



**MINISTÉRIO DA DEFESA**  
**EXÉRCITO BRASILEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**  
**(Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, 1792)**  
SUBDIVISÃO DE CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO  
Curso de Especialização em Engenharia de Transporte Ferroviário de Carga

**OS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO CBTC NO BACKBONE DE DADOS DA MRS**

**THIAGO SILVEIRA FIGUEIREDO SILVA**

Rio de Janeiro

2012

# OS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO CBTC NO BACKBONE DE DADOS DA MRS

THIAGO SILVEIRA FIGUEIREDO SILVA

Trabalho Final de Curso apresentado ao Programa de Especialização em Engenharia de Transporte Ferroviário de Carga, área de concentração: Subdivisão de Cursos de Pós Graduação, do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Transporte Ferroviário de Cargas.

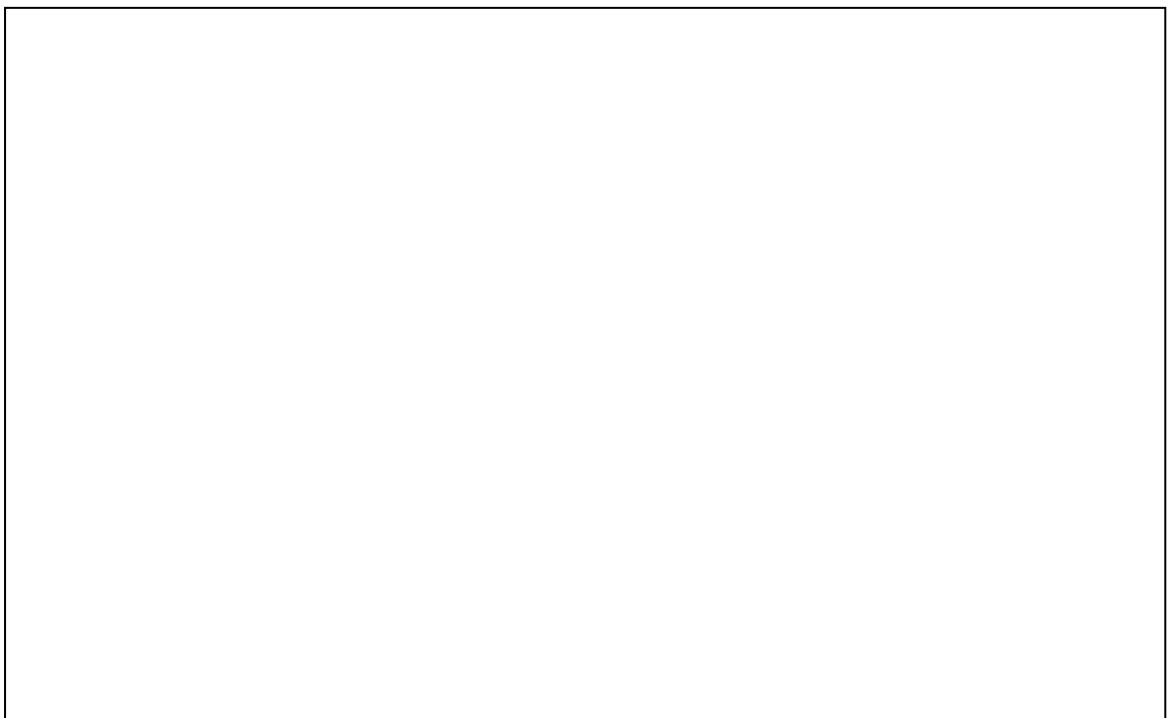
Orientador: Prof. Manoel Mendes

Tutor: Élcio Castro

Rio de Janeiro

2012

Ficha catalográfica elaborada pelos bibliotecários do IME (impressão no verso da folha de rosto)

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the lower half of the page. It is intended for the cataloging record mentioned in the text above.

## OS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DO CBTC NO BACKBONE DE DADOS DA MRS

Trabalho Final de Curso apresentado ao Programa de Especialização em Engenharia de Transporte Ferroviário de Carga, área de concentração: Subdivisão de Cursos de Pós Graduação, do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Transporte Ferroviário de Cargas.

Aprovado em 28 de Junho de 2012.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Manuel Mendes (Orientador)

CEPEFER

---

Prof<sup>a</sup>. Cap. Renata Albergaria de Mello Bandeira, D.Sc.

Instituto Militar de Engenharia

Dedico este trabalho a todos que direta e indiretamente me apoiaram nesta caminhada, em especial a minha família e minha namorada.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos coordenadores e professores do Instituto Militar de Engenharia pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos.

A MRS Logística pela oportunidade de cursar a especialização em prol do meu desenvolvimento. Sobretudo aos amigos da Gerência de Projetos Especiais que me apoiaram nas semanas de ausência da MRS.

Ao meu tutor Élcio Castro que me apoiou e forneceu as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas da Especialização.

## **RESUMO**

A nova demanda pelo transporte ferroviário e o foco constante na segurança operacional fez com que a MRS Logística S.A. tomasse a decisão de investir na implantação do projeto CBTC. A implantação desta tecnologia traz uma nova demanda de dados para a rede da MRS impactando diretamente no backbone de dados, que é a espinha dorsal da comunicação.

O objetivo do trabalho foi estudar o impacto causado pela implantação do projeto CBTC no backbone de dados e propor ações de curto e médio prazo em função do resultado.

