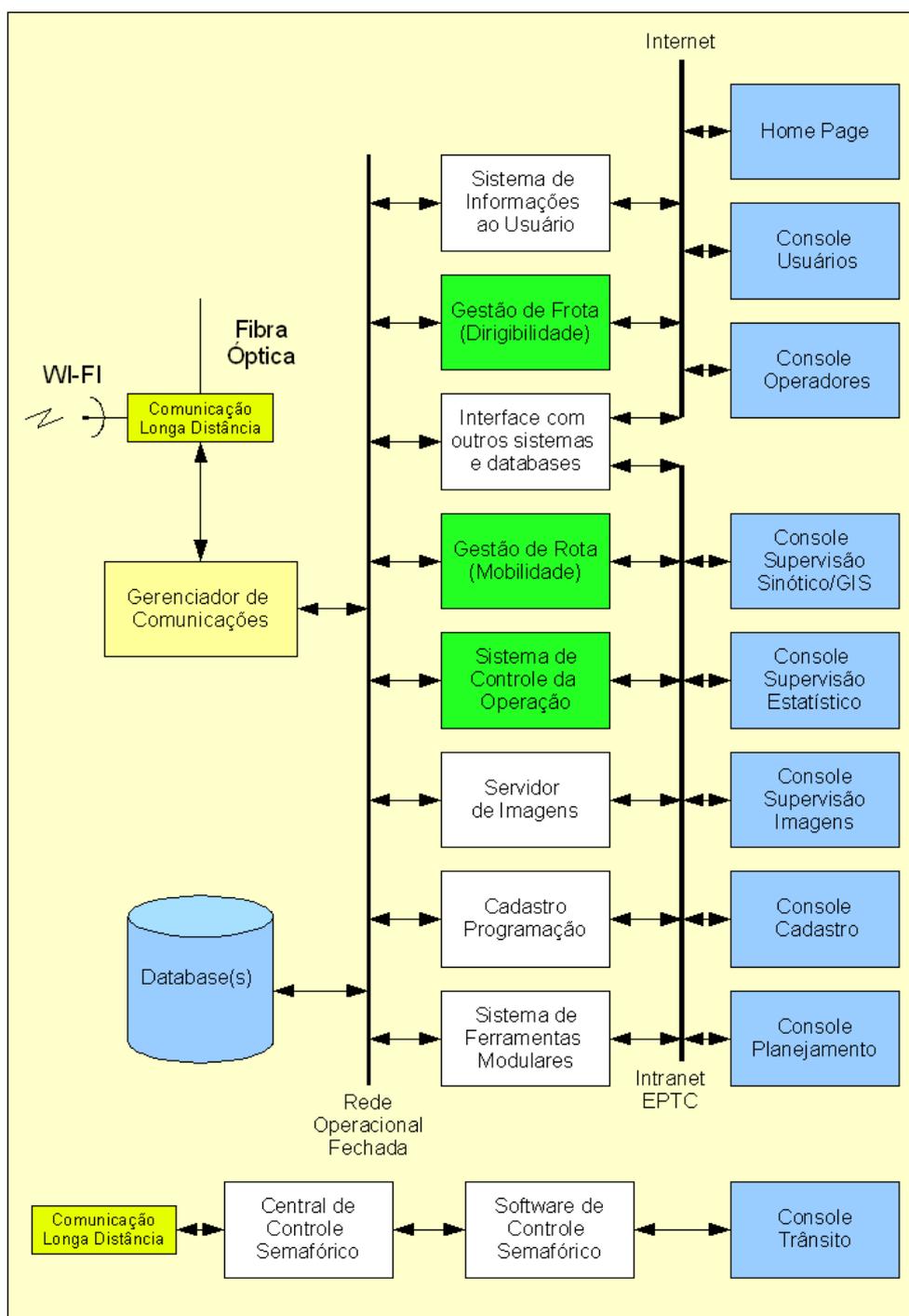
O CCO é o ambiente onde são controlados e supervisionados em tempo real os processos físicos de transportes e todas as funcionalidades correlatas.

Em função da evolução prevista do sistema de transporte deve possuir estrutura modular integrando os sistemas de ITS legados.

Basicamente deve atender as seguintes funções:

- Integração aos sistemas de ITS existentes;
- Supervisão, controle e monitoramento do sistema de transporte incluindo estações, veículos, linhas e vias;
- Supervisão da infraestrutura e serviços auxiliares;
- Supervisão de proteção e segurança;
- Gerenciamento do sistema de informações aos usuários e condutores;
- Integração às estruturas de planejamento, operação e atendimento aos usuários;
- Integração com os interlocutores dos prestadores de serviço de transporte e externos;
- Integração à supervisão, controle e monitoramento do trânsito incluindo o sistema de controle semafórico;
- Integração com sistemas de bilhetagem eletrônica;
- Compartilhamento das informações operacionais por voz, imagem e dados;

- Apoio às áreas de coordenação de agentes de fiscalização e atendimento aos usuários;
- Integração com as forças públicas de emergência e segurança;
- Integração com outros modais de transportes de Porto Alegre e com os sistemas de transporte público da Região Metropolitana;
- Planejamento, despacho, melhor aproveitamento e gerenciamento operacional.



**Figura 3 - Exemplo de Estrutura para o Centro de Controle Operacional**

Fonte: EPTC

### 3.5.4 Via de Uso Geral

É a via de uso compartilhado de veículos de transporte particular e público, podendo haver interferência na operação e entre modais ficando sujeito às condições de tráfego.

Nas vias compartilhadas, dependendo dos requisitos do projeto, poderá ser necessário implantar as seguintes funções:

- Monitoramento de velocidade, fluxo por sensoriamento ou imagens;
- Monitoramento de passagem de veículos de transporte;
- Sinalização estática e dinâmica aos condutores;
- Controle de fluxo por semáforo e outros dispositivos;
- Fiscalização de infrações.

### 3.5.5 Via Segregada

É a via de uso exclusivo de veículos de transporte público, normalmente em sistemas troncalizados, podendo haver convivência de diversas linhas urbanas e metropolitanas além de linhas alimentadoras em pequenos trechos.

Nas vias segregadas, dependendo dos requisitos do projeto ou deficiência estruturais, poderá ser necessário implantar as seguintes funções:

- Monitoramento de velocidade, fluxo por sensoriamento ou imagens;
- Monitoramento de passagem de veículos de transporte;
- Sinalização estática e dinâmica aos condutores;
- Controle de fluxo por semáforo e outros dispositivos;
- Fiscalização de infrações;
- Dispositivos de ordenamento e ultrapassagem.

### 3.5.6 Paradas

São estações que servirão as linhas alimentadoras enquanto trafegam fora das vias segregadas. Tem baixa complexidade operacional e poderão, dependendo do projeto, possuir as seguintes funções:

- Monitoramento de segurança (vigilância) local e do entorno;
- Informação ao usuário estática e dinâmica;
- Monitoramento de passagem de veículos de transportes

### 3.5.7 Estações Intermediárias

São estações que servirão as linhas troncais e alimentadoras principalmente nas vias segregadas. Tem média complexidade operacional e poderão, dependendo do projeto, possuir as seguintes funções:

- Monitoramento de segurança local e do entorno;

- Informação ao usuário estática e dinâmica;
- Monitoramento de passagem e permanência de veículos de transporte;
- Sinalização ao condutor;
- Bilhetagem eletrônica, recarga e comercialização de bilhetes;
- Monitoramento e controle de fluxo de passageiros;
- Monitoramento de sistemas auxiliares de climatização, comunicações e suprimento de energia, informações climáticas, inundação, drenagem, iluminação, controle de abertura de portas, etc.;
- Interface para autoatendimento;
- Interface para apoio e fiscalização;
- Comunicação com o CCO.

### 3.5.8 Estações de Integração

São estações que servirão as linhas troncais e integração entre linhas urbanas e metropolitanas e diferentes modais de transporte. Serão equipamentos de grande porte e terão alta complexidade operacional e poderão, dependendo do projeto, possuir as seguintes funções:

- Monitoramento de segurança local e do entorno;
- Informação ao usuário estática e dinâmica;
- Monitoramento de passagem e permanência de veículos de transportes;
- Sinalização ao condutor e controle de fluxo de veículos de transporte;
- Bilhetagem eletrônica, recarga e comercialização de bilhetes;
- Monitoramento e controle de fluxo de passageiros;
- Monitoramento de sistemas auxiliares de climatização, comunicações e suprimento de energia, informações climáticas, inundação, drenagem, iluminação, controle de abertura de portas, etc.;
- Interface para autoatendimento;
- Interface para apoio e fiscalização;
- Comunicação com o CCO;
- Interface com forças de segurança e emergência;
- Interface com UCO Local.

### 3.5.9 Unidades de Informação Distribuídas

São unidades de informação sobre o sistema, localizadas em ambientes físicos diversos, com o compartilhamento de informações, que executam aplicativos específicos com ferramentas de planejamento, gestão operacional, avaliação da qualidade dos serviços de transporte público, informações cadastrais ou operacionais, cadastro de ocorrências que devem ser ajustadas para cada tipo de usuário de ITS:

- **Fiscalização:** Utilização de terminais móveis ou embarcados em viaturas que executam aplicativos específicos de consulta em tempo real de dados operacionais e cadastrais, além de possibilitar o registro de ocorrências.

- **Planejamento:** Utilização de sistemas de informação para avaliações estatísticas e realizar o planejamento da operação.
- **Usuários do transporte público:** utilização de interface *web* e terminais de autoatendimento em estações, locais de grande circulação ou específicos. Estão disponíveis para o uso de forma interativa e disponibilizam dados para consultas de interesse do usuário, tais como itinerário, tarifas, rotas sugeridas, tempos de trajeto, pontos de conexão e horários além de cadastrar solicitações e reclamações. Devem estar interligados *on-line* aos sistemas de informação do órgão gestor.
- **Transportadores:** utilização de ferramentas de gestão de frota, programação de serviços, geração de tabelas operacionais, consulta a rotas e dados operacionais das linhas em tempo real, cadastro de ocorrências e comunicados ao órgão gestor ou qualquer informação de interesse dos transportadores em garagens, oficinas, pontos de largada e escritórios.

### 3.6 Funções Básicas

As funções básicas são atividades comuns a todos os elementos do sistema de transporte.

