

NEEMIAS XAVIER PEREIRA DOS SANTOS

Apresentação e análise das características e funcionalidades de um sistema metroferroviário que utiliza conceitos de ITS

São Paulo  
2016

NEEMIAS XAVIER PEREIRA DOS SANTOS

Apresentação e análise das características e funcionalidades de um sistema metroferroviário que utiliza conceitos de ITS

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, como um dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Tecnologia Metroferroviária.

São Paulo  
2016

NEEMIAS XAVIER PEREIRA DOS SANTOS

Apresentação e análise das características e funcionalidades de um sistema metroferroviário que utiliza conceitos de ITS

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, como um dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Tecnologia Metroferroviária.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Rady de Almeida Júnior.

São Paulo  
2016

Dedico este trabalho aos meus pais José (*in memoriam*) e Nely e também à minha querida esposa Michela.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Companhia Paulista de Trens Metropolitanos pela oportunidade de realizar esse curso e, com isso, me proporcionar crescimento técnico e profissional.

Agradeço, ao Prof. Dr. Jorge Rady de Almeida Junior, pela orientação nesta monografia.

Agradeço, aos integrantes da banca, Prof. Dr. João Batista de Camargo Júnior e Profª. Drª. Selma Shin Shimizu Melnikoff, pelos comentários e pelas contribuições.

Gostaria de manifestar o apreço aos integrantes do DOCP (Departamento de Controle Operacional) pela compreensão, atenção e auxílio do decorrer do período de aulas e da elaboração deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as características de um sistema metroferroviário que utiliza, para a operação comercial, os conceitos de ITS (Intelligent Transport Systems). Serão destacadas as funcionalidades operacionais fornecidas por sistemas integrados e inteligentes as quais tem como objetivo principal proporcionar aos clientes/usuários uma experiência de viagem com maior conforto, segurança e rapidez. Adicionalmente, pode-se destacar que a utilização destes conceitos proporciona uma melhora nos processos corporativos que podem ser verificados na geração, transmissão e gestão de dados operacionais e informações que são divulgadas aos órgãos externos e aos usuários.

**Palavras-chave:** Tecnologia. Sistemas Inteligentes de Transporte. Sistemas Metro Ferroviários.

## ABSTRACT

The aim of this study is present the characteristics of a subway-railroad system that uses, for commercial operation, the concepts of ITS (Intelligent Transport Systems). Operational features provided by integrated and intelligent systems which aims to provide customers / users a travel experience with greater comfort, safety and speed are highlighted. Additionally, it can be noted that the use of these concepts provides an improvement in business processes that can be checked in the generation, transmission and management of operational data and information disseminated to users.

**Keywords:** Technology. Intelligent Transport Systems. Railway Systems.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Sistemas de Transporte sobre trilhos.....                     | 12 |
| Figura 2 - Pirâmide de Automação.....                                    | 24 |
| Figura 3 - Níveis hierárquicos de uma rede .....                         | 25 |
| Figura 4 - Tela do Supervisório - Controle de energia Linha 8 CPTM ..... | 26 |
| Figura 5 - Relação Cliente-Servidor .....                                | 28 |
| Figura 6 - Vantagens do protocolo OPC .....                              | 29 |
| Figura 7 - Sistema de Georeferência .....                                | 36 |
| Figura 8 - Mapa da Linha 14 Metro de Paris .....                         | 39 |
| Figura 9 - Estação Olympiades - Linha 14 Metro de Paris .....            | 40 |
| Figura 10 - Mapa - Linha 4 Metro de São Paulo.....                       | 40 |
| Figura 11 - Portas de plataforma - Estação República .....               | 41 |
| Figura 12 - Linha de bloqueios - Estação Paulista .....                  | 42 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Quadro Resumo - Níveis de Automação ..... | 22 |
|--|----|

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMV – Aparelhos de Mudança de Via  
ATO – Automatic Train Operation  
CBTC – Communication Based Train Control  
CCO – Centro de Controle Operacional  
CCR – Companhia de Concessões Rodoviárias  
CEP – Controle Estatístico do Processo  
CFTV – Circuito Fechado de Televisão  
CLP – Controlador Lógico Programável  
COM – Component Object Model  
CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos  
DCOM – Distributed Component Object Model  
DTO – Driveless Train Operation  
ERP – Enterprise Resource Planning  
ERTMS – European Rail Traffic Management System  
GPS – Global Positioning System  
GSMR – Global System for Mobile Communications – Railway  
IDE – Integrated Development Environment  
IHM – Interface Humano Máquina  
ITS – Intelligent Transport Systems  
MES – Manufacturing Execution Systems  
OLE – Object Linking and Embedding  
OPC – Object Linking and Embedding for Process Control  
PLC – Programmable Logic Controller  
PPP – Parceria Público-Privada  
RATP – Régie Autonome des Transports Parisiens  
SAMU – Serviço de Atendimento Móvel de Urgência  
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition  
SPC – Statistical Control Process  
UTO – Unattended Train Operation  
VLT – Veículo leve sobre trilhos

## SUMÁRIO

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>12</b> |
| 1.1.      | CARACTERÍSTICAS GERAIS .....  | 12        |
| 1.2.      | CONSTITUINTES DE UM SISTEMA METRO FERROVIÁRIO .....   | 13        |
| 1.3.      | OBJETIVO .....  | 15        |
| 1.4.      | ESTRUTURA DO TRABALHO .....   | 16        |
| <b>2.</b> | <b>SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE .....</b>  | <b>17</b> |
| 2.1.      | ITS NO ÂMBITO DA GESTÃO .....   | 17        |
| 2.1.1.    | Previsão de demanda e planejamento de transporte .....  | 18        |
| 2.1.2.    | Simulação das características operacionais e planejamento operacional .....                             | 18        |
| 2.2.      | ITS NO ÂMBITO OPERACIONAL .....   | 19        |
| 2.2.1.    | ATP – Sistema de proteção automática de trens .....   | 19        |
| 2.2.2.    | ATO – Sistema de operação automática de trens .....   | 19        |
| 2.2.3.    | ATS – Sistema de supervisão automática de trens .....   | 20        |
| 2.2.4.    | Níveis de automação em sistemas metro ferroviários .....  | 20        |
| <b>3.</b> | <b>SISTEMA SCADA .....</b>  | <b>23</b> |
| 3.1.      | ARQUITETURA DE UM SISTEMA SCADA .....   | 24        |
| 3.1.1.    | Equipamentos de hardware .....  | 25        |
| 3.1.2.    | Ferramentas de software .....   | 27        |
| 3.1.3.    | Disposição de redes e aspectos referentes à disponibilidade do sistema .....                            | 30        |
| <b>4.</b> | <b>UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE NO SETOR METRO FERROVIÁRIO .....</b>              | <b>31</b> |
| 4.1.      | EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DO ITS NO AMBIENTE FERROVIÁRIO .....   | 31        |
| 4.1.1.    | Sistema de detecção de incêndios .....  | 31        |
| 4.1.2.    | Sistemas responsáveis pela interação com o usuário no quesito conforto .....                            | 32        |
| 4.1.3.    | Automatização de rotinas operacionais (estações) .....  | 33        |
| 4.1.4.    | Recursos de multimídia .....  | 34        |
| 4.1.5.    | Monitoramento de imagens e Georeferência .....  | 34        |
| 4.1.6.    | Gestão de crises e Emergências .....  | 36        |
| <b>5.</b> | <b>EXPERIÊNCIAS DE SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES NO SETOR METRO FERROVIÁRIO .....</b> | <b>38</b> |
| 5.1.      | METRO DE PARIS – LINHA 14 .....   | 39        |
| 5.2.      | METRÔ DE SÃO PAULO – LINHA 4 .....  | 40        |
| 5.3.      | UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA GSMR EM FERROVIAS DA EUROPA .....  | 42        |
| <b>6.</b> | <b>CONCLUSÕES .....</b>   | <b>43</b> |
|           | <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>45</b> |

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Tendo em vista o aumento da população das cidades aliado a uma crescente necessidade por mobilidade urbana nos grandes aglomerados populacionais surge a necessidade de se proporcionar condições de deslocamento mais rápidas, seguras, inteligentes, sustentáveis e que, além disso, utilize as soluções tecnológicas disponíveis visando um melhor emprego dos recursos humanos e de sistemas.

Como subsídio pode-se mencionar que a CPTM transportou 832,9 milhões de passageiros no ano de 2014 obtendo uma média de 2,8 milhões de passageiros transportados por dia útil, distribuídos em mais de 2700 viagens realizadas por dia utilizando uma frota de 135 trens (Relatório da Administração, 2014).

O transporte sobre trilhos, geralmente, é a solução que atende às demandas de deslocamento desde pequenas distâncias com carregamentos leves até grandes quantidades de pessoas com intervalos entre trens extremamente reduzidos e com extensões da ordem dezenas ou até centenas de quilômetros. Na figura 1, é mostrada uma divisão dos sistemas sobre trilhos de acordo com a capacidade de carregamento e aspectos construtivos.