Os resultados do trabalho apontaram que o backbone da MRS está preparado para absorver a implantação do CBTC, sendo que existem pontos de atenção para o perfeito atendimento das premissas específicas do projeto. Além disso, foram propostas ações de curto e médio prazo para melhoria no atendimento das novas demandas após implantação do projeto.

Palavras-chave: CBTC; Backbone de dados; MPLS.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Malha Ferroviária da MRS.....	18
Figura 2: Visão geral do backbone de dados da MRS. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3: Evolução do backbone da MRS. ....	17
Figura 4: Topologia do backbone de dados da MRS .....	21
Figura 5: Equipamento Tellabs 8660.....	22
Figura 6: Equipamento Tellabs 8630.....	22
Figura 7: Equipamento Tellabs 8620.....	23
Figura 8: Distribuição dos equipamento Tellabs na rede.....	23
Figura 9: Fases do projeto CBTC.....	25
Figura 10: Topologia da rede de dados do CBTC .....	27



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Estimativa de demanda de dados do projeto CBTC. .... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2: Impacto considerando a demanda de dados da Wabtec..... **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 3: Impacto considerando a demanda de dados revisada em conjunto pela MRS e Wabtec.... 35

## **LISTA DE SIGLAS**

CBTC – Communications-Based Train Control

CCO – Centro de Controle Operacional

MPLS - Multiprotocol Label Switching

CGR – Centro de Gerência de Rede

GPS – Global Positioning System

IP – Internet Protocol

VPN – Virtual Private Network

RSSI – Received Signal Strength Indicator

SCB – Sistema de Controle de Bordo

CTC – Controle de Tráfego Centralizado

SLA – Service Level Agreement

QoS – Quality of Service

## Sumário

RESUMO .....	8
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE SIGLAS.....	11
1 – Introdução .....	14
1.1. Objetivo.....	14
1.2. Justificativa.....	15
1.3. Organização do trabalho.....	15
2 – A MRS .....	16
3 – Backbone de dados da MRS .....	17
3.1. Definição .....	17
3.2. Histórico .....	18
3.3. Características atuais .....	20
3.3.1. MPLS.....	20
3.4. Topologia.....	21
4 – CBTC.....	25
4.1. Definição .....	25
4.2. Características .....	25
4.3. O projeto CBTC na MRS.....	26
4.4. Topologia do projeto CBTC .....	28
4.5. Premissas de telecomunicações do projeto CBTC .....	30
4.6. Estimativa de demanda de dados do projeto CBTC.....	32
5 – Impactos do CBTC no backbone de dados .....	34
5.1. Impacto na capacidade do backbone de dados.....	34
5.2. Outros impactos no backbone de dados .....	37
6 - Conclusão .....	38

7 - Sugestões .....	38
8 - Referências Bibliográficas .....	39

# **1 - Introdução**

Com a crescente demanda pelo transporte ferroviário e a necessidade de se otimizar a circulação de trens na malha da MRS, com foco em segurança, torna-se imprescindível a implantação do CBTC. Essa nova tecnologia permite a diminuição do intervalo entre trens com segurança e conseqüente aumento de produtividade.

A implantação do CBTC por sua vez traz uma nova demanda de tráfego de dados para a rede da MRS e os sistemas de telecomunicações, principalmente o backbone de dados, devem ser dimensionados para atender essa nova exigência. Para tanto, devem ser observadas as premissas de projeto, as projeções de demandas em diferentes cenários de utilização da rede de dados e principalmente as características do backbone.

## **1.1. Objetivo**

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da implantação do CBTC no backbone de dados da MRS e sugerir ações de curto e médio prazo em função do resultado obtido. Serão estudadas as premissas do projeto, bem como as demandas estimadas para a comunicação de dados para, por fim, avaliar o impacto no backbone de dados da empresa.

## **1.2. Justificativa**

Como o próprio nome diz, o CBTC é o controle de trens baseado em comunicação, principalmente comunicação de dados. Backbone significa “espinha dorsal”, e é o termo utilizado para identificar a rede principal pela qual todos os dados trafegam. Isso faz com que o backbone de dados da MRS seja de extrema importância para o sucesso da implantação e manutenção desta nova tecnologia.

## **1.3. Organização do trabalho**

O capítulo 1 traz as considerações iniciais, objetivo e justificativa do trabalho.

O capítulo 2 traz um breve descritivo da MRS.

O capítulo 3 apresenta o backbone da MRS. Trata da definição, histórico e posteriormente as características atuais.

O capítulo 4 trata do CBTC, inicialmente com a definição e características, depois apresentando a topologia da rede, as premissas de projeto e por fim a demanda prevista de dados.

O capítulo 5 faz o comparativo entre a demanda do CBTC e a capacidade do backbone. É neste capítulo que o impacto do CBTC no backbone é descrito.

Para encerrar, os capítulos 6 e 7 trazem a conclusão do trabalho e as sugestões.

## 2 – A MRS

A MRS Logística é uma concessionária que controla, opera e monitora a antiga Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal. A empresa atua no mercado de transporte ferroviário desde 1996, quando foi constituída, interligando os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. São 1.643 km de malha - trilhos que facilitam o processo de transporte e distribuição de cargas numa região que concentra aproximadamente 55% do produto interno bruto do Brasil e estão instalados os maiores complexos industriais do país. Pela malha da MRS também é possível alcançar os portos de Itaguaí e de Santos (o mais importante da América Latina).