#### 3.6.1 Cadastro

É a alimentação e manipulação dos conjuntos de elementos que servem de referência para a operação tais como tabelas operacionais, distâncias, tempo e dados cadastrais de transportadores, vias e veículos. O mesmo deve ser integrado aos sistemas existentes de cadastro dos órgãos gestores urbano e metropolitano e aos sistemas dos consórcios operacionais, empresas operadoras e central de bilhetagem.

#### 3.6.2 Monitoramento

É a medição ou observação contínua em tempo real de parâmetros e eventos do sistema através de medições e telemedições, imagens, dados de voz e outros meios disponíveis.

#### 3.6.3 Controle

É a comparação entre o monitoramento operacional e o cadastro operacional e a realização de ações de controle automáticas ou não, através do sistema semaforico, sistemas de informação, veículos, infraestrutura, agentes e outros atuadores. O controle automático pressupõe medição, monitoramento, comparação com o padrão, cálculo da ação de controle e atuação no processo físico de forma contínua.

#### 3.6.4 Supervisão

Função que deve prover informações para tomada de decisão em contingências operacionais e que pode assumir o controle dos processos físicos no caso de crises operacionais.

### 3.6.5 Gerenciamento

Função responsável pelas informações de caráter estratégico e indicação de intervenções que não podem ser realizadas imediatamente em nível de supervisão. Deve aferir a qualidade dos serviços prestados, avaliando o desempenho de cada elemento. Proverá aos gestores todos os subsídios necessários para a tomada de decisões em nível gerencial, permitindo elaborar estratégias e planejamento operacional.

## 3.7 Funções de Transporte Público para aplicação de ITS

Cada função corresponde a um grupo de ferramentas integradas entre todas as funcionalidades, que utiliza, dependendo da aplicação, equipamentos e dispositivos localizados em todos os ambientes do sistema, seja de sensoriamento, monitoramento, controle, atuação, comercialização, supervisão ou gerenciamento.

Utiliza toda a infraestrutura de energia, telecomunicações e informática realizando atividades, referenciadas no espaço e no tempo, através de técnicas diversas aplicáveis ao sistema de transporte público.

Os conceitos apresentados foram baseados no caderno técnico sobre Sistemas Inteligentes de Transporte – Volume 8 da ANTP e adaptados a realidade de Porto Alegre e Região Metropolitana.

### 3.7.1 Supervisão e Controle Operacional de Transportes Públicos

Conjunto de ferramentas que realizam o monitoramento, controle, supervisão em tempo real, ajuste dinâmico e medidas de contingenciamento para todos os ambientes do sistema, tendo como objetivo manter a operação de todos os processos de transporte dentro dos padrões principalmente em função dos requisitos de níveis de serviço desejados para o sistema de transporte público.

Possui visão geral de todo o sistema podendo atuar de forma manual ou automática em qualquer nível do processo através da comparação entre o monitoramento operacional e a programação operacional realizando as ações de correção através do sistema semafórico, veículos, agentes e outros atuadores.

Deve ter condições e ferramentas suficientes para tratamento de qualquer anormalidade do sistema tais como baixo desempenho, atrasos, correção de rotas, ajustes de demandas e outras para buscar a perfeita operação do sistema inclusive o contingenciamento operacional.

Realiza o registro automático de todos os eventos monitorados e ações executadas. Realiza também a integração com a Supervisão e Controle da Operação de Tráfego para ações coordenadas para a solução de interferências entre o transporte público e individual principalmente em relação à sinalização e atuação semafórica para atender a necessidade de priorização do transporte coletivo com o objetivo de reduzir o tempo de viagem.

### 3.7.2 Supervisão e Coordenação Multimodal

Realiza a interface entre os diversos sistemas de transportes urbano e metropolitano com o objetivo de obter uma operação coordenada de maneira que previna a sobrecarga dos sistemas e uma uniformidade temporal dos mesmos.

Atua no caso de perturbações no sistema com o objetivo de atenuar os impactos aos usuários.

### 3.7.3 Tarifação Eletrônica

Conjunto de serviços responsáveis pela comercialização de créditos, desde a geração, passando pela distribuição, validação e efetiva arrecadação (bilhetagem) até a compensação (*clearing*), permitindo a integração entre diferentes modais de transportes descritos a seguir:

- **Geração dos créditos eletrônicos** - A Geração de Crédito Eletrônico é a ação pela qual é gerado um lote de créditos que são utilizados pelos usuários para os pagamentos de tarifas no TP de Passageiros. Os créditos de cada lote devem permitir o rastreamento ao longo do processo de uso. Um lote de créditos eletrônicos pode ter uma data de validade, permitindo no fechamento averiguar o resíduo de créditos não utilizados durante o prazo de validade.
- **Distribuição dos créditos eletrônicos** - A Distribuição dos Créditos Eletrônicos é a ação pela qual os créditos eletrônicos são carregados na mídia a ser usada como forma de pagamento no sistema de TP.
- **Validação** - A validação dos Créditos Eletrônicos é a funcionalidade pela qual o sistema verifica a validade e a quantidade disponível do crédito eletrônico que está sendo apresentado para pagamento da tarifa. Designa, também, a permissão que o usuário, portador daquele crédito, tem para usá-lo e as condições em que aquele crédito está sendo usado. Funcionalidade importante para o controle de créditos por parte de usuários portadores de benefícios, sendo obrigatório o uso de alguma forma de identificação, preferencialmente, por exemplo: identificação biométrica.
- **Arrecadação** - também chamada de Bilhetagem, é a ação de recebimento dos créditos eletrônicos usados pelo Passageiro para o pagamento da tarifa, em seguida ao processo de validação. É desejável que esta apresente alguma forma de cópia de segurança em tempo real das informações envolvidas. Dessa forma, tornar-se-á possível a recuperação das informações referentes aos valores envolvidos naquela operação: identificação do lote, quantidade de créditos e usuário portador.
- **Contagem de Passageiros** - é a ação pela qual é acumulada a quantidade de Passageiros, agrupados por: veículo ou equipamento de controle de acesso; tipo de Usuário (pagante ou não) e, quando for o caso, tipo de portador de benefícios, bem como os valores pagos para cada um dos grupos identificados.

- **Compensação (Clearing)** - é a ação pela qual o resultado da arrecadação é distribuído entre os prestadores de serviços do sistema de TP. As regras e proporções desta distribuição devem ser previamente acertadas entre estes prestadores de serviços e o Gestor dos serviços de TP, devendo ser de conhecimento de todos.
- **Integração** - é o atributo pelo qual o Usuário, ao longo de uma viagem independente de usar um ou mais modais de transportes ou da realização de transbordo, se utiliza de uma única mídia para pagamento da tarifa.
- **Interoperabilidade dos Sistemas e equipamentos de tarifação** - A Interoperabilidade é o atributo pelo qual diferentes sistemas de pagamento em TP se integram independente da área de abrangência e dos sistemas utilizados. A mídia de pagamento de um sistema deve ser lida pelos outros e permitir, caso necessário, a realização de complementação e/ou compensação tarifária.

#### 3.7.4 Informações aos Usuários

Conjunto de serviços responsáveis pela relação direta entre o usuário e o sistema de transporte que tem como objetivo informar e orientar o passageiro em todas as fases do deslocamento incluindo o planejamento, acesso físico ao sistema, embarque, deslocamento, desembarque e acesso ao local desejado de forma extensiva, atualizada e eficaz e por meios diversos, informações estáticas e dinâmicas, visuais e sonoras, locais e a distância sobre a rede de transportes e sobre serviços aos Usuários.

Contribui para que o usuário escolha o modal e/ou itinerário mais rápido e mais eficiente e tome decisões a partir do conhecimento: do melhor trajeto, da previsão de chegada, da combinação de modais de transporte e do custo da viagem.

Deve disponibilizar informações operacionais tais como chegada do próximo veículo, suspensão de serviço, previsão e aviso de chegada, próxima estação, anormalidades, orientação para deslocamento dentro das estações, pontos de interesse no entorno, conexões, localização e quaisquer informações que sejam úteis à segurança, orientação e conforto do usuário.

Pode prover informações de múltiplas fontes, por exemplo: organizações turísticas, estacionamentos, trânsito urbano e operadores multimodais (rodoviários, ferroviários, aeroviários e aquaviários).

#### 3.7.5 Prevenção e Segurança

Conjunto de serviços responsáveis por proporcionar maior segurança ao usuário e prestadores de serviço, tanto no aspecto de evitar a ação de terceiros, quanto para prevenir contra riscos operacionais.

Consiste no monitoramento por imagem, som, telemetria, alerta do usuário sobre incidentes ou acidentes, embarcado nos veículos do TP, estações, vias e entorno e tem

como principal objetivo prevenir a ação de criminosos, comportamentos inadequados, vendedores não autorizados, assédio, evasão de receita e na apuração de fraudes.

Pode atuar por telecomando em situações de pânico ou no caso de tumultos em dispositivos que facilitem a evacuação dos ambientes e na orientação de agentes de segurança.

Realizará a integração com sistemas de Segurança Pública e Emergência com o compartilhamento de informações, com o objetivo de prevenir e tratar situações críticas, riscos aos Usuários e prejuízos ao sistema de TP, causados por contraventores e criminosos, vândalos, condições climáticas ou acidentes. Pode disponibilizar e utilizar dados das Polícias Civil e Militar, SAMU, Defesa Civil e Corpo de Bombeiros.

De forma indireta contribui também para controlar a superlotação, obstáculos ou invasão da via.

### 3.7.6 Supervisão e Controle de Infraestrutura

Objetiva a continuidade da operação, mantendo a infraestrutura e serviços auxiliares, como suprimento de energia elétrica, telecomunicações, processamento de dados e outros.

Deve permitir uma rápida e precisa identificação de problemas, proporcionando uma solução eficaz através de intervenções de operação e manutenção corretiva, acionando os responsáveis e eventualmente ativando os planos de contingência. Permite inclusive operar à distância sistemas críticos tais como suprimento de energia. Exemplos de equipamentos que podem ser monitorados: catracas, portas automáticas, veículos, redes de dados internas, geradores, *no-breaks*, condicionadores de ar, computadores, servidores e outros.

Pode exercer também a função de monitoramento de agentes externos que causem risco ou interferências na operação do sistema de transportes como, por exemplo: condições climáticas, inundações de vias e estações.