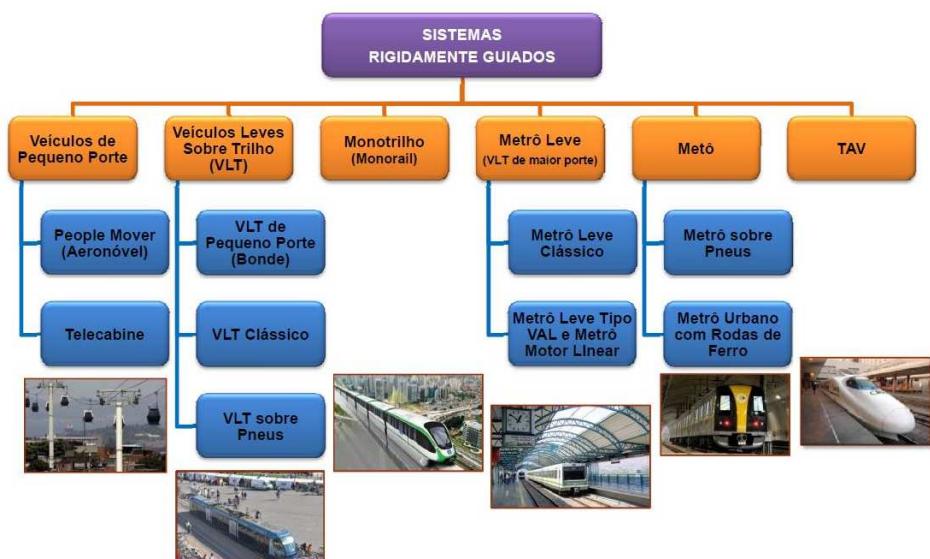


Figura 1 - Sistemas de Transporte sobre trilhos (ALOUCHÉ,2012)

Dentre os veículos de pequeno porte, pode-se destacar os *people mover* os quais são caracterizados pela baixa capacidade de transporte sendo disponíveis para percursos definidos por pequenas distâncias sendo utilizado em aeroportos e pontos turísticos.

Os veículos leves sobre trilhos (VLT's), também chamados de *Tramway*, podem ser elevados ou em superfície com segregação parcial de vias (utilizando corredores reservados) e possuem capacidade entre 15 e 35.000 pessoas hora/sentido.

Outra modalidade sobre trilho é o monotrilho o qual se caracteriza pela utilização de pneus e são construídos geralmente em elevados possuindo capacidade de cerca de 30.000 pessoas hora/sentido.

Com relação aos metrôs leves, conhecidos como VLT's de maior porte, pode-se destacar que possuem segregação total das vias, as quais podem ser construídas em elevado, superfície, ou subterrâneas. Os metros leves possuem capacidade de transporte entre 25 e 45.000 pessoas hora/sentido.

Finalmente, pode-se destacar a grande capacidade de transporte dos trens metropolitanos e metrôs os quais atendem zonas centrais de grande adensamento populacional (subterrâneo) bem como em regiões menos densas (elevados ou superfície). Caracterizados pela grande oferta de lugares, sendo capazes de transportar entre 40.000 e 80.000 pessoas hora/sentido podendo operar com intervalos reduzidos de até 90 segundos.

## 1.2. CONSTITUINTES DE UM SISTEMA METRO FERROVIÁRIO

Diferentes sistemas, operando concomitantemente, são necessários para que se possa tornar viável o cumprimento do objetivo principal que é o deslocamento dos usuários entre dois pontos desejados (origem – destino) com rapidez, conforto e segurança.

Dentre os sistemas essenciais para a existência e operação de uma malha

metroferroviária, pode-se destacar os seguintes:

Via permanente: que abrange toda a estrutura física da via, incluindo dormentes, trilhos, fixações, aparelhos de mudança de via (AMV's), etc.

Sinalização: que inclui todos os sinais, circuitos de via (CDV's), unidades remotas de campo, intertravamento a relês ou microprocessados, bem como a comunicação entre esses equipamentos e os que estão alocados em salas técnicas dedicadas, geralmente localizadas nos Centros de Controle Operacional – CCO. As IHM's, servidores, painéis sinóticos completam a lista de equipamentos que fazem parte da estrutura necessária para a visualização (supervisão), controle e operação.

Energia: responsável pelo suprimento energético aos trens compreendendo tanto as subestações primárias que recebem energia diretamente das concessionárias quanto as de distribuição interna, que possibilitam a distribuição de energia às demais subestações dentro das dependências da empresa.

Telecomunicações: é a parte responsável pela transmissão dos dados entre servidores, antenas e o campo, bem como torna possível a realização de todas as comunicações via rádio entre os maquinistas e o CCO.

Material rodante: essa área engloba os trens propriamente ditos, as locomotivas e os veículos que realizam tanto os serviços de manutenção preventiva (carros controle que realizam a inspeção de via) quanto os de manutenção corretiva (caminhões de linha, socadoras de linha corrida, niveladoras e reguladoras de via).

Existe também toda a estrutura de equipamentos localizada nas estações a qual é utilizada para viabilizar a interação com o usuário desde a entrada na estação, compra e validação de bilhetes, permanência na estação, bem como o deslocamento seguro e o acesso aos carros dos trens objetivando garantir a segurança, integridade física e conforto aos usuários durante toda a viagem.

Em cada estação, existem vários equipamentos auxiliares instalados que tornam

possível tanto a permanência quanto o deslocamento dos usuários dentro de suas dependências, dentre os quais podem ser mencionados: sistema de escadas e esteiras rolantes, elevadores, ar condicionado, bilheterias e salas técnicas. Além disso, existem os sistemas de detecção de incêndio, de bombeamento de água bem como todos os controles de iluminação e ventilação, bloqueios.

Neste cenário, foi desenvolvida a abordagem deste trabalho realizando a análise da situação atual dos equipamentos instalados na CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos). Comparativamente, é apresentado e discutido o “estado da arte” da tecnologia ITS, apresentando casos de sucesso nas empresas congêneres juntamente com a análise das vantagens e funcionalidades características desses equipamentos inteligentes.

### 1.3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar as características dos sistemas inteligentes de transporte (ITS) aplicados aos sistemas de controle de equipamentos os quais estão instalados nas diversas áreas que constituem o setor metroferroviário (centro de controle, estações, segurança, manutenção, etc.). Também permite identificar os benefícios operacionais da utilização deste conceito de integração de sistemas em contraste ao cenário não automático atualmente presente na CPTM.

#### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho – apresentado ao Programa de Educação Continuada em Engenharia, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para conclusão do curso Tecnologia metro ferroviária – está dividido em 6 capítulos distribuídos conforme mencionado a seguir:

Capítulo 1: introdução, que tem o objetivo de expor as particularidades do sistema de transporte Metro ferroviário dentro do cenário de mobilidade; estrutura do trabalho, que mostra uma breve descrição dos capítulos.

Capítulo 2 : descrição geral da tecnologia ITS.

Capítulo 3: apresentação das características e funcionalidades de um sistema de supervisão e controle do tipo SCADA.

Capítulo 4: apresentação dos ganhos operacionais e melhorias obtidas através da utilização e aplicação dos conceitos de ITS.

Capítulo 5: experiências de sucesso na implantação de sistemas inteligentes no setor metro ferroviário.

Capítulo 6: conclusões

Referências bibliográficas que foram tomadas como suporte teórico para a elaboração deste trabalho.

Sites da Internet, utilizados como fonte para obtenção das informações complementares mencionadas neste trabalho.

## **2. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

O termo ITS (do inglês, Intelligent Transport Systems), traduzido para o português como Sistemas Inteligentes de Transporte pode ser definido conforme a seguir:

O Comitê ISO TC 204 define Sistema Inteligente de Transporte como o conjunto de soluções de tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicadas ao transporte em ambientes urbanos e rurais, o que inclui as questões de: intermodalidade e multimodalidade; informação aos viajantes, gestão do tráfego, transportes públicos, transporte comercial, serviços de emergência e serviços comerciais. (IPT, 2014).

Pode-se mencionar a definição de ALOUCHE & NAKAGAWA para complementar a descrição dos sistemas baseados nos conceitos de ITS:

ITS são sistemas inteligentes que se baseiam em recepção e processamento de dados atuando em processos de transporte, que geram ações automáticas de segurança e de melhoria do desempenho e que proporcionam informações on-line adequadas e necessárias, tanto para o operador do transporte quanto para o usuário. (ANTP, 2012)

O desenvolvimento e aplicação deste conceito em metrôs e ferrovias tem se aperfeiçoado continuamente a partir do emprego de inovações tecnológicas nos campos da informática, redes de computadores, internet, telecomunicações e sistemas de sinalização e controle de trens.

De modo geral, pode-se dividir a abrangência dos sistemas inteligentes de transporte em dois aspectos, no âmbito da gestão e no âmbito operacional.