O foco das atividades da MRS está no transporte ferroviário de cargas gerais, como minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimento, bauxita, produtos agrícolas, coque verde e contêineres; e na logística integrada, que implica planejamento, multimodalidade e transit time definido. Ou seja, uma operação de logística completa. Para desenvolver suas atividades com eficácia, a MRS trabalha com equipamentos modernos de GPS (localização via satélite com posicionamento de trens em tempo real), sinalização defensiva, detecção de problemas nas vias com apoio de raios-X e ultrassom para detectar fraturas ou fissuras nos trilhos.

O objetivo da MRS para os próximos anos é alcançar o topo da eficiência operacional. Diferenciais competitivos, reestruturação de processos existentes para conquista de novos clientes, investimento em pessoal e ampliação da participação no mercado de carga geral estão em pauta para fazer da MRS a melhor operadora logística ferroviária do país.



Figura 1: Malha ferroviária da MRS

Fonte: MRS

### 3 – Backbone de dados da MRS

#### 3.1. Definição

Backbone significa “espinha dorsal”, e é o termo utilizado para identificar a rede principal pela qual todos os dados trafegam. É uma rede de fibra óptica lançada ao longo de toda a via da MRS e que faz a conexão dos equipamentos à margem da via com os equipamentos centrais em Juiz de Fora.





Figura 2: Visão geral do backbone de dados da MRS

Fonte: MRS

### 3.2. Histórico

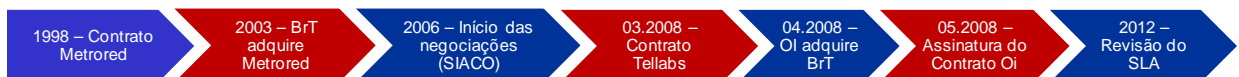


Figura 3: Evolução do backbone da MRS

Fonte: MRS

Em 1998 a Metrored iniciou a passagem de fibra óptica em 1470 km ao longo da malha ferroviária, iniciando os serviços de telecomunicações com franquia de prestação de serviço, sem ônus para a MRS e com pagamento de direito de passagem da fibra óptica ao longo da ferrovia.

Em 2003 a Metrored é adquirida pela BrT e em 2006 tem início as negociações para fornecimento de serviço visando atender o projeto SIACO (antecessor do projeto CBTC).

Em 2008 ocorre a assinatura do contrato de fornecimento de equipamentos de telecomunicação junto a Tellabs. Dentro do contrato de prestação dos serviços de telecomunicação, a MRS assumiu a responsabilidade sobre a aquisição dos equipamentos, por conseguir capitalizar os recursos necessários para fazer frente ao investimento com taxas mais atrativas que as fornecidas pela Oi (que adquiriu a BrT). A Tellabs foi responsável pelo fornecimento dos equipamentos para o Backbone e acesso da rede MPLS, além de fornecimentos do software de gerência e servidores para monitoramento e configuração da rede MPLS. A Tellabs realizou toda configuração inicial da rede MPLS que atualmente é mantida pela Oi.

Em 2008 o novo contrato de telecomunicação é assinado, desmembrando o contrato com a Metrored em 4 novos contratos: contrato de direito de passagem, contrato de termo de permissão de uso, contrato de telecomunicação e contrato de comodato de equipamentos.

O contrato de direito de passagem permite o uso pela BrT Multimídia da faixa de domínio da ferrovia de concessão da MRS para implantação, expansão, operação e manutenção dos elementos do sistema de telecomunicações. O contrato de termo de permissão de uso permite o uso de locais onde a Oi mantém sites de área técnica do backbone corporativo. O contrato de telecomunicação prevê a implantação de tecnologia (MPLS) garantindo banda de transmissão dentro dos patamares exigidos pela MRS e torna responsabilidade da Oi a gerência da estrutura lógica da rede de

telecomunicação, manutenção dos equipamentos de telecomunicação e da fibra óptica, além de comodato dos equipamentos ativos da MRS.

Em 2012 está sendo realizada a revisão do SLA com o intuito de suportar principalmente as novas demandas do projeto CBTC.

### **3.3. Características atuais**

O backbone da MRS é baseado na tecnologia MPLS com capacidade para 1Gbps.

#### **3.3.1. MPLS**

A rede MPLS é uma tecnologia baseada em comutação de pacotes a implantação de múltiplos serviços através da seleção e aplicação de QoS para cada um deles. O serviço principal disponível é o de redes privadas virtuais IP, conhecido como IP VPN.

Algumas vantagens dos serviços IP VPN em MPLS são: a segurança e o desempenho das redes tradicionais, capacidade de suportar tráfegos de voz e multimídia através do uso de técnicas de tratamento de QoS para os mesmos, e flexibilidade das redes IP's. O cenário de uma rede com QoS é semelhante ao das redes determinísticas, onde a banda reservada para uma determinada aplicação não é utilizada por outra e fica dedicada para aquela aplicação, acarretando mau uso dos recursos.

O tratamento de QoS na rede MPLS é mais abrangente e permite tratar de maneira diferente até dezenas de classes de serviços, o que a difere das tecnologias convencionais.

Atualmente a rede MPLS é considerada capaz de oferecer melhores desempenhos totais.