### 3.7.7 Gestão de Frota

Consiste no conjunto de ferramentas para realizar a avaliação dos serviços prestados segundo a ótica do transportador considerando parâmetros de dirigibilidade tais como desempenho do condutor e dos veículos com o objetivo de aumentar o conforto e segurança do usuário e minimizar os custos de manutenção e insumos.

### 3.7.8 Gestão dos Serviços Prestados

Consiste no conjunto de ferramentas para realizar em nível gerencial a avaliação dos serviços prestados em função da programação e dos níveis de serviço desejados, indicando ações de ajustes, autuação e identificando problemas estruturais a serem avaliados pelo planejamento.

### 3.7.9 Planejamento

Funcionalidade utilizada para perceber a realidade, identificar antecipadamente as demandas e modelar cenários, avaliando alternativas, estruturando ações, estabelecendo rotinas e procedimentos, com vista ao atendimento dos anseios de mobilidade da sociedade e tendo como principais atribuições e competências estabelecer e definir níveis de serviço, recursos e infraestrutura para a realização do planejamento das linhas e rotas, oferta de serviços e da análise econômico-financeira (distribuição da receita, análise de custos e planejamento econômico-financeiro das empresas).

### 3.7.10 Programação

Atividade baseada no planejamento e em função dos recursos disponíveis, alterações de demanda (variações diárias e sazonais) e de outros fatores externos, realiza-se a Programação dos Serviços de TP, buscando sempre a melhor relação entre oferta e demanda, com geração de ordens de serviço operacionais (Programação Diária), detalhando: quantidade e alocação de veículos por linha, frequência, tempo de viagem, itinerários, quadro de horários (grade horária) e alocação dos recursos humanos (condutor do veículo, agente de comercialização e outros).

### 3.7.11 Fiscalização

Conjunto de ferramentas necessárias para o órgão gestor realizar a fiscalização dos serviços de transporte público de forma manual ou automática, local e a distância. Deve prover aos agentes informações em tempo real necessárias para a percepção e intervenção, auxiliando na solução de problemas.

## **3.8 Níveis de Serviço de Transporte Público**

Em relação ao atendimento das necessidades dos usuários e da operação, além do disposto na Lei Federal 12.587/2012 devem ser observados os seguintes níveis de serviço:

### 3.8.1 Disponibilidade

Sem prejuízo às necessidades de manutenção, o sistema de transporte deve operar de forma a se obter a maior disponibilidade do serviço, tanto em horário de operação quanto em frequência, considerando também os horários de pico, a operação especial em feriados e em finais de semana e, inclusive, à noite ou madrugada. Deve ainda facilitar a integração com outros modais, possibilitando ao usuário utilizar plenamente toda a rede de transportes de Porto Alegre e da Região Metropolitana.

### 3.8.2 Eficiência da prestação de serviço

Na operação do sistema, deve ser considerada a obtenção do menor tempo de viagem, considerando todas as etapas do processo de deslocamento, desde o planejamento da

viagem pelo usuário, incluindo o acesso ao sistema, o pagamento, a espera na plataforma, o deslocamento, o transbordo e o desembarque. Para isso também deve ser considerado o menor *headway* e o cumprimento da programação.

### 3.8.3 Acessibilidade

O sistema deve ser plenamente acessível para todos os usuários, levando-se em consideração a facilidade de deslocamento, o fácil acesso às estações, aos serviços internos, incluindo bilhetagem, embarque, desembarque e interligação com outros modais.

### 3.8.4 Atendimento ao usuário

Devem estar previstos planos, ações, estrutura física e equipamentos que propiciem uma perfeita interface com o usuário, desde a prestação de informações em qualquer tempo e meio, até a assistência e busca de alternativas no caso de falhas do sistema.

### 3.8.5 Conforto

A operação deve ter também como objetivo o melhor grau de conforto ao usuário, principalmente no que se refere à utilização de facilidades, assentos e espaço individual, conforto na viagem, ruído, iluminação, climatização, vibração e solavancos, facilidades ergonômicas, disponibilidade de comércio, sanitários e serviços complementares.

### 3.8.6 Informação

O Sistema de Transporte deve dispor de dispositivos de informações dinâmicas e estáticas, visuais e sonoras, nos veículos, nas estações e acessos, no entorno e à distância por diversos meios. Deve cumprir a finalidade de orientar de forma eficaz o usuário em relação às informações gerais de viagem em condições normais, de viagem em condições anormais, tanto do sistema metroviário, quanto dos diversos modais de integração e dos pontos de interesse da região de influência.

### 3.8.7 Segurança

Devem estar previstos nos planos de emergência, ações preventivas, dispositivos e equipamentos com o objetivo de minimizar os riscos de crimes e de acidentes.

#### 4 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS SISTEMAS EXISTENTES

Em nível de cadastro e informações de transportes, a SMT/EPTC dispõe dos seguintes sistemas:

- **Cadastro básico de Ônibus, CBO** – Informações cadastrais de tabela horária, itinerário, prefixo do veículo, sentido da viagem e demais elementos da operação.
- **Sistema de Transporte por Ônibus, STO** – Concentra todas as informações relativas ao modal ônibus no que refere à tabela horária, itinerário, controle de oferta/demanda e quilometragem. Estes dados são relativos à previsão e ao cumprimento da operação.
- **Sistema Ônibus** – Controla o processo de vistorias e autos de infrações de transporte do modal ônibus.
- **Soma On-line** – Processa as informações do CBO com os dados da operação e disponibiliza para acesso via intranet.
- **Taxis, Lotação e Escolar, TLE** – Concentra todas as informações relativas aos modais: taxi, lotação e escolar. Reúne as informações cadastrais de permissionários e dos elementos do transporte seletivo.
- **Sistemas de Informações Geográficas** – Cadastro georreferenciado das linhas de ônibus, lotação, acidentes, paradas, semáforos e demais elementos de trânsito e transporte.
- **Informação ao Usuário via Internet** – Apresenta informações de itinerário, tabela horária e mapas de linhas na internet.
- **Sistema de Cadastro de Ocorrências** – São cadastradas as ocorrências anormais que afetam a operação.
- **Sistemas de Cadastro de Paradas** – São cadastradas e georreferenciadas todas as paradas considerando suas características.
- **Sistemas de Cadastro de Rotas** - São cadastradas e georreferenciadas todas as rotas do sistema de transporte para cálculo de distância percorrida.
- **Atendimento ao usuário** – O usuário possui um canal de informações via telefone chamado 156 que presta informações diretamente, porém sem muitas ferramentas de apoio.

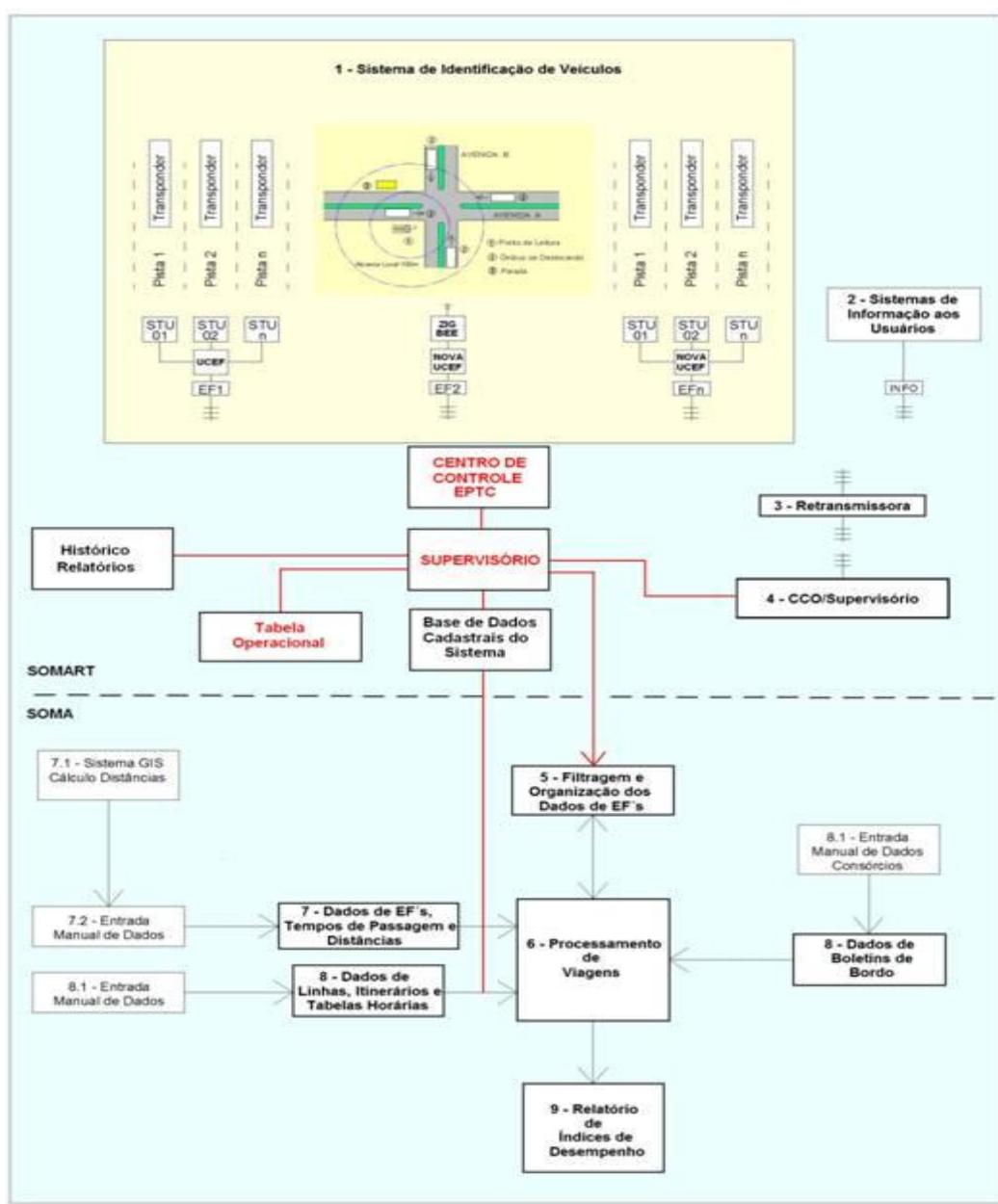
A SMT/EPTC conta com alguns sistemas de supervisão operacional que foram desenvolvidos em diferentes momentos, utilizando as tecnologias disponíveis:

- **SOMArt** – Processa os dados do SOMA com o objetivo de apresentá-los em tempo suficiente que permita intervenções durante ou logo após as ocorrências. Dispõe de telas de supervisão principalmente de velocidade nas vias e cumprimento da tabela horária. Foram agregadas funções de trânsito como supervisão de passagem de veículos em cruzamentos e velocidade instantânea dos controladores de velocidade e Táxis.
- **SAT** – Supervisão Automática de Trânsito processa os dados dos detectores de passagem, controladores de velocidade e táxis, disponibilizando os dados em tempo real e histórico através de telas de análise e monitoramento.
- **Monitoramento de VTAs** – No programa “Adote um Cavalo” os animais, a maioria abandonados ou vítimas de maus tratos, recebem tratamento, acompanhamento veterinário e alimentação regrada no abrigo da EPTC, onde viviam soltos no pasto. Depois de plenamente recuperados, os equinos doados receberam um chip para acompanhamento.
- **Centrais Semafóricas** – Apresentam tela de supervisão com interface que permite a visualização de alarmes de falha dos semáforos e a programação à distância dos tempos e ciclos.
- **Câmeras de Vídeo** – Localizadas em pontos estratégicos em vias estruturais de grande movimento e fornecem imagem para avaliação das condições de tráfegos nos locais.
- **Comunicação de Voz** – Sistema de rádio que permite a comunicação e acompanhamento das ocorrências e solicitação intervenções aos agentes de trânsito pela central de rádio.