### **2.1. ITS NO ÂMBITO DA GESTÃO**

Tendo em mente a necessidade cada vez maior de se conhecer bem todas as atividades e particularidades dos sistemas envolvidos na operação metro ferroviária com o objetivo de utilizar de forma racional e objetiva os recursos disponíveis (pessoal, equipamentos, água, energia, etc.) e ao mesmo tempo disponibilizar informações gerenciais e indicadores de desempenho tanto internamente, aos membros do corpo diretivo\gerencial da empresa, quanto para utilização e divulgação aos órgãos externos.

### 2.1.1. Previsão de demanda e planejamento de transporte

Uma das principais preocupações das operadoras de transportes coletivos está relacionada à quantidade de usuários que utilizam o sistema em certo período de tempo (conhecido como demanda de usuários). Este índice procura identificar a quantidade de pessoas que acessam ou utilizam (no caso de transferências internas) as dependências do sistema. Esse índice pode ser estimado para picos, vales, por estação, por linha, etc.

Tradicionalmente, esses dados são obtidos através de pesquisas Origem-Destino (O.D.) os quais são geralmente coletados por amostragem e de forma periódica. Após a coleta, esses dados são inseridos em modelos matemáticos que utilizam princípios estatísticos que são capazes de representar as características do sistema. Além disso, a partir de conceitos probabilísticos, podem disponibilizar estimativas e realizar previsões de demanda para todo o sistema integrado de transporte, servindo assim, como subsídio para a tomada de decisões referentes à utilização de cada modal culminando em um planejamento de transporte adequado às necessidades reais.

### 2.1.2. Simulação das características operacionais e planejamento operacional

Um segundo aspecto que pode ser destacado como uma das melhorias proporcionadas pelos sistemas inteligentes de transporte se trata da possibilidade de realização de simulações utilizando softwares específicos.

A área de simulações abrange a avaliação e reconstrução das condições de via aliada às características mecânicas e elétricas do material rodante visando à obtenção de resultados que descrevam o desempenho dos trens, essa atividade é conhecida como simulação de marcha.

Outro importante aspecto da área de simulação corresponde ao processo de geração das tabelas horárias (também chamados de gráficos horários) – que correspondem a todas as informações referentes à circulação dos trens. Dentre essas informações, pode-se destacar: relação de horários de partidas e chegadas,

intervalo entre trens, duração de cada viagem e a quantidade de viagens programadas para um dia de operação (e.g. tabela para dia útil, sábados, domingos\feriados, etc.).

## 2.2. ITS NO ÂMBITO OPERACIONAL

Predominantemente atrelados aos sistemas de sinalização e controle dos trens e veículos de manutenção, esses sistemas garantem o deslocamento dos veículos de forma segura e coordenada nas vias principais e secundárias, bem como pátios de manobras, estacionamentos e oficinas.

Adicionalmente, determinam os níveis de desempenho dos trens nos diversos trechos dos percursos além de disponibilizar recursos de limitação da velocidade máxima, proteção contra desrespeito aos níveis estabelecidos e funções que evitam rotas conflitantes que possam gerar qualquer tipo de colisão.

Os sistemas de sinalização e controle de trens são divididos em alguns subsistemas, os quais são apresentados a seguir mencionando suas principais características e vantagens:

### 2.2.1. ATP – Sistema de proteção automática de trens

Esse tipo de sistema torna possível a movimentação segura de trens nas vias principais e também nos pátios de manobra. Utiliza o controle de velocidade máxima em cada trecho de circulação determinada pelas características construtivas das vias (raio da curva, inclinação, alinhamento, nivelamento, etc.). Com isso, evitam-se ocorrências de descarrilamento, colisões, bem como proporciona a circulação respeitando o distanciamento entre trens e a proteção dos equipamentos de via (aparelhos de mudança de via, sinais e circuitos de via, etc.)

### 2.2.2. ATO – Sistema de operação automática de trens

Além das condições de segurança mencionadas anteriormente, este sistema permite

a operação automática dos trens atuando diretamente nos parâmetros de aceleração e frenagem das composições utilizando o conceito de níveis de desempenho os quais são atribuídos a cada instante, durante todo o trajeto de uma viagem. Esse controle permite uma resposta rápida às variações de codificação de velocidade recebidas ao longo da via que podem ser motivadas por qualquer mudança nas condições de circulação (e.g. - trens parados à frente, alteração de rotas, etc.).

Pode-se mencionar também a parada de forma programada e automática nas plataformas das estações aliada ao controle do tempo de abertura e fechamento de portas (tanto das portas dos trens quanto das portas das plataformas - nos locais nos quais estão disponíveis, fato este, que ocorre de forma sincronizada).

#### 2.2.3. ATS – Sistema de supervisão automática de trens

Finalmente, com este sistema, pode-se ter o total controle dos sistemas fixos referentes à operação dos trens. Dentre os quais pode-se destacar os sistemas de energia, bilhetagem\arrecadação. No que tange à circulação, pode-se atuar na oferta de lugares conforme a solicitação de usuários (demanda) possibilitando a inserção ou retirada de trens do carrossel mediante a necessidade observada e apresentada pelo sistema de supervisão e controle.

Complementarmente aos sistemas de controle e sinalização de trens, pode-se considerar que existem diferentes níveis de atuação ou intervenção humana no processo de operação, prevenção, detecção e até recuperação de falhas em sistemas metroferroviários.

A seguir, são mostrados os principais modos de operação associando-os, respectivamente, aos níveis de automação apresentados em cada um deles:

#### 2.2.4. Níveis de automação em sistemas metro ferroviários

Operação Manual – É conhecida como operação em nível I - na qual todas as

decisões referentes à condução dos trens estão sob a responsabilidade dos operadores (maquinistas) os quais obedecem tanto às sinalizações de bordo (indicação de velocidades máximas permitidas) quanto às informações provenientes dos equipamentos localizados ao longo da via (Inter travamento de campo). Partidas, fechamento de portas, aceleração e frenagens são totalmente efetuadas pelos condutores.

Operação Semi automática (operação em nível II) – No escopo do STO (do inglês, Semi - Automatic Train Operation) estão contempladas a aceleração e frenagens automáticas com supervisão contínua da velocidade. O condutor só irá atuar em caso de situação de contingência.

Operação sem condutor (operação em nível III), também mencionada na literatura como DTO (do inglês, Driverless Train Operation) ou simplesmente operação driverless. Neste caso, não existe operador a bordo, havendo a necessidade da presença de um agente operacional dentro do trem para atuação em casos emergenciais. Há a necessidade de se ressaltar que esse agente a bordo deve ter conhecimento suficiente para efetuar diversos reparos nos principais sistemas do trem, de via, equipamentos existentes entre estações e até mesmo localizados nas plataformas das estações.

Operação Não Atendida ou Desacompanhada (operação em nível IV), designada como UTO (do inglês, Unattended Train Operation) que consiste em possuir automatismos para as funções de abertura/fechamento de portas e a partida segura dos trens. É importante mencionar que neste nível de automação, não existe a presença de operador, nem mesmo de um agente a bordo devendo o sistema ser capaz de continuar funcionando mesmo em situações de degradação. A ausência de empregados operacionais torna necessária à vedação de todo o ambiente operacional. Isso é conseguido através da instalação de portas de plataforma as quais garantem a proteção dos usuários evitando à exposição deles aos agentes externos, bem como evitando acidentes. Contempla também a detecção, o acompanhamento e a gestão de riscos e emergências (e.g. evacuação de passageiros de um trem) utilizando sistemas de monitoramento das instalações,

CFTV e dos diversos subsistemas.

Ilustrativamente, na Tabela 1, há um resumo dos sistemas de automação empregados nos diversos sistemas metro ferroviários nas principais cidades do mundo, destacando suas principais características operativas, bem como alguns respectivos exemplos de utilização:

| Operação do Trem        | Condução   | Parada do Trem | Fechamento de Portas | Operação em caso de incidente | Exemplos  |
|-------------------------|------------|----------------|----------------------|-------------------------------|---|
| Manual                  | Condutor   | Condutor       | Condutor             | Condutor                      | Bruxelas<br>Barcelona<br>Hamburgo                               |
| STO - Semi - Automática | Automático | Automático     | Condutor             | Condutor                      | Metrô SP - L1,2,3<br>Hong Kong<br>Singapura                     |
| DTO - Driverless        | Automático | Automático     | Agente no trem       | Agente no trem                | Docklands,<br>Osaka<br>Ankara                                   |
| UTO - Unattended        | Automático | Automático     | Automático           | Automático                    | Metrô SP - L4<br>Metrô Paris - L14<br>Toulouse<br>People Movers |

Tabela 1 - Quadro Resumo - Níveis de Automação (ANTP, 2012)

### **3. SISTEMA SCADA**

Os Sistemas SCADA (do inglês, Supervisory Control and Data Acquisition) são constituídos por equipamentos de hardware e softwares que possuem grande capacidade de gestão e processamento de dados os quais permitem a visualização em tempo real das condições operacionais dos mais diversos elementos que estão distribuídos fisicamente no campo e conectados à uma ou mais redes de comunicação. Além disso, possibilita o acompanhamento das mudanças nos status de qualquer elemento da rede as quais são resultado da atuação no processo de forma remota pelos controladores utilizando-se de IHM's (setoriais ou CCO) ou até mesmo respondendo de forma automática as mudanças geradas pelas condições iniciais.