Alguns dos benefícios de uma solução com rede MPLS são:

- Gerência: facilidade de controlar e visualizar os requisitos de desempenho, disponibilidade, segurança e escalabilidade da rede;
- Desempenho: garantia da qualidade de serviços (QoS) para diferentes tipos de tráfegos e aplicações;
- Disponibilidade: capacidade de prover acesso ininterrupto aos ativos da rede;
- Segurança: diminui riscos e ameaças as informações e ativos da rede;
- Escalabilidade: capacidade de crescer e se ajustar a novos requisitos, aplicações e topologia da rede, em termos de quantidades, taxas de transmissão e tipos de acesso.

A rede MPLS pode ser utilizada em vários ramos de negócios e independente do porte da empresa. O MPLS possui muitos diferenciais podendo atender a diferentes níveis de exigência e necessidades.

### **3.4. Topologia**

O backbone da MRS é composto de três anéis Gigabit Ethernet principais (formados com elementos concentradores 8630), a partir dos quais se abrem anéis de acesso Gigabit Ethernet coletando os sinais dos concentradores 8620. Toda a rede possui redundância física e entre Itacuruçá e Brisamar existe uma redundância via rádio.

A figura 3 apresenta a topologia do backbone:

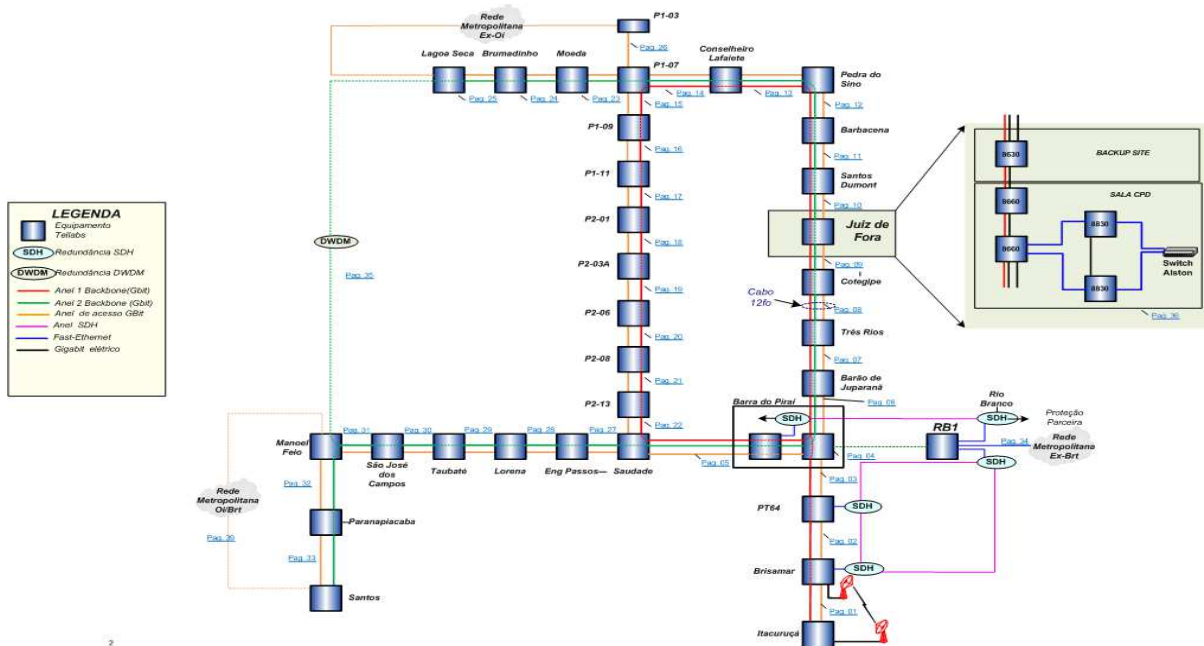


Figura 4: Topologia do backbone de dados da MRS

Fonte: MRS

O CGR, localizado em Juiz de Fora, é responsável pelo controle do fluxo de tráfego, programação e coordenação de ações para maximização do complemento de chamadas (gerência de tráfego), definição e implementação do remanejamento e redimensionamento de rede (administração de tráfego), controle de qualidade de Serviço (QOS) e coordenação das ações dos centros de gerência de níveis mais baixos.

O equipamento Tellabs 8660 faz o papel de concentrador da rede (localizado no CPD em Juiz de Fora) e é responsável por toda terminação de tráfego ethernet e TDM, além do fechamento do backbone no site de Juiz de Fora.



**Figura 5: Equipamento Tellabs 8660**

**Fonte: MRS**

O equipamento Tellabs 8630 é o dispositivo para implantação do backbone Gigabit Ethernet, composto por interfaces gigabit, 24xFastEthernet e 24xE1.



**Figura 6: Equipamento Tellabs 8630**

**Fonte: MRS**

Por fim, o equipamento Tellabs 8620 é o switch de acesso da rede, responsável pela interface com os equipamentos de campo.



Figura 7: Equipamento Tellabs 8620

Fonte: MRS

A figura abaixo mostra a distribuição dos equipamentos Tellabs na rede da MRS, formando os 3 anéis do backbone de dados..