A SMT/EPTC possui os seguintes processos não integrados tanto em nível de sistema como de dados:

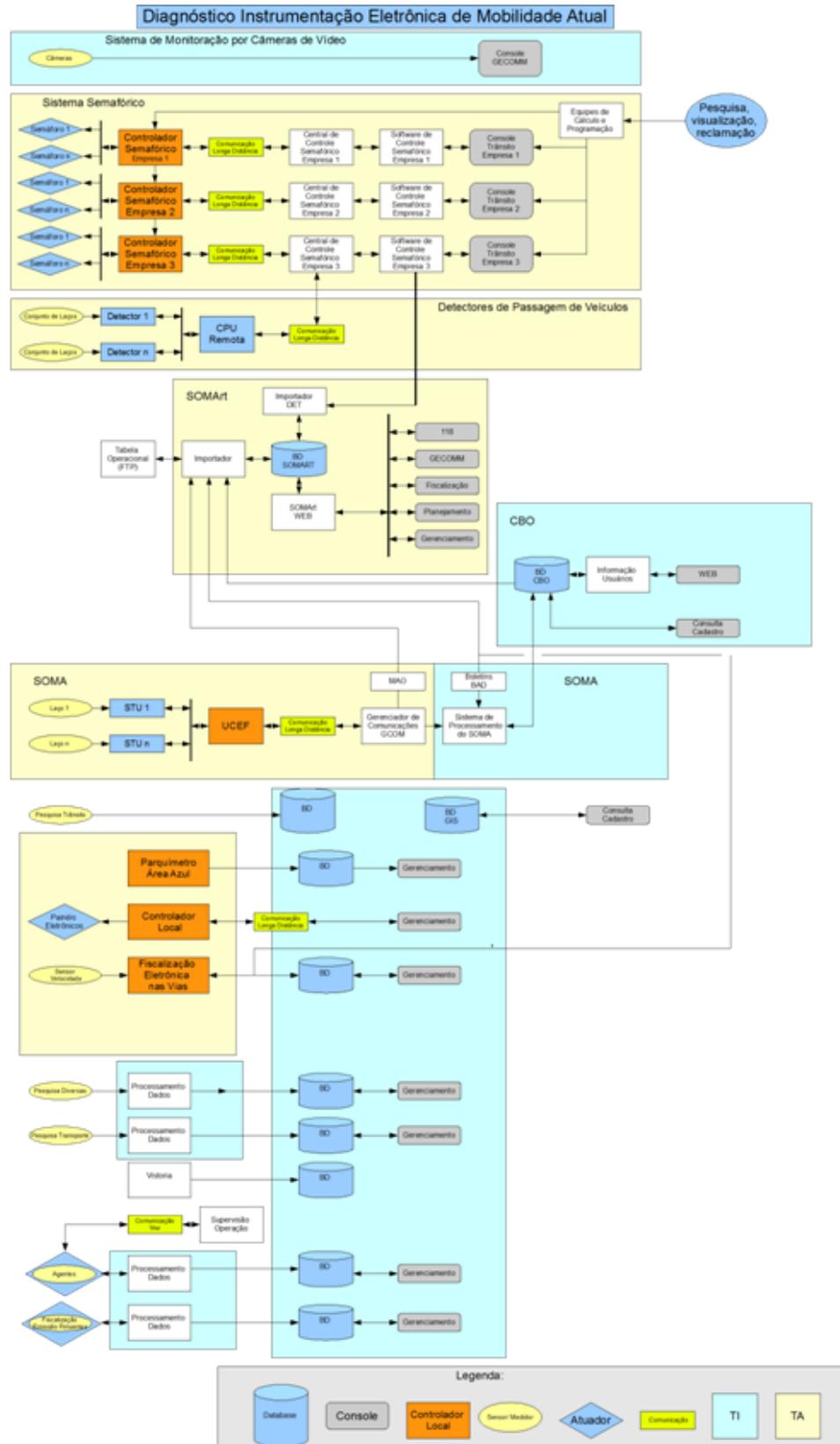
- **Parquímetros (Área Azul)** – Sistema de Emissão Tickets e Registro de Estacionamento na Área Azul, Estacionamento na Via.
- **Fiscalização Automática de Velocidade** – Pardais e Lombadas Eletrônicas que realizam o registro e classificação de passagem de veículos e medição de velocidade, atuando se for o caso.
- **Pesquisas Manuais** – Realização de pesquisas de trânsito e transporte realizadas por pesquisadores em planilha manual.
- **Painéis Dinâmicos de Orientação** – Painéis eletrônicos visuais acionados remotamente para orientação de motoristas.

- **Fiscalização de Emissão de Poluentes** – Equipe de medição de emissão de poluentes em veículos.
- **Sistema de Fiscalização de Transporte Clandestino** – Concentra todas as informações e registros de autos de infração para transporte clandestino.
- **Obras e Eventos** – Equipe responsável por autorizar, registrar e informar à empresa as obras e eventos que ocorrerão na cidade de Porto Alegre.



**Figura 4 – Diagrama Funcional SOMA e SOMART**

Fonte: EPTC

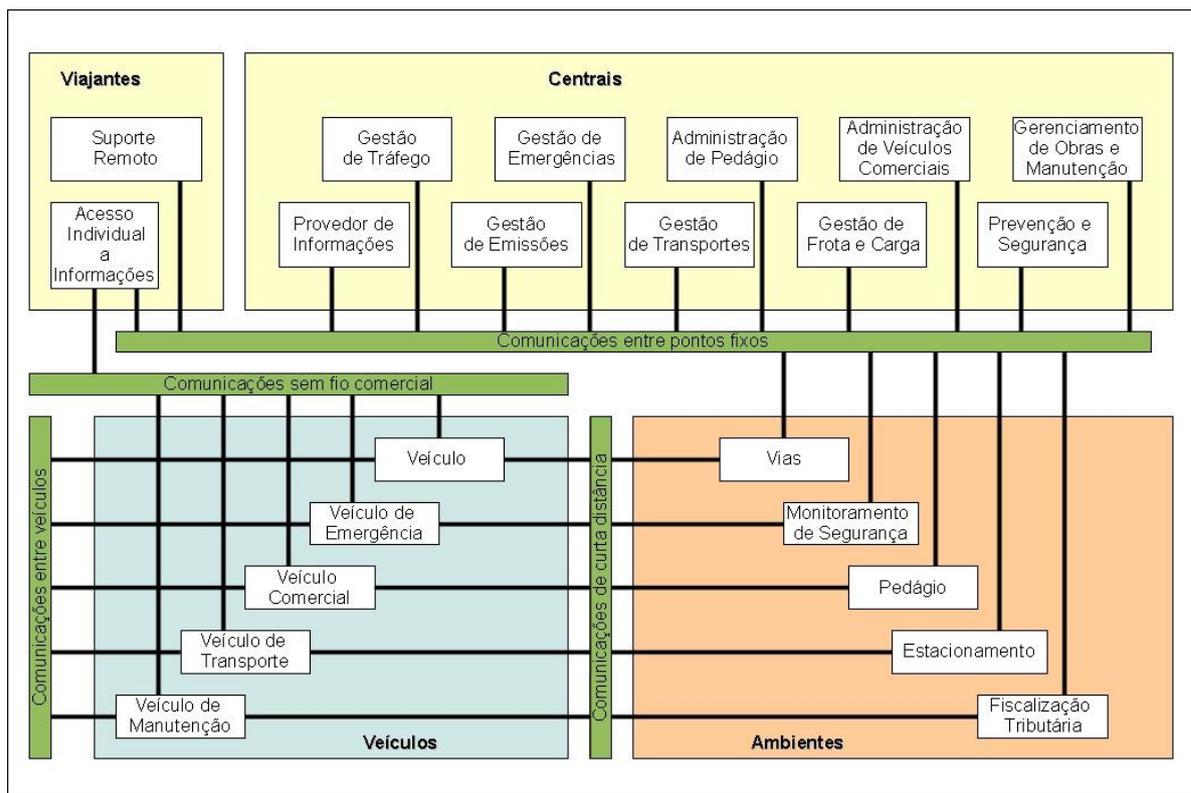


**Figura 5 - Diagrama de Instrumentação Eletrônica de Mobilidade Atual**  
 Fonte: EPTC

## 5 DIRETRIZES GERAIS PARA APLICAÇÃO DOS SISTEMAS ITS

### 5.1 Concepção Geral

A arquitetura do sistema de ITS é baseada no padrão americano conforme **Figura 6** e será composta basicamente pelos equipamentos de campo instalados em vias, veículos e estações, os sistemas de supervisão localizados no centro de controle operacional e pelos sistemas de gestão e informação que serão distribuídos nas áreas de interesse.