Adicionalmente, tal sistema permite identificar falhas de forma rápida e assertiva, indicando, precisamente, o local e o tipo de falha, consequentemente, melhorando o tempo de atuação das equipes de manutenção bem como o emprego das ferramentas adequadas para o reparo.

Pode-se mencionar também, que esses sistemas supervisórios permitem o registro e o armazenamento de todos os alarmes e eventos gerados durante a operação do sistema, permitindo acesso rápido e fácil às informações necessárias para efetuar a análise de ocorrências. Finalmente, disponibilizam diversas funcionalidades que tem por objetivo a análise das informações registradas permitindo assim, a análise de padrões, identificação de tendências e a elaboração de relatórios contendo informações que serão utilizadas durante o processo de tomada de decisão pelos especialistas e gestores.

Todos esses recursos podem ser reunidos e mostrados em um painel sinótico - localizado em uma sala de operações ou centro de controle operacional - no qual são apresentadas todas as informações relevantes do sistema de forma clara, centralizada e de fácil visualização.

Na figura 2, pode-se identificar a representação da pirâmide de automação na qual se pode identificar as divisões em camadas destacando seus respectivos elementos constituintes.

O sistema de controle e supervisão SCADA está localizado no nível III desta pirâmide. Vale ressaltar que os equipamentos de campo (sensores, atuadores, etc.) estão localizados no nível I (base da pirâmide).

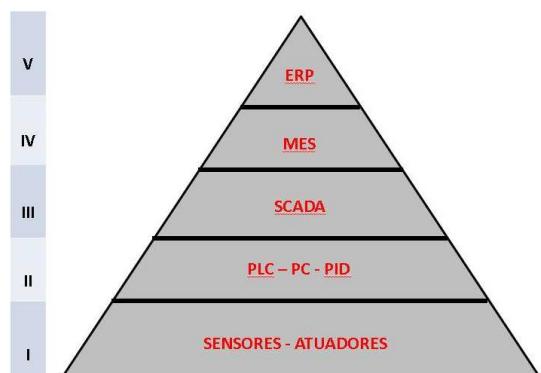


Figura 2 - Pirâmide de Automação

No nível II, são contemplados os controladores locais tais como os controladores lógicos programáveis (CLP's). Logo acima do SCADA, no nível IV, estão localizados os softwares de planejamento e controle da produção (MES) e finalmente, na camada V, são apresentados os softwares de gerenciamento corporativo (ERP's).

No próximo tópico, serão detalhados os componentes de um sistema SCADA com suas respectivas características.

### 3.1. ARQUITETURA DE UM SISTEMA SCADA

Um sistema de aquisição e controle de dados é constituído de equipamentos de hardware bem como de elementos de software que permitem a sincronia, comunicação e implementação de todas as funcionalidades características de supervisão e controle. A seguir, são mencionadas as particularidades desses elementos constituintes de um sistema SCADA:

### 3.1.1. Equipamentos de hardware

Tradicionalmente, um sistema SCADA é caracterizado pela presença de equipamentos que são chamados de “clientes” além de equipamentos “servidores” ambos efetuam a comunicação através de controladores que realizam a troca de dados utilizando, para isso, as redes de comunicação.

Na figura 3, é mostrado um esquemático representando os elementos de um sistema SCADA:

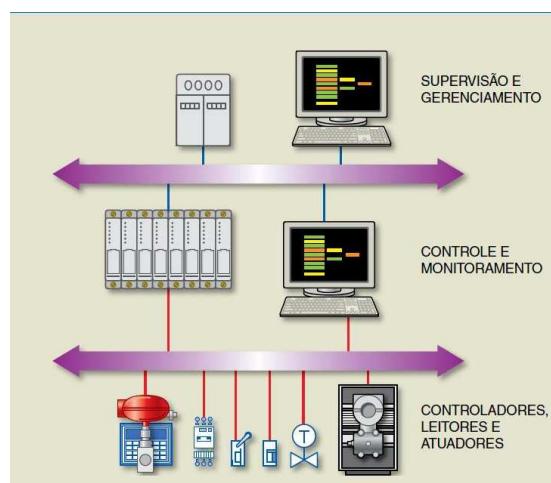


Figura 3 - Níveis hierárquicos de uma rede (PAREDE & GOMES, 2011)

Dentre os equipamentos que geralmente são constituintes de um sistema supervisório, pode-se destacar as seguintes categorias:

**Atuadores:** “São dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado”. (WENDLING, 2010).

**Sensores:** “São dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser : luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precise ser mensurada”. (WENDLING, 2010).

**Unidades Terminal Remotas (UTR):** “São equipamentos que possuem processadores através dos quais a estação central de monitoração se comunica com os dispositivos existentes nos diversos setores da edificação”. (PINHEIRO, 2006)

Redes de comunicação: “É a plataforma através da qual as informações do sistema são transferidas para o controle central” (PINHEIRO, 2006.). Diversos meios podem ser utilizados para se realizar a comunicação, dentre os quais pode-se mencionar: linhas privadas, fibra óptica, dispositivos sem fio bem como as redes de campo que interligam e permitem a comunicação entre sensores, atuadores e CLP's.

Interface humano-máquina (IHM): é um dispositivo utilizado para visualizar dados do processo que executem funções de monitoramento, controle de máquinas, processos e instalações industriais. É por meio da IHM que o operador pode interagir com o sistema controlado. (PAREDE & GOMES, 2011).

Painéis sinóticos: Conjunto de dispositivos visuais que permitem a visualização geral das informações referentes aos elementos constituintes do sistema. Podem ser constituídos de monitores de vídeo, cubos de retroprojeção ou até conjunto de cubos nas mais diversas formações.

Na figura 4, o título ilustrativo, é mostrado o painel sinótico panorâmico do controle de energia da Linha 8 – Diamante da CPTM.

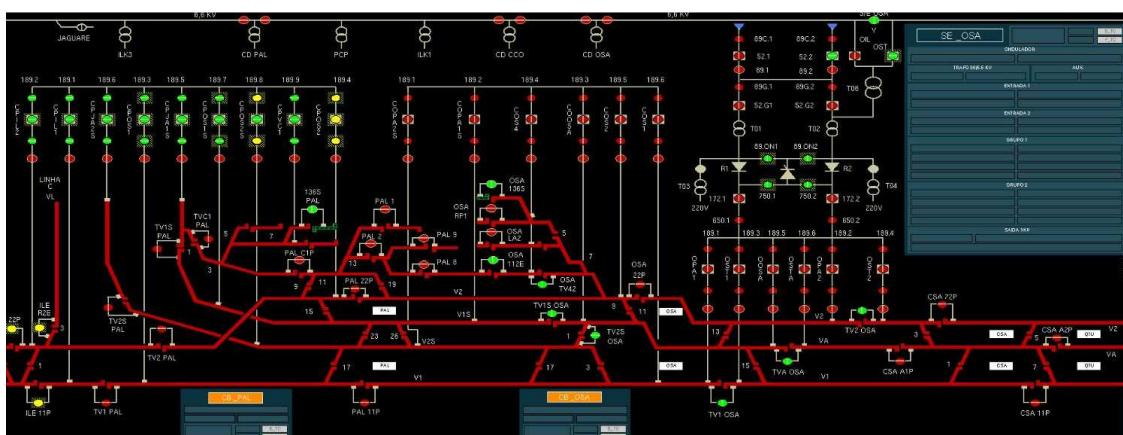


Figura 4 - Tela do Supervisório - Controle de energia Linha 8 CPTM (CPTM, 2016)

### 3.1.2. Ferramentas de software

As ferramentas de software são compostas pelos programas que são executados constantemente durante o processo de aquisição e tratamento dos dados, esses aplicativos são conhecidos como *run-time softwares*.

Adicionalmente, existem os aplicativos que são utilizados para implementar melhorias nos processos e rotinas já existentes bem como para desenvolver novas ferramentas(funcionalidades). Esses softwares são conhecidos como ambientes de desenvolvimento integrado (IDE) que são capazes de disponibilizar recursos computacionais para criação de (rotinas computacionais) funcionalidades bem como possuem recursos para o diagnóstico, a localização e depuração de erros.

Complementarmente, existem os programas que são responsáveis por manipular funções estatísticas para controle de processo, também chamados de SPC, do inglês, Statistical Process Control. Esse recurso permite efetuar a análise, tratamento das informações e determinação dos parâmetros de controle estatístico associados à técnica CEP (Controle Estatístico do Processo).