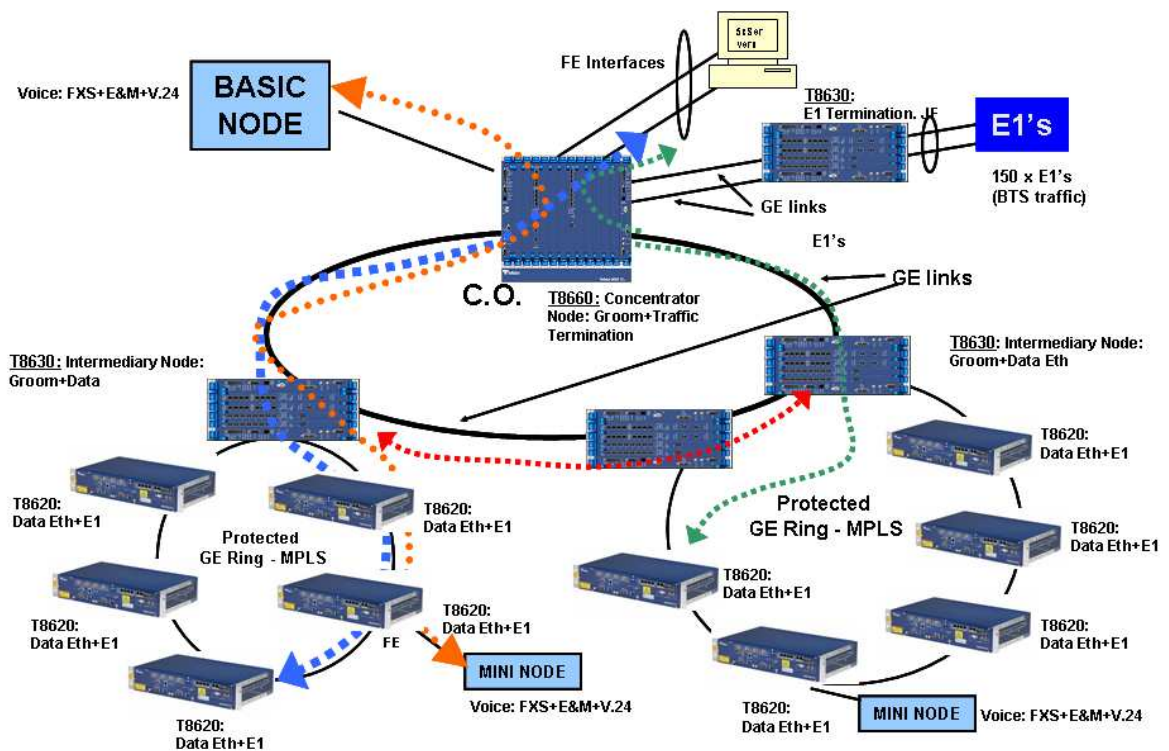


Figura 8: Distribuição dos equipamentos Tellabs na rede

Fonte: MRS

## **4 – CBTC**

### **4.1. Definição**

O CBTC é um sistema integrado que utiliza a comunicação entre o trem e os equipamentos à margem da via para realizar o controle do tráfego.

### **4.2. Características**

As suas principais características são localização precisa dos trens independente dos circuitos de via, comunicação de dados de alta capacidade bidirecional entre trem e equipamentos de via, além de equipamentos de bordo e à margem da via com funções vitais. (IEEE, 2011).

A localização de trens independente dos circuitos de via traz maiores alternativas ao licenciamento inclusive com a possibilidade de mudar o conceito de blocos fixos para blocos móveis. Desta forma, a circulação dos trens é mais dinâmica e permite menor intervalo entre trens, sem prejudicar a segurança.

A comunicação de dados é fundamental para o CBTC, pois é esta comunicação bidirecional e de alta capacidade que permite o licenciamento seguro e eficaz, aproveitando-se o máximo da capacidade instalada da via férrea.

Por fim, os equipamentos de bordo passam a dividir com os equipamentos às margens da via as funcionalidades vitais, que garantem a integridade e segurança na circulação dos trens.



### 4.3. O projeto CBTC na MRS

O projeto CBTC foi dividido em fases e camadas. A figura 9 apresenta a distribuição das fases do projeto:

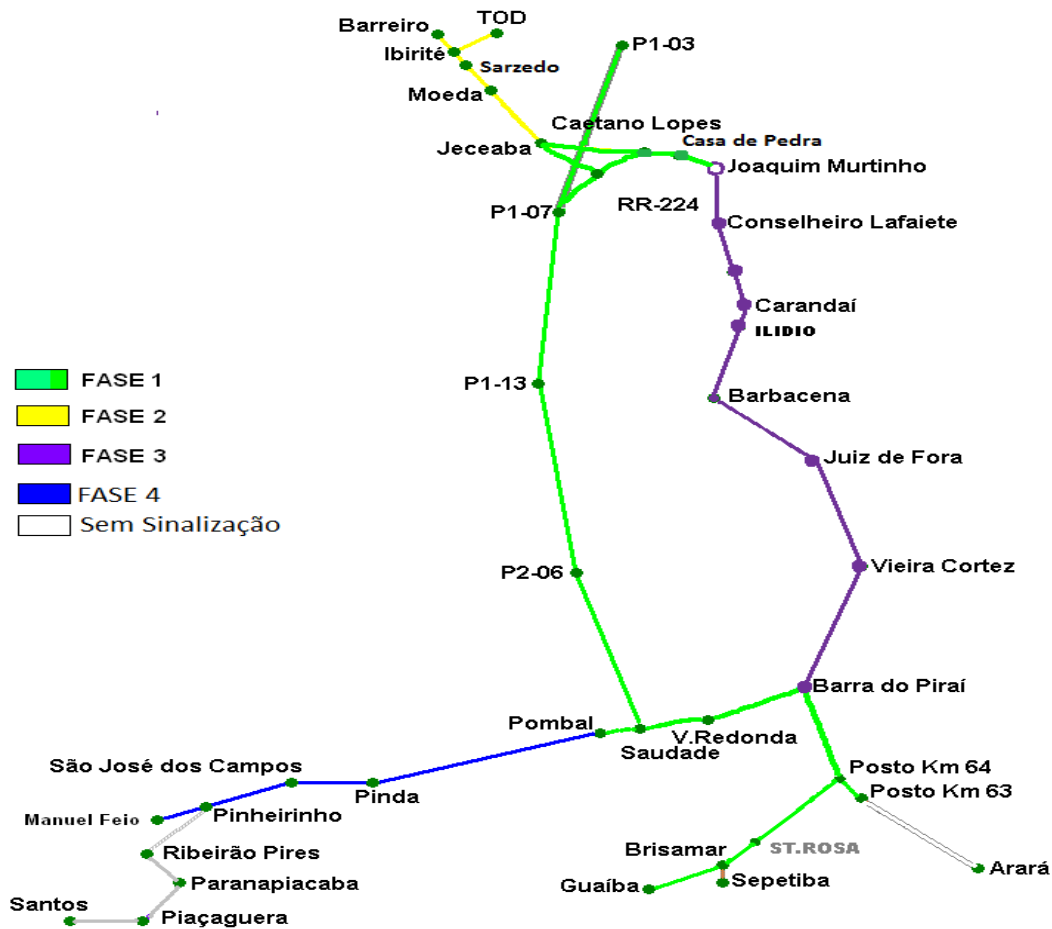


Figura 9: Fases do projeto CBTC

Fonte: MRS

A fase 1 contempla a instalação de equipamento de bordo em 500 locomotivas e 100 veículos auxiliares, instalação do novo sistema de despacho de trens no CCO para toda a malha, sistema de rádio comunicação digital para toda a malha, sistema de sinalização e controle para os trechos da

Ferrovia do Aço e Pombal-Guaíba, e por fim, CBTC completo para Ferrovia do Aço (incluindo Alça Dupla), Pombal-Guaíba e parcialmente na Linha Centro (Joaquim Murtinho a Jeceaba).

A fase 2 contempla o fornecimento do CBTC completo para a Linha do Centro, entre Caetano Lopes (lado superior) à Barreiro, incluindo Terminal de Olhos D'água.

A fase 3 contempla o fornecimento do CBTC completo para o trecho da Linha Centro compreendido entre Aristides Lobo e Murtinho.

A fase 4 contempla o fornecimento do CBTC completo para o trecho da Linha São Paulo compreendido entre Pombal e Manoel Feio inferior.

A camada 1 contempla o fornecimento do novo software de controle de trens para as regiões de controle da Ferrovia do Aço, Pombal-Guaíba, Linha do Centro, Linha de São Paulo, Ramal do Arará, Planalto (SP) e Baixada Santista.

A camada 2 é dividida em 2 etapas. Na primeira etapa será realizada a substituição do sistema de VHF existente (20 sites), trazendo ganho na qualidade da comunicação de voz e eliminando as regiões com comunicação deficiente. Na segunda etapa será realizada a ampliação da cobertura com implantação de novos sites.

A camada 3 contempla a instalação do sistema de sinalização e controle no trecho da Ferrovia do Aço Frente Norte e Linha do Centro. Além disso, será responsável pelas expansões do trecho da Ferrovia do Aço e Pombal-Guaíba.

A camada 4 compreende a realização do teste piloto do CBTC no trecho entre P1-07 e P1-13 (86 quilômetros de extensão).

Por fim, a camada 5 compreende a migração para o CBTC completo (CCO, bordo, sinalização e telecomunicação) nos trechos da Ferrovia do Aço (incluindo Alça Dupla), Pombal-Guaíba e Parcialmente na Linha do Centro.

#### 4.4. Topologia do projeto CBTC

O CBTC é composto dos seguintes subsistemas: CCO, Sinalização, Controle de Bordo e Telecomunicação. O subsistema de Telecomunicação é o responsável por interconectar os demais subsistemas e dentro dele, o backbone de dados, faz o papel de elemento central desta comunicação.

A figura 10 apresenta a topologia da rede de dados do CBTC:

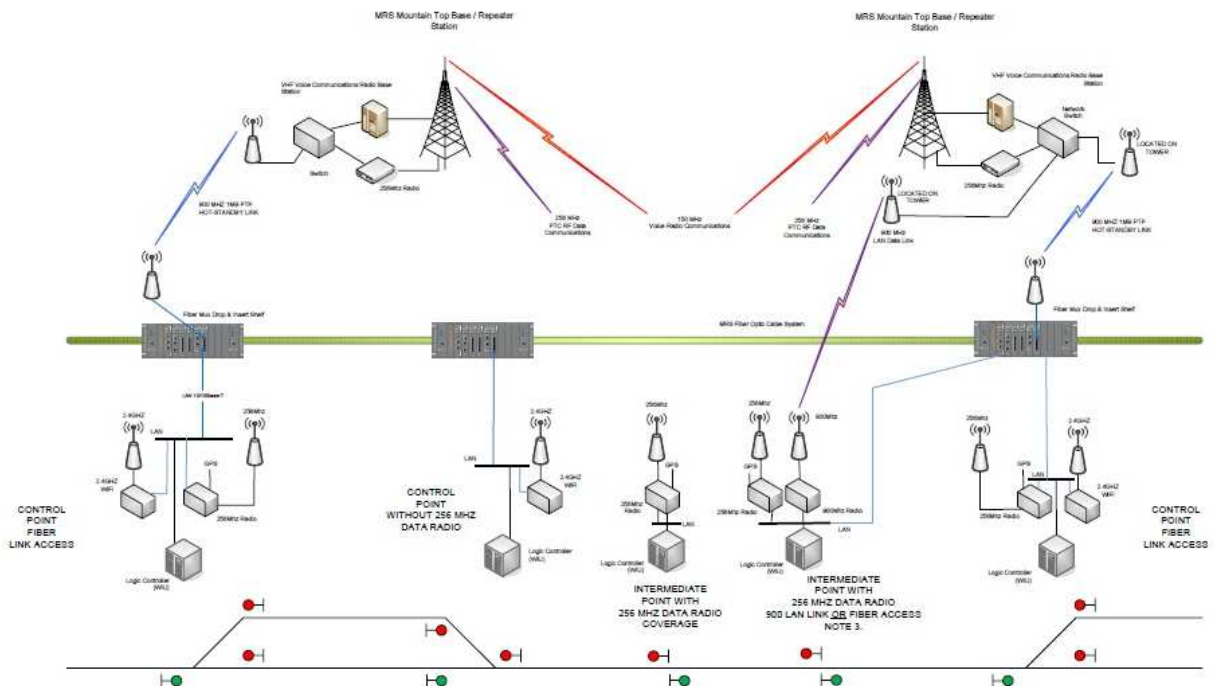


Figura 10: Topologia da rede de dados do CBTC

Fonte: Communications Systems FDR\_DWG5\_v3 (2011)

Cada cabeceira de pátio possui conexão com o backbone de dados da MRS para transmissão de dados referentes ao status da sinalização (equipamentos à margem da via), downloads de informações dos equipamentos de bordo das locomotivas e atualização de softwares dos equipamentos de bordo das locomotivas. As estações de topo de morro e em alguns casos, pontos intermediários, também possuem conexão direta com backbone de dados da MRS.

Para a troca de informações da sinalização são utilizados rádios na frequência de 256 MHz. Estes rádios fazem a comunicação entre as cabeceiras de pátios, além de coletar informações dos pontos intermediários (equipamentos instalados entre pátios). Dependendo do tamanho do pátio, uma das cabeceiras pode não conter o rádio na frequência de 256 MHz.

Os pontos intermediários além do rádio na frequência de 256 MHz podem ter também rádios na frequência de 900 MHz, que fazem a comunicação com estações de alto de morro, ou possuir abertura na fibra óptica conectando-se diretamente ao backbone de dados da MRS. Os pontos intermediários também são utilizados como repetidores e amplificadores de sinal, auxiliando na conexão entre um pátio e outro.

As estações de alto de morro são utilizadas principalmente para a comunicação de voz, mas servem também como suporte para a comunicação de dados. Estas estações se comunicam com o backbone de dados da MRS através de link hot standby de 900 MHz.

Para download de informações e atualização do software do equipamento de bordo das locomotivas são utilizados rádios na frequência de 2,4 GHz. Esses rádios só estão instalados nas cabeceiras dos pátios.

#### **4.5. Premissas de telecomunicações do projeto CBTC**

O projeto CBTC possui premissas que foram acordadas entre a MRS e a empresa fornecedora da solução. Abaixo estão as premissas do subsistema de Telecomunicação, presentes no documento “Anexo I\_E – Especificação Conjunta de Requisitos Funcionais – STT”, que direta ou indiretamente impactam no backbone de dados da MRS.

A rede de dados deve apresentar, no mínimo, o seguinte desempenho:

- “Availability” – Disponibilidade de cada site – superior a 99%
- “Bit Error Rate” na interface aérea – inferior a 0.1%
- “Message Error Rate” na interface aérea – inferior a 0.1%
- “Bit Error Rate” na interface com o backbone – inferior a 0.1%
- “Message Error Rate” na interface com o backbone – inferior a 0.1%
- Congestionamento na interface aérea – inferior a 1%
- RSSI – superior a -100dBm
- Retransmissão de dados no nível das aplicações – inferior a 1%
- Latência – inferior a 1s

Dentre os dados a serem transmitidos, aqueles referentes à circulação dos veículos ferroviários devem ter maior prioridade sobre os demais, de forma que as informações relacionadas à segurança e boa condução dos trens sejam garantidas, independentemente da necessidade da transmissão de outros dados de menor prioridade.

O tratamento das prioridades de acordo com o tipo de dado poderá ser realizado pelo SCB e CCO. A seguir, estão listadas as informações a serem transmitidas, considerando do maior para o menor grau de prioridade. Neste caso, “Prioridade 0”, é relativa a informação de maior prioridade.