**Figura 6** – Diagrama de Interconexão do Modelo Americano de ITS

Fonte: ITS Brasil

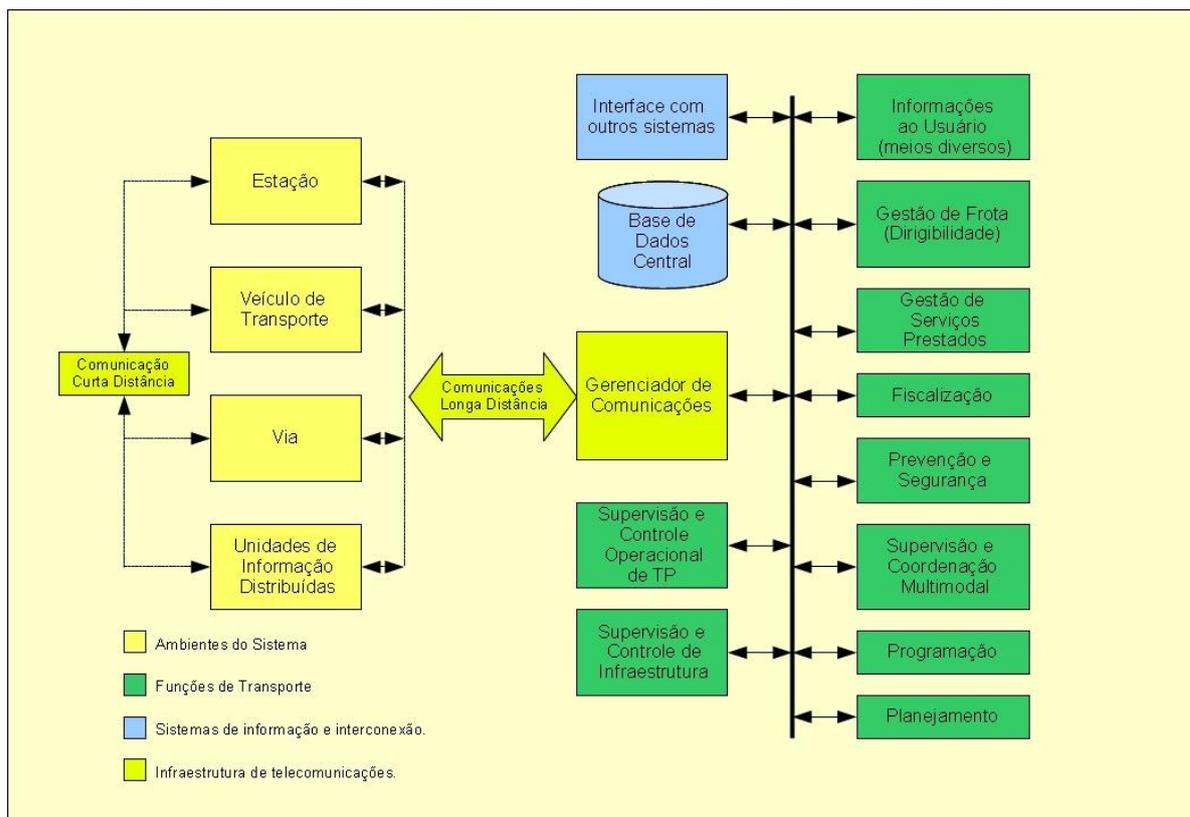
O sistema deve ser dotado de processamento e controle distribuído com supervisão operacional centralizada.

O sistema deve ser suportado por uma estrutura robusta de telecomunicações e processamento de dados e deve realizar a integração com outros modais e forças públicas.

Deve contar com uma base de dados central que contenha todos os dados envolvidos no processo e disponibiliza-los para todos os elementos.

Os dados cadastrais e históricos da operação devem ser disponibilizados para a utilização nas atividades de gerenciamento e planejamento operacional.

O diagrama funcional do sistema de ITS transportes está representado na **Figura 7**.



**Figura 7 – Diagrama Funcional de ITS para Transportes**

Fonte: EPTC

## 5.2 Níveis hierárquicos

O sistema de ITS para TP é composto basicamente pelos seguintes grupos de equipamentos: Dispositivos embarcados, dispositivos estacionários em vias e estações, Centro de Controle Operacional, sistemas de supervisão, sistemas gerenciais e dispositivos gerais de Informação.

Para integração destes elementos deve ser concebido um sistema de comunicações de curto e longo alcance que atenda as necessidades de troca de informações do sistema com desempenho e segurança compatíveis.

O sistema deve ser dividido em níveis hierárquicos conforme a **Figura 8**, dispostos na seguinte ordem:



**Figura 8** - Níveis Hierárquicos do Sistema  
Fonte: Projeto Portais da Cidade – Porto Alegre

- Nível 1 – Componentes de monitoração, telemetria e automação considerados como elementos primários do sistema.
- Nível 2 – Dispositivos de controle e comunicações de curta distância em nível de processo. Executarão funções de controle e monitoração sendo diretamente ligados aos sensores e atuadores incluindo os sistemas ITS.
- Nível 3 – Sistemas de supervisão e telecontrole. Elementos normalmente localizados em centros de controle e interligados através de comunicações de longa distância.
- Nível 4 – Sistema constituído de técnicas de melhoria de processos.
- Nível 5 – Sistemas de informação, de gerenciamento e interligação a outros sistemas existentes ou de terceiros.

### 5.3 Propriedades Tecnológicas para Projetos de Sistemas de ITS

Todo elemento de ITS deve atender as seguintes propriedades:

**Arquitetura Aberta** – Os elementos ITS a serem utilizados devem ser compatíveis com sistemas de arquitetura aberta, tendo sua função bem caracterizada e sua interação com o sistema deve ser realizada através de protocolos abertos e entradas e saídas padronizadas. Deve ser plenamente acessível e configurável. Deve ser plenamente integrável e interoperável tanto em nível de componente como de sistema com equipamentos de distintas funções, origens e fabricantes.

**Modularidade (Escalabilidade)** – O sistema deve ser modular, permitindo sofrer sofisticções, complementações, ampliações e atualizações tecnológicas em diferentes momentos, permitindo que seja ampliado de acordo com a disponibilidade de recursos, permitindo também sua evolução e ajuste em função da disponibilidade de novas tecnologias ou em função das necessidades específicas e melhoria de desempenho.

**Documentação** – Cada elemento deve ser acompanhado da documentação necessária e características de integração que permitam a implantação em etapas, no todo ou em parte, permitindo também ao sistema sua ampliação, manutenção, atualização tecnológica sem alteração estrutural e substituição de equipamentos e softwares.

**Automação** – Os sistemas de ITS devem ser dotados do maior grau possível de controle automático, preferencialmente com processamento próximo aos processos físicos, reduzindo a dependência dos sistemas de telecomunicações, principalmente em processos críticos. O grau de automação e de tecnologia agregada aos sistemas de ITS pode ser avaliado na proporção inversa ao número de posições de operação do centro de controle, necessidade do uso de imagem para monitoramento de trânsito e transporte, necessidade de equipamentos de alta capacidade para processamento, necessidade de processamento centralizado e complexidade do sistema.

**Instrumentação** – os instrumentos de medição e monitoramento devem realizar a análise local e utilizar preferencialmente a transmissão de dados, evitando o uso da transmissão de imagens ou dados brutos.

**Autonomia Tecnológica** – os elementos e sistemas não podem gerar nenhum tipo de dependência tecnológica que gerem custos extras de manutenção ou operação. Para todo elemento fornecido deve ser previsto treinamento de operação e manutenção, peças de reposição, sobressalentes e documentação técnica. A SMT/EPTC deve possuir autonomia tanto em nível de implantação, operação, manutenção, integração, ampliação e atualização tecnológica do sistema implantado. Todo equipamento e software devem ser dotados de interfaces de configuração para que possam ser ajustados e adaptados aos sistemas sem alterações internas.

**Propriedade Intelectual** – Padrões de comunicação, base de dados e protocolo fechados não serão aceitos com o argumento de propriedade intelectual e qualquer outro artifício que possa gerar reserva de mercado principalmente por dependência tecnológica. A propriedade intelectual e o segredo industrial devem limitar-se somente a estrutura interna dos equipamentos e softwares.

**Interoperabilidade** – Os sistemas e elementos de ITS devem permitir serem interligados para trabalharem juntos sem que um interfira no outro.

**Protocolos Padronizados** – Para a perfeita integração e interoperabilidade, devem ser escolhidos os protocolos de comunicação aos quais todos os elementos do sistema devem ser compatíveis. Poderá haver protocolos diferentes para cada nível hierárquico e mais de um protocolo por nível. Caso não seja encontrado um protocolo aberto adequado para a aplicação, o mesmo deve ser desenvolvido segundo padrões a serem estabelecidos em conjunto com a SMT/EPTC.

**Base de Dados Padronizada** – Deve ser prevista base de dados central com todos os dados do sistema e as bases de dados específicas devem ser padronizadas e acessíveis a todos os softwares.

**Disponibilidade tecnológica** – Devem ser utilizadas, em todo o sistema, tecnologias consolidadas e aprovadas que estejam sedimentadas no mercado, evitando o uso de tecnologias incipientes, as quais podem ser propostas em projetos piloto. Deve ser dada preferência a equipamentos disponíveis principalmente no mercado interno, com suporte e manutenção local. Deve ser evitada a utilização de equipamentos dedicados, optando-se por produtos disponíveis no mercado e que sejam de livre configuração e programação e principalmente sistemas onde hardware esteja vinculado a um software externo específico para funcionar e vice-versa.

**Resistência** – Os equipamentos devem ser robustos, protegidos contra agentes físicos e químicos que possam danificar ou interferir no seu funcionamento, tanto em nível de instalação, quanto de características intrínsecas. Todos os elementos do sistema, em relação ao ambiente de instalação, devem ser resistentes à ação de agentes externos, tais como: umidade, temperatura, interferências eletromagnéticas, transientes e surtos de tensão, choques mecânicos, vibração, vandalismo, corrosão e quaisquer outros que possam potencial de interferir no funcionamento ou provocar danos às instalações. Onde as características dos equipamentos não sejam suficientes para resistir às condições do meio, devem ser especificados equipamentos e dispositivos para sua proteção, tais como, invólucros, barreiras térmicas, ventilação forçada, protetores de surto, aterramentos especiais e outros.