Para tornar possível a comunicação e troca de informações entre as unidades centrais e os diversos terminais remotos são utilizados protocolos os quais atuam como programas tradutores, mais conhecidos como *drivers* de comunicação. Essas comunicações são realizadas, monitoradas e controladas pelos servidores de comunicação. A figura 5 ilustra o conceito apresentado acima:

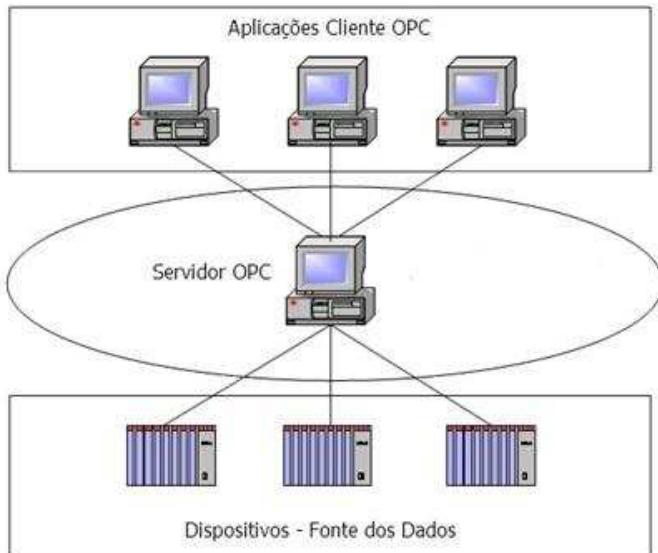


Figura 5 - Relação Cliente-Servidor (EXATA, 2012)

Logo a seguir, são descritos os dois principais protocolos de comunicação utilizados por um sistema de supervisão e controle.

### 3.1.2.1. Protocolo DDE (Dynamic Data Exchange)

Conforme mencionado pela própria desenvolvedora (Microsoft), “O protocolo DDE é um conjunto de mensagens e orientações. Ele envia mensagens entre aplicações que compartilham dados e usa memória compartilhada para a troca de dados entre aplicações” (tradução própria de About Dynamic Data Exchange).

### 3.1.2.2. Protocolo OPC (Object Linking and Embedding for Process Control)

Inicialmente, é necessário definir a tecnologia OLE (Object Linking and Embedding) como sendo: “é uma tecnologia que define um procedimento padronizado em que um módulo cliente e um módulo servidor podem se comunicar através de uma determinada interface” (MACORATTI). Para o ambiente de controle de processos a tecnologia OLE é denominada como OPC (OLE for Process Control).

Primeiramente, pode-se dizer que “OPC é o padrão de interoperabilidade para a troca de dados de forma segura e confiável em automação industrial” (tradução própria de What is OPC?).

O protocolo OPC é resultado de um esforço coordenado entre empresas de automação para se criar e disponibilizar especificações comuns e padronizadas para os protocolos de comunicação possibilitando a compatibilidade entre sistemas de diferentes fornecedores. Essa tecnologia foi desenvolvida pela Microsoft para o sistema operacional Windows e, atualmente, é largamente utilizada pela indústria em diferentes áreas de atuação.

A utilização desse recurso torna possível a conexão a um mesmo sistema de supervisão de equipamentos de diferentes fornecedores os quais possuem características diversas. Para tornar toda essa troca de informações possível e eficiente lança-se mão da tecnologia de comunicação conhecida como COM/DCOM.

A figura 6 compara o funcionamento de um sistema composto de diversos servidores dedicados com a utilização de servidores OPC.

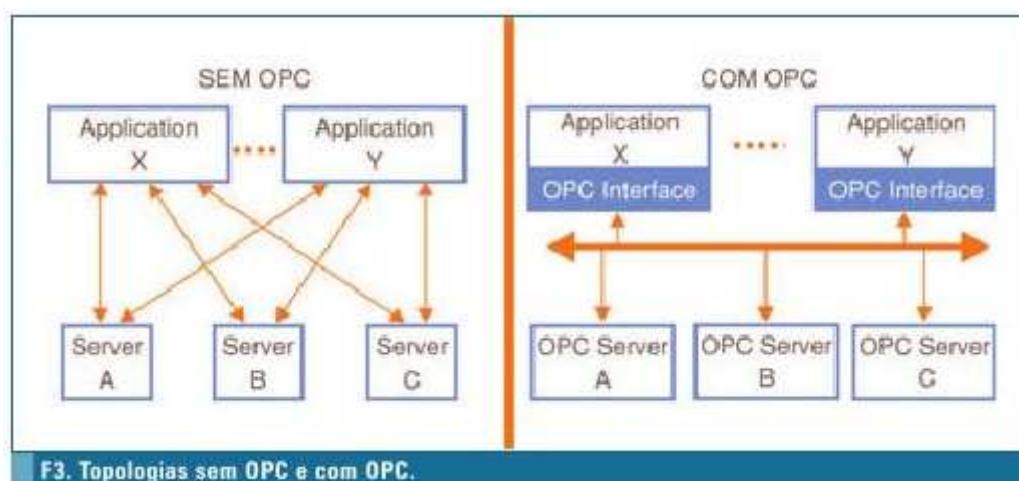


Figura 6 - Vantagens do protocolo OPC (Mecatrônica Atual, 2013)

Os termos OLE e COM são comumente utilizados de forma sinônima, porém a tecnologia COM/DCOM (Component Object Model/Distributed Component Object Model) determina as especificações técnicas as quais tornam possível a implementação do OLE.

### 3.1.3. Disposição de redes e aspectos referentes à disponibilidade do sistema

No que diz respeito à disposição dos equipamentos dentro de um sistema SCADA pode-se perceber a distribuição em duas redes independentes, contudo pertencentes ao domínio de supervisão e controle.

Geralmente, as interligações entre os equipamentos são agrupadas em duas redes distintas. Primeiramente, existe uma rede de campo na qual está contemplada a comunicação entre sensores/atuadores e os elementos de controle tais como CLP's, UTR's, etc., comumente utilizando-se a configuração mestre/escravo. Adicionalmente, existe uma rede de dados a qual utiliza protocolos de comunicação tais como o Ethernet dispostos na configuração cliente/ servidor. Esta rede é responsável pela troca de informações entre as unidades remotas (campo) e os servidores localizados nas salas de controle ou postos de controle locais.

No que se refere ao tempo de utilização dos equipamentos, são utilizados servidores na configuração redundante a quente (também conhecido com hot stand by) fato que possibilita obter uma melhora na disponibilidade do sistema.

## **4. UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE NO SETOR METRO FERROVIÁRIO**

### **4.1. EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DO ITS NO AMBIENTE FERROVIÁRIO**

Nas condições operacionais atuais da CPTM, o único sistema que possui telecomando e supervisão é o sistema de controle de energia (em pleno funcionamento na Linha 8 – Diamante e em implantação nas demais linhas). Diante desse fato, pode-se visualizar um horizonte repleto de possibilidades para implantação de novas tecnologias bem como no aumento do grau de automação dos diversos equipamentos existentes atualmente e encontrados nas diversas instalações da empresa.

A seguir, são descritos os sistemas auxiliares que estão instalados nas estações e localizados nas demais dependências da empresa que podem apresentar melhoria nas condições operacionais e consequentemente, ganhos de confiabilidade, agilidade e uma diminuição do tempo de resposta no momento de sua utilização em virtude da implantação do conceito de ITS.

Para uma melhor facilidade na exposição e no detalhamento os equipamentos estes são divididos em grupos.

#### **4.1.1. Sistema de detecção de incêndios**

Nesta categoria estão agrupados os hidrantes, as bombas bem como os elementos responsáveis pela detecção de incêndio (sensores). Além disso, pode-se mencionar os equipamentos responsáveis pelo monitoramento das informações referentes ao nível de água armazenado nos diversos reservatórios nas estações. Neste quantitativo podem estar incluídos, detalhada e separadamente, os valores de água própria para utilização, assim como os valores de água de reuso, esgoto e geradas em virtude de chuvas.

É possível obter todas as informações referentes à quantidade e à localização de todos os hidrômetros e registros do sistema hidráulico. O conhecimento de todas

essas informações permite que, em caso de incêndio, possa se direcionar os recursos hídricos para o local de maior necessidade agilizando a contenção do fogo.

#### 4.1.2. Sistemas responsáveis pela interação com o usuário no quesito conforto

Dentre esses equipamentos pode-se dividi-los em dois grandes grupos. O primeiro grupo contempla os equipamentos que são responsáveis pela manutenção da sensação de conforto e bem estar entre os usuários\clientes. Dentre os quais pode-se mencionar o controle de iluminação, ar condicionado e ventilação forçada.

O controle das condições de utilização desses equipamentos pode gerar economia de energia através da criação de programas diários de utilização e controle do desempenho em tempo real e em virtude das necessidades identificadas pelos sensores durante a alteração dos parâmetros e condições operacionais.