**Validade da Tecnologia** – O prazo de validade das tecnologias propostas deve ser de, no mínimo, 10 anos, com garantia de atualização, fornecimento de peças e manutenção. No caso de sistemas que envolvam informações de terceiros, como no caso de posicionamento e de informações climáticas, deve ser comprovada a continuidade de funcionamento dos sistemas pelo mesmo período ou propor soluções alternativas.

**Dados Referenciados** – Todas as medições, imagens ou dados obtidos do sistema devem ser referenciados no espaço e no tempo.

**Desempenho das Interfaces** – Todas as interfaces homem-máquina (IHM) e Telas Sinópticas devem ser de fácil utilização e compreensão, tanto para usuários, operadores, condutores e para qualquer outro ator que utilize o sistema. Devem possuir estrutura hierárquica, evitando o uso de animações e a utilização de cores deve ter como finalidade a sinalização e destacar a informação dinâmica de uso imediato segundo padrão a ser definido. Deve ser evitado o excesso de informações visuais e sonoras em IHMs. As interfaces de supervisão e informação devem ter características de alto desempenho, ou seja, devem, dentro do possível, serem demonstradas através de telas sinópticas do sistema em tons de cinza.

**Restrição de Acesso** – Todos os níveis devem ser protegidos contra acesso de usuários e sistemas não autorizados. Deve ser prevista a segurança física das comunicações, inclusive isolando rede operacional da rede corporativa quando necessário.

**Operação Contínua** – Todos os sistemas críticos devem operar normalmente no caso de falta ou de deficiências no fornecimento de energia, falhas localizadas e problemas de

comunicação. O regime de operação de cada elemento deve ser permanente, 24 horas por dia, 07 dias por semana, 365 dias por ano.

**Redundância** – É o meio mais simples de obter um sistema de alta disponibilidade. A redundância de interfaces de rede, de CPUs, de servidores, de fontes de alimentação interna mantém o perfeito funcionamento do sistema mesmo em caso de falhas de componentes ou sobrecargas do sistema. A redundância numa Base de Dados, diz respeito à repetição não necessária dos dados nela contidos.

**Manutenibilidade** – Deve ser considerada a facilidade de manutenção de cada elemento, promovendo o fácil acesso a todos os componentes.

**Desempenho** – Todos os *softwares* e sistemas devem ter desempenho compatível com o conceito de tempo real para sistemas de transporte. Deve ser estabelecido o tempo mínimo entre falhas, tempo de resposta, frequência de amostragem e o tempo de latência estabelecido em níveis diferentes dependendo da criticidade do processo.

**Codificação e simbologia** – Deve ser especificado um padrão, baseado nos códigos existentes ou normalizados, para codificação de todas as mensagens aos usuários, mensagens de PMVs, alarmes, bloqueios, falhas e qualquer outra rotina que possua comportamento repetitivo. Devem ser estabelecidos códigos de ocorrências e níveis de atenção de operação setorizados e gerais, de acordo com a ocorrência, emergências, eventos públicos, climáticos e riscos. Também deve ser desenvolvido um sistema de identificação estruturado de todos os elementos de sensoriamento, monitoramento, atuação e informação. Cada elemento deve ter uma identificação única em todo o sistema, de simples entendimento.

**Racionalização e fundamentação nas necessidades dos processos físicos** – Para atender à grande complexidade que um sistema de transporte com vários eixos, como o previsto para Porto Alegre, é fundamental que os sistemas de ITS primem pela simplicidade e o uso racional das ferramentas para que as ferramentas utilizadas se tornem a solução e não o problema. Um sistema menos complexo é mais confiável e de custo operacional inferior. Devem ser medidas apenas as variáveis que podem ser controladas ou que possam alterar o planejamento, tanto de operação como de intervenção estrutural no processo. O projeto de ITS está focado nas necessidades dos processos físicos (ex.: transporte de passageiros) e isso deve estar presente nas análises de processo, instrumentação, funções, funcionalidades, ambientes e atores, considerando sempre o equilíbrio entre a melhor técnica disponível e os custos, objetivando a máxima economicidade do projeto tanto de implantação como de operação. Também deve ser evitado o excesso de intertravamentos, condicionantes e sofisticacões desnecessárias.

#### 5.4 Elementos Básicos de ITS

Neste item são estabelecidos os conceitos de elementos de automação e informação.

#### 5.4.1 Sensor

Elemento que, instalado diretamente no processo físico, mede e converte uma grandeza física analógica em um sinal (preferencialmente elétrico) que pode ser interpretado por um observador ou instrumento.

#### 5.4.2 Detector

Elemento que, instalado diretamente no processo físico, converte uma condição física discreta em um sinal (preferencialmente elétrico) que possa ser interpretado por um observador ou instrumento.

#### 5.4.3 Transdutor

Elemento que realiza a conversão de sinais obtidos de sensores e detectores em um sinal elétrico analógico ou digital padronizado.

#### 5.4.4 Analisador

Elemento que processa sinais complexos de um ou mais sensores com o objetivo de obter dados que possam ser interpretados por um observador ou instrumento.

#### 5.4.5 Atuador

Elemento que realiza intervenção diretamente em um processo físico através de sinais originados de sistemas automáticos ou manuais.

#### 5.4.6 Controlador

Elemento característico de um sistema automático, que através de medições ou detecções realizadas compara com o valor de referência (*set point*) gerando sinais de atuação com o objetivo de manter o processo físico operando dentro dos parâmetros desejados de forma segura e estável.

#### 5.4.7 Mostrador/indicador

Interface para observação da medição de uma grandeza específica.

#### 5.4.8 Anunciador

Interface visual ou sonora para divulgação de dados e condições operacionais do sistema.

#### 5.4.9 Supervisão

Ato de vigiar e interferir em tempo real na atividade de controle manual ou automático.

#### 5.4.10 Gestão

Parte que desempenha as funções de cadastro, gerenciamento, planejamento e programação.

#### 5.4.11 Vigilância

Sistema de informação que tem a função de gerenciamento, apresentação, processamento e armazenamento de imagens geradas nos ambientes físicos.

#### 5.4.12 Console/Terminal

Interface interna composta de dispositivos de entrada e saída de informações ou dados para o operador humano realizar de forma individual as funções de monitoramento, controle, supervisão, cadastro e gestão.

#### 5.4.13 Interface de Comunicações Local

Dispositivo que realiza a conexão entre os equipamentos de campo móveis e fixos com equipamentos de telecomunicações de curta distância para realização de telecomando e telemetria.

#### 5.4.14 Interface de Comunicações à Distância

Dispositivo que realiza a conexão entre os equipamentos de campo móveis e fixos com equipamentos de telecomunicações de longa distância para realização de monitoramento, controle, supervisão e gestão operacional.

#### 5.4.15 Protocolo de Comunicação

Padrão de organização de mensagens para comunicação entre dois ou mais equipamentos de ITS.

#### 5.4.16 Gerenciador de Telecomunicações

Sistema de Informação que realiza de forma organizada e contínua a troca de dados entre todos os elementos de ITS do sistema e com a base de dados.

### 5.5 Elementos Finais de ITS

Neste item são descritos os elementos finais de ITS de uso mais frequente em transporte público. Cada elemento final de ITS pode utilizar vários tipos de tecnologia dependendo das exigências funcionais ou do ambiente. Estas características devem ser determinadas em cada projeto.

#### 5.5.1 Bloqueio físico

Equipamento responsável pelo impedimento ou liberação da passagem de pessoas para acesso a determinado serviço ou ambiente.

#### 5.5.2 Contador de passageiros

Realiza a contagem de pessoas para acesso a algum serviço ou ambiente.

#### 5.5.3 Validador

Realiza a leitura/escrita de mídia individual, a verificação, débito de crédito do passageiro e liberação de passagem.

#### 5.5.4 Unidade de recarga de créditos

Realiza a leitura/escrita de mídia individual para informação e atualização de crédito do usuário.

#### 5.5.5 Console de comercialização

Conjunto de equipamentos necessários para o posto de comercialização de passagens.

#### 5.5.6 Câmera de Vídeo

Dispositivo de vigilância ou monitoramento operacional que pode ser do tipo fixa ou móvel (com regulagem de direção e zoom à distância), convencional ou analítica (realizando processamento de sinais para detecção ou medição de variáveis ou percepção de anomalias dos processos físicos).

#### 5.5.7 Painel de Mensagem Variável

Anunciador de imagem que tem como função a apresentação de informações dinâmicas principalmente aos usuários e condutores.

#### 5.5.8 Anunciador Sonoro

Dispositivo de áudio que tem como função a apresentação de informações sonora principalmente aos usuários de transporte público.

#### 5.5.9 Detector de veículos

Dispositivo que detecta a presença ou passagem de veículos.

#### 5.5.10 Identificador de veículos

Dispositivo que identifica e classifica o veículo através de sua passagem.

#### 5.5.11 Controlador Semafórico.

Dispositivo de campo que realiza a programação semafórica de determinado ambiente, normalmente em vias e acessos.

#### 5.5.12 Semáforo (atuador de fluxo de veículos)

Dispositivo luminoso de sinalização dinâmica que indica e ordena a permissão de fluxo de pessoas e veículos.

#### 5.5.13 Central de Controle Semafórico

Sistema que coordena à distância e ajusta a operação de um conjunto de controladores semafóricos.

#### 5.5.14 Bloqueio físico de veículos (atuador de fluxo de veículos)

Barreira física que ordena a permissão de fluxo de pessoas e veículos.

#### 5.5.15 Controlador de Velocidade

Dispositivo responsável pela medição da velocidade de passagem e identificação de veículos. Possui a denominação “controlador de velocidade” consagrada mas não realiza nenhuma função direta de controle. Quando possui indicador de velocidade visual ao motorista é geralmente denominado Lombada Eletrônica.

#### 5.5.16 Sistema de Supervisão

Sistema de informação responsável pela interface entre os equipamentos de campo de monitoramento e telecontrole operacional para supervisão de trânsito, transporte e infraestrutura.

#### 5.5.17 Sistema de Vigilância

Sistema de informação que tem a função de gerenciamento, apresentação, processamento e armazenamento de imagens geradas nos ambientes físicos.

#### 5.5.18 Console de controle

Conjunto de equipamentos necessários para o posto de controle operacional.

#### 5.5.19 Console de supervisão

Conjunto de equipamentos necessários para o posto de supervisão operacional.

#### 5.5.20 Videowall

Equipamento de compartilhamento visual de imagens para salas de controle e supervisão composto por painel de vídeo de médio ou grande porte.

#### 5.5.21 Terminal de Autoatendimento

Dispositivo multimídia para informações individuais aos usuários, solicitações de serviço, cadastramento de solicitações, sugestões e reclamações.

#### 5.5.22 Dispositivos de monitoramento e controle da infraestrutura

Dispositivos variados que tem como função medir, monitorar e controlar sistemas auxiliares de telecomunicações, informática, energia e condições ambientais.

#### 5.5.23 Interface *Web* Pública

Ambiente na *Web* aberto ao público para obtenção de informações individuais pelos usuários, solicitação de serviços, sugestões e reclamações.

#### 5.5.24 Terminal de fiscalização fixo

Dispositivo de entrada e saída de informações de interesse da fiscalização fixado em vários ambientes físicos.

#### 5.5.25 Terminal de fiscalização móvel

Dispositivo portátil de entrada e saída de informações com finalidade de fiscalização.

#### 5.5.26 Elemento de comunicação por voz

Elemento fixo, embarcado ou portátil para comunicações por voz entre agentes, condutores e controladores de transporte público.

#### 5.5.27 Terminal de planejamento e programação

Conjunto de equipamentos necessários para o exercício de planejamento e programação de transporte público.

#### 5.5.28 Controlador embarcado

Computador de bordo com a função de coordenar as comunicações internas e externas do veículo de transporte, integrado a todos os dispositivos embarcados de ITS.

#### 5.5.29 Painel de Itinerário

Painel de visualização externa ao veículo de transporte, normalmente luminoso, que informa ao usuário o nome da linha e itinerário.

#### 5.5.30 Controlador de Funções de Carroceria (Multiplex)

Equipamento que disponibiliza IHM (Interface Homem-Máquina) ao condutor para controle de funções de carroceria, tais como ar condicionado, abertura de portas, sinalização e outros.

#### 5.5.31 Controlador de Funções de Chassi (Telemetria e ECU)

Equipamento que compõe a parte elétrica do veículo e realiza o controle do funcionamento do motor e fornece informações de funções do chassi.

#### 5.5.32 Posicionador Geográfico

Dispositivo que informa a posição geográfica do veículo.

#### 5.5.33 Console do condutor

Conjunto de comunicação entre o condutor e o controle operacional.

## 5.6 INFRAESTRUTURA PARA ITS

### 5.6.1 Telecomunicações

Para o correto funcionamento do sistema é fundamental a utilização de sistemas de telecomunicações de alto desempenho e confiabilidade, em função disso deve-se prever infraestrutura de telecomunicações, principalmente fibra óptica e enlaces de rádio alternativos.

No monitoramento, automação e telemetria do transporte coletivo as comunicações devem ser bem estruturadas, pois exercem um papel fundamental no bom desempenho de todo o sistema. Para isso, as telecomunicações são divididas conforme a abrangência do enlace de Comunicação de Curto Alcance e Comunicação de Longo Alcance.

A **Comunicação de Curto Alcance** deve realizar a comunicação direta e de baixo fluxo de dados entre os elementos dos sistemas críticos sem passar pela central. Deve ser implantada através de rádio em redes com roteamento automático. Ela realiza principalmente a comunicação de veículos controladores de tráfego baseados em ITS. Pode também atender a necessidade de comunicação entre outros elementos com as mesmas características.

A **Comunicação de Longo Alcance** deve realizar a comunicação entre todos os elementos do sistema e deve ter capacidade de atender a todas as necessidades de comunicação de dados. Deve ser robusto e depender o mínimo possível de serviços de terceiros. Pode ser

híbrido, sendo estruturado de forma que possibilite a melhor continuidade de operação possível. A comunicação entre os elementos deve ser realizada preferencialmente por rede própria cabeada, por *WI-FI* onde não for possível a fibra, e comunicação de terceiros (GPRS ou similar) como última alternativa.

Para melhorar a confiabilidade e flexibilidade o sistema pode necessitar de repetidoras localizadas em pontos altos da cidade. As repetidoras são estruturas simples de painéis de equipamentos instalados em postes ou torres elevadas.

Para estabelecer o sistema de comunicação de longa distância serão utilizados os seguintes meios:

- **Fibra Óptica** – Meio preferencial de comunicações. Pode ser aérea ou subterrânea dependendo das características dos locais de instalação. Devido a grande largura de banda permitirá o uso ilimitado de recursos de monitoramento visual, telemetria e automação. A instalação subterrânea eleva a confiabilidade do sistema por ficar naturalmente protegida. É utilizada principalmente para interligação de elementos de ITS nas vias, e estações. É instalada em todos os corredores e interligada a rede municipal e diretamente ao CCO.
- **Wireless (WI-FI)** – Por ter a característica de fácil instalação e grande flexibilidade, será usado como redundância e como meio de acesso a locais mais remotos. Apesar de poder comportar todo o sistema, a largura de banda menor impõe uma série de limitações nas aplicações, principalmente na transmissão de imagens e aplicações futuras. Será utilizada principalmente para comunicações entre veículos e estações, e com o CCO através das unidades de telecomunicações remotas (repetidoras de sinal).
- **Comunicação Terceirizada** – As comunicações terceirizadas, tais como DSL, 3G, GPRS e outros, podem ser utilizadas em pontos remotos do sistema principalmente em unidades móveis de fiscalização, terminais de autoatendimento aos usuários e linhas alimentadoras. Devido à baixa confiabilidade deve ser evitado em sistemas críticos.

Em cada ambiente do sistema deve ser previsto espaço físico para instalação de infraestrutura de telecomunicações.

### 5.6.2 Energia Elétrica

A infraestrutura para suprimento de energia deve ser composta pelos seguintes elementos:

- Ligação elétrica da concessionária com todos os elementos do sistema.

- Suprimento ininterrupto de energia por baterias e no-breaks para os sistemas críticos em estações, vias, CCO e datacenter.
- Suprimento de energia por gerador para os sistemas críticos no CCO e datacenter que necessitam de grande autonomia em caso de falta de energia.

Em cada ambiente do sistema deve ser previsto espaço físico para instalação de infraestrutura de energia elétrica.

### 5.6.3 Informática

#### 5.6.3.1 Datacenter

A prefeitura de Porto Alegre através da Procempa oferece um Datacenter com toda estrutura necessária para atender o mais alto nível de serviço e disponibilidade.

Por esta razão a Prefeitura tem adotado como padrão, utilizar preferencialmente este Datacenter para os serviços de processamento e armazenamento de dados que requerem segurança e disponibilidade.

#### 5.6.3.2 Infraestrutura de Informática Distribuídos

Os sistemas de informática devem utilizar o padrão especificado pela Prefeitura de Porto Alegre.

Em cada ambiente do sistema deve ser previsto espaço físico para instalação de infraestrutura de informática, interligação a rede municipal de dados com redundância e suprimento ininterrupto de energia.

## **6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA APLICAÇÃO DE ITS PARA TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE**

Os estudos devem ter abrangência para toda a Rede Estrutural Multimodal Integrada no âmbito da Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA, fundamentado principalmente nos seguintes princípios:

- Nas necessidades atuais do sistema de transporte compatibilizando com os processos futuros;
- Nos sistemas de ITS existentes em Porto Alegre e Região Metropolitana;
- No contexto de Porto Alegre e Região Metropolitana considerando as características locais e outros modais;
- Nos novos projetos de transporte;
- Nos níveis de serviço desejados;
- Na Legislação e Normas Técnicas Vigentes.

Com a perspectiva de implantação da nova rede de transporte, se iniciaram estudos de aplicação de técnicas de ITS disponíveis de acordo com as necessidades do sistema a ser implantado compatibilizando os processos futuros e com os sistemas de ITS existentes em Porto Alegre e Região Metropolitana.

O sistema de transporte hoje está inserido no contexto da cidade, sujeito as condições do trânsito. Com a implantação dos BRTs com priorização semafórica, passará a interferir no ritmo da cidade conforme se ajusta a demanda de passageiros. O controle do sistema deve estar integrado à operação de toda a cidade e região, inclusive com outros tipos de serviços públicos e modais de transporte.

Em função disso, o projeto de ITS deve ser global, visando estabelecer os mesmos padrões para toda a Rede Integrada de Transportes e em sintonia com outros projetos em desenvolvimento na área de engenharia e operação. Deve ser fundamentado também nas tecnologias disponíveis e nas características locais existentes, buscando o menor custo de implantação, a qualificação dos serviços e a redução do custo operacional com a racionalização de recursos visando atender as necessidades dos usuários, gestores públicos, prestadores de serviço e sociedade.

Existem várias dificuldades para implantação de ITS no sistema de transporte público que se deve principalmente à convivência de sistemas públicos e privados, sistemas fechados e sem interconectividade, dificuldade de comunicações em movimento junto ao solo em função do relevo da cidade, agressividade do meio a equipamentos embarcados e estacionários sujeitos a intempérie e vandalismo, grande espectro de utilização além da necessidade de alta confiabilidade.

A implantação do sistema BRT em Porto Alegre, onde já existe uma consolidação da morfologia urbana, na qual iniciativas de expansão da infraestrutura viária encontram alguns limitantes que podem afetar a operacionalidade do sistema de transporte, tem como aliada a tecnologia, que possibilita a atenuação de parte dessas limitações por meio da utilização ótima da infraestrutura existente.

Dentre as limitações e interferências existentes, inerentes à configuração da cidade que influenciam na operação do sistema de transporte, podemos citar os cruzamentos em nível, corredores sem ultrapassagem devido ao estreitamento do perfil viário, limitações no espaço disponível para as estações, passagem de pedestres, tráfego compartilhado, dentre outros que acabam por interferir na velocidade média operacional do sistema.

Para minimizar o impacto destas interferências no desempenho do sistema e para agregar qualidade ao transporte público é necessária a aplicação de ferramentas tecnológicas, tais como controle semafórico adaptativo em tempo real com priorização ao transporte público, sistemas de supervisão e controle operacional, monitoramento de vias, de estações, de veículos e da infraestrutura, além de informação ao usuário com ampla disponibilidade e qualidade.

Além disso, a concepção de sistemas de BRT deve trazer para o transporte urbano características dos sistemas de metrô que inclui tecnologia de automação e de informação como elementos obrigatórios para garantir a sua funcionalidade e um padrão de qualidade análogo ao desses sistemas.