No segundo grupo estão identificados os dispositivos que tornam possível a locomoção e o deslocamento tanto do usuário em geral quanto daqueles que possuem algum tipo de restrição de mobilidade. A automação de escadas rolantes e dos elevadores é extremamente útil, pois permite o monitoramento das condições de utilização, evitando assim, que pessoas fiquem presas no interior deles. Durante as atividades do dia-a-dia da estação são necessárias várias atuações nas escadas rolantes tendo como objetivo a inversão de sentido de deslocamento para atender às necessidades operacionais tanto na normalidade quanto nas situações contingenciais.

Além disso, permite o acionamento dos serviços auxiliares de forma automática e sem intervenção humana diminuindo significantemente o tempo de atuação em casos de emergência. Dentre esses sistemas pode-se mencionar: Policia Militar, Corpo de Bombeiros, Resgate, SAMU, etc.

#### 4.1.3. Automatização de rotinas operacionais (estações)

As tarefas cotidianas em uma estação estão repletas de atividades nas quais os empregados têm que se deslocar e solicitar o auxílio ou a ajuda de áreas parceiras (tais como equipe de Segurança, Centro de Controle, etc.). Em diversas oportunidades, essas tarefas sofrem atraso ou até mesmo podem se tornar perigosas.

Dentre as rotinas operacionais pode-se destacar os ganhos com relação à segurança nas operações internas às bilheterias possibilitando o controle das manobras de abertura\fechamento de cofres (tanto as programadas quanto as emergenciais), portas de bilheteria, bem como a presença de dispositivos antifurto e botões de pânico.

Somado a isso, é de grande ganho à operação a possibilidade de atuar remotamente no sistema de bloqueios das estações os quais responsáveis pelo controle de fluxo de usuários. Pode-se modificar (aumentar ou diminuir) a velocidade de esteiras e escadas visando um controle mais apurado do deslocamento dos usuários bem como uma distribuição mais uniforme do carregamento, fato este, que é extremamente desejável durante os horários de picos.

Adicionalmente, as vantagens mencionadas anteriormente, pode-se destacar o ganho gerado pela adoção de rotinas operacionais totalmente automatizadas. Por exemplo, pode ser definido em um programa predeterminado várias informações e tarefas rotineira. Dentre essas atividades pode-se citar um programa diário contendo o horário de abertura das portas, inicio do funcionamento dos sistemas de iluminação e ventilação, o número de escadas operacionais bem como o sentido de cada uma e, finalmente, quantos bloqueios serão utilizados em cada horário.

Finalmente, é importante mencionar que todas as funções de bilheteria podem ser automatizadas utilizando o conceito de *smartcards* os quais já são utilizados nos validadores de viagens (e. g. bilhete único) facilitando a contabilidade e geração de informações referente a quantidade de usuários. Esse recurso proporciona a

geração de informação detalhada sobre perfis de viagens e deslocamentos dentro do sistema bem como possibilita a cobrança proporcional ao trecho da viagem.

#### 4.1.4. Recursos de multimídia

Nos últimos tempos, tem se tornado cada vez maior a utilização de meios áudio visuais para divulgação de informações operacionais bem como o aproveitamento da mídia disponível para a vinculação de mensagens publicitárias.

Com relação à disponibilização de informações operacionais pode se mencionar a emissão de avisos sonoros ao público de forma automática (avisos gravados e pré-programados) e centralizada (possibilidade de emissão de avisos operacionais diretamente do CCO – Centro de Controle Operacional). Essa prática proporciona agilidade, ganho de tempo e clareza no momento de repassar as informações aos usuários que estão nas plataformas, corredores de acesso às estações e integração com outros modais. Para atingir grande quantidade de usuários são utilizados monitores de vídeo individuais ou em formação (videowalls) no interior das estações. Nos últimos anos, tem crescido de forma rápida o aproveitamento da infraestrutura implantada para a emissão de mensagens publicitárias, com isso, essa ferramenta tem sido utilizada como meio de geração de renda não operacional (através de espaços comercializados).

Outro recurso que está à disposição é o registro único de tempo o qual permite padronizar os horários utilizados nas estações (painéis, monitores, informação de hora certa, etc.), no Centro de Controle (medição do intervalo entre trens, gravação de conversas telefônicas e via rádio) e nos equipamentos diversos sob a responsabilidade da manutenção (servidores de dados, medidores de consumo e energia, sistemas de controle de tráfego, etc.).

#### 4.1.5. Monitoramento de imagens e Georeferência

A grande demanda por segurança nas estações e nos trens tem motivado à instalação de câmeras inteligentes e dotadas de interface com a rede instalada

(câmeras IP). Para um aproveitamento coerente dessas câmeras tem se buscado uma melhoria nas condições de transmissão de dados (implantação de redes de fibra óptica as quais proporcionam maior banda no momento da transmissão das imagens).

Os recursos disponíveis nestes equipamentos permitem a detecção de movimento, reconhecimento facial e até mesmo o disparo de tarefas vinculadas às condições e cenários operacionais.

A presença dessas câmeras no interior dos carros (trens) permite o monitoramento de anormalidades internas aos trens bem como possibilita a atuação das equipes responsáveis pela segurança em situações de emergência envolvendo usuários bem como na identificação e contenção de vandalismo, tumultos e outros delitos.

Vale a pena ressaltar que todas as imagens são armazenadas em servidores específicos e podem ser disponibilizadas sob a solicitação formal e entregue às autoridades em virtude da análise e investigação de alguma ocorrência relevante ou até mesmo para se esclarecer delitos cometidos nos domínios do sistema de transporte.

Outro aspecto tecnológico importante é o recurso de georeferência no qual cada coordenada de localização, utilizando recurso de GPS, é atrelada ao ponto físico propiciando o mapeamento completo das propriedades vinculadas à empresa (estações, prédios administrativos, etc.) bem como dos pontos notáveis (subestações, estações, bases de manutenção, oficinas, etc.). Permite também realizar a cobertura de toda a área através das imagens disponibilizadas pelo sistema de CFTV.

Na figura 7 é mostrada uma tela demonstrativa do sistema de geopatrimônio já utilizado pela CPTM, na qual podem ser observados os detalhes referentes às edificações, estações, passarelas bem como a localização dos pátios, viadutos, túneis, etc.

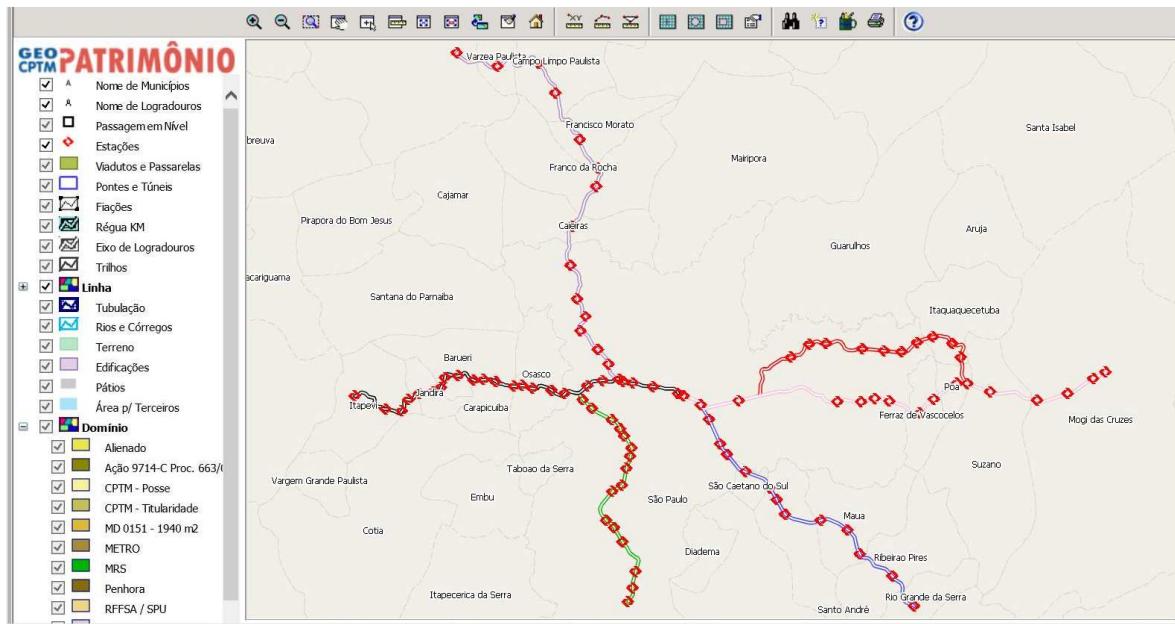


Figura 7 - Sistema de Georeferência (CPTM, 2015)

Ter esse recurso integrado ao sistema de automação permite, em caso de emergências ou manutenção, localizar e identificar as equipes que estão mais próximas ao local desejado bem como visualizar os equipamentos que cada integrante da equipe possui e está habilitado a utilizar. Desta forma, é possível melhorar o tempo de preparo, deslocamento e reparo e além disso, evitar itinerários desnecessários ou falta de material adequado para atendimento da ocorrência.

Essa funcionalidade está fortemente ligada à qualidade na resolução de crises e emergências as quais serão discutidas no tópico a seguir.

#### 4.1.6. Gestão de crises e Emergências

Outro aspecto de suma importância na operação de um sistema metroferroviário é o modo de atuação nos momentos de ocorrência de grande relevância que pode ser uma emergência ou um acidente.

Há a necessidade de realizar uma correta utilização dos recursos, tanto humanos (equipes próprias e terceirizadas) quanto de equipamentos, para que se possa atuar de forma rápida, coordenada e eficaz na identificação, atuação e integração\gerenciamento das informações pertinentes ao evento.

Na identificação pode-se destacar a necessidade das informações chegarem de forma rápida e clara aos responsáveis pelas tomadas de decisão. Devem ser disponibilizadas ao sistema as informações referentes à correta localização do fato, os sistemas afetados bem como a severidade e abrangência do evento.

Na atuação, deve se destacar a sincronia entre as equipes de operação e manutenção. Essas têm como objetivo verificar os equipamentos e sistemas avariados enquanto aquelas visam o atendimento de possíveis vítimas e a evacuação das dependências.

Com relação à integração e o gerenciamento dos recursos, o sistema de gestão de emergências é responsável por concentrar as informações em um único ambiente, facilitando a distribuição dos detalhes às equipes de campo bem como realizando a interface com os órgãos externos à companhia e até mesmo a divulgação de fatos e notas para equipe de assessoria de imprensa e aos meios de comunicação envolvidos.

## **5. EXPERIÊNCIAS DE SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES NO SETOR METRO FERROVIÁRIO**

Sistemas que utilizam os conceitos de ITS estão distribuídos em diversos segmentos espalhados pelo mundo. É possível localizar as aplicações em sistemas de transporte de pessoas tanto em veículos de passeios, quanto coletivos tais como ônibus, metros, etc.

No que se refere ao transporte individual pode-se destacar a utilização desses conceitos no controle de tráfego em rodovias inteligentes as quais monitoram o fluxo de automóveis bem como todas as funcionalidades de informação aos usuários através de placas eletrônicas, displays e sinais luminosos.

Temos ainda a gestão de arrecadação nas praças de pedágio através dos sistemas de pagamento automático o qual dispensa a necessidade de cabines de cobrança convencionais.

No transporte coletivo que utilizam pneus, pode-se mencionar o controle do posicionamento dos ônibus o qual pode ser realizado através de dispositivos que utilizam a tecnologia GPS. Além disso, pode-se controlar todas as informações referentes à validação do direito de viagem e cobrança (utilizando cartões inteligentes denominados *smart cards*), bem como a gestão das informações referentes ao movimento diário de passageiros.

Nos últimos anos, tem aumentado gradativamente as experiências positivas e reais de empresas metro ferroviárias com os conceitos de ITS. O objetivo de tais implantações é a operação de forma totalmente automatizada de todas as fases da utilização do sistema metro ferroviário. Esse controle começa no momento da venda do direito de viagem, considera todas as informações pertinentes à circulação bem como mensagens publicitárias as quais o usuário é exposto durante a permanência nas estações e trens. Além disso, abrange todos os sistemas envolvidos na supervisão e controle de trens no segmento de sinalização bem como a utilização inteligente dos recursos energéticos, de telecomunicações, de segurança assim como os diversos equipamentos auxiliares e dispositivos localizados nas estações.

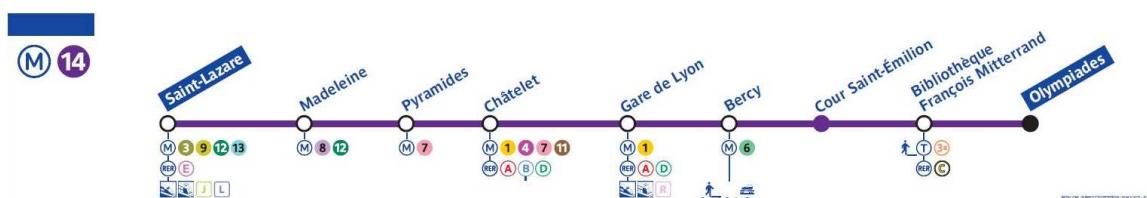
Pode-se listar a implantação de sistemas inteligentes em vários locais ao redor do mundo com destaque para o Metro de Lille, Metro de Lyon, Dubai, Osaka, Paris e São Paulo. A seguir, são mostradas de forma mais detalhada, duas experiências de sucesso de empresas que operam de forma automática em cenários operacionais caracterizados como metros pesados devido ao seu grande carregamento. Primeiramente, serão mencionadas as informações referentes à Linha 14 do Metro de Paris e, em seguida, listadas as características tecnológicas e operacionais da Linha 4 Amarela do Metro de São Paulo.

### 5.1. METRO DE PARIS – LINHA 14

A primeira linha do metro de Paris (Linha 1) iniciou sua operação em 1900 e, atualmente, a rede é constituída por 14 linhas abrangendo 213 km e 380 estações.

A linha 14 foi inaugurada em 1998 e também é conhecida por Météor (Metro Est-Ouest Rapide) e é operada pela empresa RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens). Atualmente, essa linha é composta por 9 estações distribuídas entre os terminais de Saint-Lazare e Olympiades e é caracterizada por ser uma linha totalmente automatizada desde o inicio de sua operação.

O diagrama contendo os detalhes desta linha pode ser visualizado através da Figura 8.



O sucesso apresentado pelo Météor inspirou vários outros projetos pelo mundo dentre os quais pode-se mencionar a Linha 1 do Metro de Paris a qual também é operada pela mesma empresa.

Na Figura 9, é mostrada a plataforma da estação de Olympiades através da qual se pode observar a presença das portas de plataforma.



Figura 9 - Estação Olympiades - Linha 14 Metro de Paris (RATP, 2016)

Essa linha utiliza o sistema de controle e sinalização CBTC fornecido e implantado pela multinacional alemã Siemens. Esse sistema de controle de trens não exige a necessidade da presença de um condutor na cabine nem de um agente dentro do trem, caracterizando assim, um sistema UTO (Unattended Operation) e permite que se atinja intervalos de até 85 segundos entre os trens.

## 5.2. METRÔ DE SÃO PAULO – LINHA 4

A linha 4 do Metro de São Paulo é fruto de uma PPP (Parceria Público-Privada) entre o estado de São Paulo e a empresa privada chamada Grupo CCR (Companhia de Concessões Rodoviárias). Seu trecho inicial, contendo as estações Paulista e Faria Lima, foi inaugurado em 2010 e gradativamente foi aumentando sua abrangência e, atualmente, compreende sete estações entre Luz e Butantã. A Figura 10 mostra a representação da Linha 4 – Amarela contendo as estações. A proposta é que essa linha interligue as estações Luz e Vila Sônia perfazendo 12,8 km e compreendendo 11 estações.



Figura 10 - Mapa - Linha 4 Metro de São Paulo (ViaQuattro, 2016)

Essa linha é a pioneira na América Latina na utilização de um sistema *driverless*, o qual é caracterizado pela ausência de condutor dentro dos trens, e que permite a supervisão e o controle dos trens durante toda a viagem bem como a determinação do momento de abertura e fechamento das portas, tanto as do trem como as localizadas nas plataformas das estações. O intervalo entre trens normalmente é 90 segundos podendo atingir 75 segundos em caso de aumento de demanda (Via Quatro, 2016).

Essa linha possui como diferenciais o controle das câmeras internas (26 em cada trem e cerca de 300 nas estações), gestão de iluminação com eficiência energética e acessibilidade plena (trens e estações).

Há de se destacar também a frota moderna, compostas por trens da empresa coreana Rotem, bem como o sistema de portas de plataforma o qual está presente em todas as estações da linha possibilitando maior segurança aos usuários presentes na plataforma no momento do embarque\desembarque. As portas de plataforma da estação República são mostradas na Figura 11.



Figura 11 - Portas de plataforma - Estação República (ViaQuatro, 2016)

Finalmente, na Figura 12, é mostrada uma linha de bloqueios da via 4 na qual é possível se efetuar os controles de abertura, fechamento e controle de fluxo de forma remota e automatizada.



Figura 12 - Linha de bloqueios - Estação Paulista (ViaQuatro, 2016)

### 5.3. UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA GSMR EM FERROVIAS DA EUROPA

Outro exemplo de sucesso na utilização dos conceitos de ITS no setor metroferroviário diz respeito à experiência dos países membros da união europeia (UE). Esse grupo, tendo como objetivo a utilização de tecnologias que permitiriam a interoperabilidade de trens e veículos ferroviários, buscaram a padronização de procedimentos e equipamentos de comunicação. Esse esforço culminou na criação e adoção de uma tecnologia padrão para comunicação ferroviária a qual permite a integração e a movimentação de veículos ferroviários pertencentes às diversas ferrovias localizadas em vários países da Europa.