Para a implantação de ITS dentro de uma visão sistêmica é necessário o desenvolvimento de um projeto global para transportes, ajustado às necessidades específicas de Porto Alegre, considerando os projetos correlacionados de engenharia, funcionais e operacionais em andamento, além da característica de implantação em etapas.

O sistema a ser projetado deve considerar os atributos de tecnologia desejados e as Diretrizes Gerais. Também devem ser consideradas as seguintes premissas para elaboração de projetos de ITS:

- Realizar levantamento de projetos e estudos existentes sobre o tema.
- Utilizar tecnologia disponível e sedimentada no mercado nacional, para ter garantia do seu bom desempenho.
- Apresentar solução fundamentada e justificada nas necessidades de qualificação da operação dos processos de transporte.
- Considerar as fases de implantação da rede de transporte.
- Considerar a integração com os modais de transporte existentes e futuros, como o metroviário, ônibus metropolitano, transporte seletivo, aeromóvel, bicicletas e transporte hidroviário, dentre outros.
- Considerar os elementos de ITS existentes na cidade.

- Considerar o nível de detalhe exigido da definição de Projeto Básico conforme legislação, além de incluir a normalização e normatização pertinentes.
- Realizar a correta interface de projetos com o projeto funcional, de engenharia e operacional.
- Realizar estudo detalhado do processo físico e dos locais de instalação dos elementos de ITS.

## 7 TERMINOLOGIA E CONCEITOS BÁSICOS

**Atributos** – São características variáveis de qualidade.

**Atuar** – Intervir no sistema através de uma ação de controle em um dispositivo específico de forma a conduzir o comportamento do mesmo para os padrões desejados.

**Automação** – É um conjunto de técnicas pelas quais se constrói um conjunto de sistemas ativos de controle capazes de atuar sem intervenção humana com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do mesmo meio sobre o qual atuam.

**Automação de Processos Físicos** – É a parte da automação que utiliza as técnicas de controle para manipular diretamente os processos físicos.

**BRT** – *Bus Rapid Transit* – Sistema composto por veículos de transporte coletivo trafegando em vias segregadas com alto desempenho de velocidade e capacidade de transporte.

**CCO** – Centro de Controle Operacional

**Contingenciamento** – É o ato de impor limites e regras em relação a algo ou alguma coisa em situações atípicas.

**Controle** – Combinação de elementos que atuam conjuntamente com o objetivo de obter de um determinado processo, dentro das limitações do mesmo, um resultado desejado. Em um sistema de controle o resultado de um processo é medido e comparado com um valor desejado obtendo o erro e atuando sobre o mesmo de forma a corrigir o resultado continuamente para manter o processo estável.

**ECU** – *Engine Control Unit*

**EPTC** – Empresa Pública de Transporte e Circulação

**Headway** – Intervalo de tempo entre viagens.

**IHM** – Interface Homem-Máquina

**Informática** – É um termo usado para descrever o conjunto das ciências da informação, estando incluídas neste grupo: a ciência da computação, a teoria da informação, o processo de cálculo, a análise numérica e os métodos teóricos da representação dos conhecimentos e de modelagem dos problemas.

**Infraestrutura** – É o conjunto de atividades e estruturas que servem de base para o desenvolvimento de outras atividades.

**ITS** – *Intelligent Transportation Systems* – Conjunto de ferramentas de gestão, supervisão, controle, monitoramento e atuação aplicados a sistemas de transporte, que visa garantir maior qualidade na operação.

**Medir** – Tornar-se consciente do estado de um sistema ou grandeza de forma quantitativa. Medir significa comparar quantitativamente uma grandeza física com uma unidade através de uma escala pré-definida.

**METROPLAN** – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional.

**MetrôPOA** – Metrô de Porto Alegre.

**Mobilidade Urbana** – É um atributo das cidades, relativo ao deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano, utilizando para isto veículos, vias e toda a infraestrutura urbana existente.

**Monitorar** – Tornar-se consciente continuamente do estado de um sistema de forma quantitativa e qualitativa.

**Nível de Serviço** – Atributo de qualidade dos serviços prestados em determinado setor.

**Norma** – Documento publicado que contém uma especificação técnica ou outros critérios precisos, concebidos para serem utilizados sistematicamente como regra, diretriz ou definição.

**Normalização** – Conjunto de regras estabelecidas através de Norma Técnica.

**Normatização** – Conjunto de regras estabelecidas através de Legislação.

**PitMurb** – Plano Integrado de Transporte e Mobilidade Urbana

**PMPA** – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

**PMV** – Painel de Mensagem Variável

**Projeto Básico** – É o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto de licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução.

**Projeto Executivo** – É o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da ABNT.

**Propriedades** – São características de qualidade inerentes e constantes.

**SIG** – Sistema de Informações Geográficas

**Sistema** – É uma combinação de componentes que agem em conjunto no desempenho de uma função que seria impossível para qualquer das partes isoladamente.

**Sistema de informação** – É um conjunto de elementos dinamicamente relacionados entre si, formando uma atividade para atingir um objetivo, operando sobre entradas (dados) e fornecendo saídas (informação).

**SMT** – Secretaria Municipal dos Transportes.

**SOMA** – Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente.

**SOMArt** – Sistema de Ônibus Monitorado Automaticamente em Tempo Real.

**Supervisão Operacional** – É o mecanismo pelo qual são vigiados ou inspecionados vários processos em que o controle dos mesmos foi delegado a outros agentes, automáticos ou não, intervindo caso seja necessário.

**TC** – Transporte Coletivo.

**Tela Sinóptica** – Apresenta de forma gráfica a sinopse de um determinado processo.

**Tempo Real** – É o tempo suficiente para que se tenha consciência do estado ou grandeza de um processo físico permitindo a intervenção antes que as perturbações afetem sua estabilidade, segurança e desempenho.

**TP** – Transporte Público.

**TRENSURB** – Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre.

**VTA** – Veículo de Tração Animal.

**Wi-Fi** - *Wireless Fidelity*.

## 8 LEGISLAÇÃO PERTINENTE

BRASIL. Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 de jul. de 1994. Seção 1, p. 10149.

BRASIL. Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1o de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 4 de jan. de 2012. Seção 1, p. 1.

PORTO ALEGRE, Decreto n. 13.227, de 17 de maio de 2001. Determina do equipamento tipo “transponder” (etiqueta eletrônica) pelas Empresas Permissionárias do Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus do Município de Porto Alegre e dá providências. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, 29 de mai. 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (Secretaria dos Transportes). Resolução n.º 2, de 15 de janeiro de 2009. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, 22 jan. 2009. Ed. 3443. p.8.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (Secretaria dos Transportes). Resolução n.º 7, de 28 de junho de 2011. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, 30 jun. 2011. Ed. 4045. p.11.

## **9 BIBLIOGRAFIA**

ANDRADE, C. E. S de. *Avaliação do Desempenho de Sistemas Metroferroviários Sob a Ótica da Qualidade dos Serviços Prestados aos Usuários: Aplicação no Metrô do Rio de Janeiro*. [Maio de 2009]. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). Planejamento em Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS) – perspectivas das experiências internacionais. *Sistemas Inteligentes de Transportes*, [São Paulo], Volume 8, n.2, p.10-48, mai. 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). Estudo Preliminar de Funções ITS Aplicadas na Operação de Sistemas BRT. *Sistemas Inteligentes de Transportes*, [São Paulo], Volume 8, n.6, p.100-121, mai. 2012.

EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO (EPTC). *Transportes em Números – Indicadores Anuais de Mobilidade Urbana*, Porto Alegre, n. 5, 2012.

LEMOS, BRUNO J. A de. *Análise RAMS na componente Manutenibilidade*. 16 novembro 2010, 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. *Projeto Portais da Cidade* – termo de referência e componente tecnológico, Porto Alegre, 62p., [2007].

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. *Projeto Básico de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) para Implantação da Rede Estrutural Integrada do Sistema de BRT de Porto Alegre* – Anexo I do termo de referência, Porto Alegre, 70p., [2011].

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – Secretaria de Ciência e Tecnologia – Instituto Militar de Engenharia. *Apostila Sistemas de Controle Lineares*, Rio de Janeiro, 49p., [1992].

AMERICAN NATIONAL STANDARD. ANSI/ISA 5.1 - *Instrumentation Symbols and Identification*, EUA, 128p., [2009].

EUROPEAN STANDARDS. CSN EN 13816 - *Transportation - Logistics and services - Public passenger transport - Service quality definition, targeting and measurement*, European Union, [2002].

EUROPEAN STANDARDS. CSN EN 15140 - *Public Passenger Transport - Basic Requirement and Recommendations for Systems that Measure Delivered Service Quality*, European Union, [2006].

## **ANEXOS**

### **ANEXO I – PROPOSTA DE SUMÁRIO PARA CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DE ITS**

1 - REQUISITOS DE SERVIÇOS

2 - REQUISITOS DO PROJETO BÁSICO APLICADO

3 - REQUISITOS DO PROJETO EXECUTIVO

4 - PADRÕES DE COMUNICAÇÃO E INTEROPERABILIDADE

5 - REQUISITOS GERAIS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO

6 - REQUISITOS GERAIS DO SISTEMA, COMPONENTES E SERVIÇOS

Serviços (1 a n)

- Aplicação
- Objetivo
- Descrição Básica
- Procedimentos Específicos
- Normas aplicáveis
- Testes de Recebimento
- Serviços Complementares
- Garantia

Softwares (1 a n)

- Aplicação
- Objetivo
- Descrição Básica
- Características Específicas
- Requisitos Gerais
- Requisitos de desempenho
- Normas aplicáveis
- Testes de Recebimento
- Garantia
- Operação Assistida

#### Materiais e Equipamentos (1 a n)

- Aplicação
- Objetivo
- Descrição Básica
- Características Construtivas
- Requisitos Gerais
- Requisitos de desempenho
- Normas aplicáveis
- Testes de Recebimento
- Garantia
- Operação Assistida

#### 7 - PROCEDIMENTOS DE IMPLANTAÇÃO

- Diagnóstico e programa de necessidades
- Projeto Básico
- Projeto executivo
- Validação das tecnologias
- Plano Geral de Execução
- Inspeção e Testes de Equipamentos e Instalações
- Implantação
- Comissionamento
- Documentação e Cadastro
- Recebimento
- Operação Assistida
- Garantia