A tecnologia adotada foi o Global System for Mobile Communications – Railway (GSMR) cujas especificações fazem parte de um conceito mais abrangente denominado ERTMS (European Rail Traffic Management System), o qual determina diversas regras a serem seguidas pelas empresas ferroviárias da união europeia.

## **6. CONCLUSÕES**

O fato constatado de um aumento constante do número de usuários dos sistemas de transporte, principalmente do setor metro ferroviário, motiva a busca por novos sistemas de sinalização e controle, bem como de desenvolvimento de métodos de gestão e manutenção capazes de atender a esse novo cenário.

Pode-se destacar as vantagens em duas grandes perspectivas, a corporativa e a referente à integração no sistema de transporte sobre trilhos da região metropolitana.

Primeiramente, a adoção de conceitos de sistemas inteligente de transporte se propõe a utilizar as tecnologias disponíveis para efetuar o monitoramento, controle e a supervisão dos equipamentos e sistemas pertencentes ao cenário metro ferroviário.

A utilização desses equipamentos permite o aproveitamento dos integrantes das equipes de uma forma mais ativa, racional e eficiente podendo concentrá-los nas atividades realmente essenciais à operação. Adicionalmente, transmitir uma sensação de controle, conforto e segurança a todos os empregados e aos usuários do sistema.

Complementarmente, em virtude dessas características apresentadas pode se concluir que se faz necessária a discussão desse tema com o objetivo de propiciar a implantação gradativa desta tecnologia nas dependências da CPTM, visando o atendimento da demanda atual, assim como a preparação da infraestrutura e adequação das instalações tendo como horizonte as futuras expansões e integrações com as empresas congêneres (Metro e Via 4). Como já foi explanado na seção anterior, a Linha 4 – Amarela (Via 4) já opera como uma linha totalmente automatizada e as linhas do Metro de São Paulo já iniciaram o processo de modernização com a implantação de melhorias tecnológicas nos sistemas e gradativamente evoluído para um cenário de operação automática.

Tendo como agente balizador a visão estratégica da empresa, pode-se sugerir que se busque a implantação dos conceitos de ITS de forma gradativa e sempre levando-se em conta os equipamentos prioritários ou aqueles que necessitam de menor investimento inicial e, passo a passo, construir a integração dos diversos sistemas existentes na empresa bem como os quais ainda serão adquiridos. Como objetivo a longo prazo, pode-se mencionar a adoção da operação automática em alguma linha piloto principalmente, nas quais já existe o planejamento de utilização do sistema de sinalização e controle baseado na tecnologia CBTC.

## REFERÊNCIAS

ALOUCHÉ, P. L.; BARBOSA, M. C. **A automação integral na operação do metrô.** In: revista dos Transportes Públicos – ANTP – Ano 20 – 1998 – 3º trimestre.

ALOUCHÉ, P. L. **Estado da Arte da Automação Integral nos Metrôs do Mundo.** Apresentação realizada na 13ª Semana de Tecnologia Metroferroviária, 2007.

ALOUCHÉ, P. L. **Mobilidade Urbana no contexto do plano estratégico do SP2040.** Disponível em: [http://www.seesp.org.br/mobilidade/SEESP\\_Peter\\_definitivo\\_r.pdf](http://www.seesp.org.br/mobilidade/SEESP_Peter_definitivo_r.pdf). Acesso em: 15 set. 2015.

ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistemas Inteligentes de Transportes.** Série Cadernos Técnicos Vol. 8. 2012.

ANPTrilhos - Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos. **Balanço do Setor Metroferroviário de Passageiros 2014/2015.**

BNDES - Banco Nacional Desenvolvimento Econômico Social. **Transporte sobre trilhos no Brasil: uma perspectiva do material rodante.** BNDES setorial 40, pgs. 235 – 282. Disponível em: <https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3021/1/Transporte%20sobre%20trilhos%20no%20Brasil.pdf> Acesso em: 15 set. 2015.

BONNEAU, Richard J. **COM, DCOM, Heterogeneous DCOM and Microsoft DNA.** Disponível em: [www.cs.rpi.edu/~musser/dsc/DCOM/RPI-talk.ppt](http://www.cs.rpi.edu/~musser/dsc/DCOM/RPI-talk.ppt) Acesso em: 14 out. 2015.

CASTRUCCI, P.B.L. & MORAES, C.C. **Engenharia de Automação Industrial,** 2ª edição, LTC Livros Técnicos Científicos, 2007.

CPTM - Companhia Paulista de Trens Metropolitanos. **Relatório da Administração 2014.** Disponível em: <http://www.cptm.sp.gov.br/administracao/BalancosDemonstrativos/CPTM%20-%20Relatorio%20da%20Administracao%202014%20-%20FINAL.pdf> Acesso em: 15 set. 2015.

European Union. **Intelligent Transport Systems – Results from the transport research programme.** Disponível em: [http://europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_en.html) Acesso em: 21 set. 2015.

Exata Sistemas de Automação. **Redundância de servidores OPC.** Disponível em: <http://exatasistemas.blogspot.com.br/2012/11/redundancia-de-servidores-opc.html> Acesso em: 08 out. 2015.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Almanaque ITS 2014 – Tendências e caminhos das pesquisas em Sistemas Inteligentes de Transporte.** 2014.

MACORATTI, José C. **Falando um pouco sobre a tecnologia COM.** Disponível em: [http://www.macoratti.net/vb\\_dcom1.htm](http://www.macoratti.net/vb_dcom1.htm) Acesso em: 15 out. 2015.

Mecatrônica Atual. **O que é OPC?** Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1298-o-que-opc> (originalmente publicado na Revista Mecatrônica Atual nº 42) Acesso em: 13 out. 2015.

Mecatrônica Atual. **Arquiteturas de Sistemas de Automação Industrial utilizando CLP's parte 2.** Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1105-arquiteturas-de-sistemas-de-automao-industrial-utilizando-clps-parte-2?showall=&limitstart> (originalmente publicado na Revista Mecatrônica Atual nº 11) Acesso em: 14 out. 2015.

Microsoft TechNet. **Distributed Component Object Model.** Disponível em: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc958799.aspx> Acesso em: 15 out. 2015.

OPC Foundation. **What is OPC?** Disponível em: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/> Acesso em: 08 out. 2015.

PAREDE, Ismael M. & GOMES, Luiz E. L. **Eletrônica – Automação Industrial.** v. 6, pg. 166, 2011.

PINHEIRO, José M. S. **Introdução às redes de Supervisão e Controle.** 2006. Disponível em: [http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_de\\_supervisao\\_e\\_controle.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php). Acesso em: 03 out. 2015.

SALVADOR, Marcelo. **Novas tendências para o Sistema SCADA.** Disponível em: <http://kb.elipse.com.br/pt-br/questions/24/Novas+Tend%C3%AAncias+para+Sistemas+SCADA>. Acesso em: 29 out. 2015.

SAMOHYL, Robert W. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos cap. 9 - Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade.** Disponível em: [http://www.intecq.com.br/files/artigos/conceitos\\_basicos\\_de\\_controle\\_estatistico\\_de\\_processos.pdf](http://www.intecq.com.br/files/artigos/conceitos_basicos_de_controle_estatistico_de_processos.pdf) Acesso em: 14 out. 2015.

VIDER, Eva. **Uso de Mídias e redes sociais para a melhoria da mobilidade urbana.** Apresentado no 19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito 2013.

WENDLING, Marcelo. **Sensores.** 2010, pgs. 3 e 4.

## SITES DE INTERNET

Agência Nacional de Transportes Terrestres – [www.antt.gov.br](http://www.antt.gov.br)

Associação Nacional de Transportes Públicos – [www.antp.org.br](http://www.antp.org.br)

Banco Nacional Desenvolvimento Econômico Social – [www.bnDES.gov.br](http://www.bnDES.gov.br)

Companhia do Metropolitano de São Paulo – [www.metro.sp.gov.br](http://www.metro.sp.gov.br)

Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – [www.cptm.sp.gov.br](http://www.cptm.sp.gov.br)

Elipse Software - <http://www.elipse.com.br>

Europa (União Européia) - <http://europa.eu.int>

Exata Sistemas de Automação - <http://exatasistemas.blogspot.com.br>

Macoratti.net - <http://www.macoratti.net>

Mecatrônica Atual - <http://www.mecatronicaatual.com.br>

Microsoft - <https://technet.microsoft.com>

OPC Foundation - <https://opcfoundation.org/>

Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) - <http://www.ratp.fr/>

Secretaria dos Transportes Metropolitanos São Paulo – [www.stm.sp.gov.br](http://www.stm.sp.gov.br)

ViaQuatro - [www.viaquattro.com.br](http://www.viaquattro.com.br)