Grau de Prioridade 0:

- Informações de Licenciamento Vitais da Sinalização
- Alarmes/Alertas do sistema de detecção de descarrilamento para o CCO

Grau de Prioridade 1:

- Informações do CCO
- Alarmes/Alertas do CCO para o SCB
- Alarmes/Alertas do SCB para o CCO
- Telemetria, Telecomando e Tele supervisão
- Informações de Homens trabalhando na via

Grau de Prioridade 2:

- Comandos não vitais para sistema ATP do SCB
- “Download” de informações de equipamentos a bordo das locomotivas
- Informações de equipagem
- Informações de composição de trem
- Mensagens de texto

- Programação de Atividades dos Trens

Grau de Prioridade 3:

- Download de Log de Registrador de Eventos
- Download de Eventos da Condução do Trem

A solução deve possuir interfaces de comunicação compatíveis com as disponíveis no backbone de comunicação da MRS. Estas interfaces são Ethernet (100Mbps) e E1 (PCM30) atendidas por uma solução de rede MPLS.

Para a interface Ethernet, a solução deve ser capaz de tratar endereços de default gateway permitindo, neste caso, a segmentação da rede a nível 3 (Modelo OSI). Caso não seja possível endereçamento de default gateway a segmentação da rede deve ser feita a nível 2 (Modelo OSI).

#### **4.6. Estimativa de demanda de dados do projeto CBTC**

O levantamento da demanda do projeto CBTC foi realizado com base em informações fornecidas pela Wabtec e revisadas em conjunto pela MRS e Wabtec.

A Wabtec enviou uma tabela com a demanda estimada para o projeto CBTC com base em sua experiência de implantação de projetos deste porte nos EUA, tornado-se a referência para o pior caso de impacto. A MRS fez uma revisão em conjunto com a Wabtec com base na estimativa inicial chegando ao melhor caso de impacto. A estimativa foi dividida em: locações CTC, passagens de nível, estações de voz e pontos de download/upload.

As estações CTC são compostas pelos equipamentos instalados à margem da via onde trafegam os dados de controle em tempo-real (principalmente informações da sinalização), além de informações de manutenção recebidas dos equipamentos de bordo das locomotivas (monitoramento da saúde das locomotivas) e eventos opcionais recebidos dos equipamentos de bordo das locomotivas.

As passagens de nível são compostas pelos equipamentos responsáveis pela segurança dos locais onde a linha férrea cruza com acessos de veículos e pessoas. Nestes locais ocorre a troca de dados entre a sinalização e o equipamento de bordo para garantir a segurança na passagem dos trens.

As estações de voz são representadas pelas torres de telecomunicações instaladas nos topos de morro responsáveis pela cobertura de comunicação de voz.

Por fim, os pontos de download/upload (hot spots) são locais específicos com maior capacidade para envio e recebimento de informações das locomotivas (tais como logs, atualização de versões, dentre outros).



A tabela 1 mostra as estimativas da Wabtec e MRS:

<b>Tipo de serviço</b>	<b>Demanda prevista (Wabtec)</b>	<b>Demanda revisada (MRS e Wabtec)</b>
<b>400 Locações CTC</b>	<b>307 Mbps</b>	<b>52 Mbps</b>
- Controle (tempo real)	128 Kbps	64 Kbps
- Manutenção	512 Kbps	64 Kbps
- Eventos opcionais de locos (D/U)	1 Mbps	-
<b>45 Passagens de nível</b>	<b>6 Mbps</b>	<b>6 Mbps</b>
- Passagem de nível	128 Kbps	128 Kbps
<b>50 Estações de Voz</b>	<b>100 Mbps</b>	<b>15 Mbps</b>
- Estações de voz	2 Mbps	Entre 64 Kbps e 1Mbps
<b>40 Pontos de Download/Upload</b>	<b>80 Mbps</b>	<b>80 Mbps</b>
- Hot Spots	2 Mbps	2 Mbps
	<b>493 Mbps</b>	<b>153 Mbps</b>

**Tabela 1: Estimativa de demanda de dados do projeto CBTC**

## **5 – Impactos do CBTC no backbone de dados**

### **5.1. Impacto na capacidade do backbone de dados**

Depois de estudado o backbone da MRS e analisada a demanda estimada com a implantação do projeto CBTC é possível verificar o impacto na capacidade do backbone de dados da MRS.

O backbone de dados da MRS tem atualmente uma demanda de 10% de sua capacidade que é distribuída entre sinalização, automação, rede corporativa e de voz.

A tabela 2 apresenta o impacto considerando a demanda da Wabtec:

<b>Impacto considerando a demanda inicial da Wabtec</b>		
<b>Tipo de serviço</b>	<b>Demanda</b>	<b>Impacto</b>
Serviços atuais	100 Mbps	10%
- Sinalização e Automação	13 Mbps	1,3%
- Rede corporativa e Voz	87 Mbps	8,7%
<b>Demanda inicial da Wabtec</b>	<b>493 Mbps</b>	<b>49,3%</b>
- 400 Locações CTC	307 Mbps	30,7%
- 45 Passagens de nível	6 Mbps	0,6%
- 50 Estações de Voz	100 Mbps	10%
- 40 Pontos de Download/Upload	80 Mbps	8%
	<b>593 Mbps</b>	<b>59,3%</b>

**Tabela 2: Impacto considerando a demanda de dados da Wabtec**

Considerando a demanda enviada pela Wabtec é possível verificar que o impacto da implantação do CBTC no backbone de dados é alto, pois incrementa sua utilização em 6 vezes, se comparada com a utilização atual.

A tabela 3 apresenta o impacto considerando a demanda revisada:

<b>Impacto considerando a demanda revisada</b>		
<b>Tipo de serviço</b>	<b>Demanda</b>	<b>Impacto</b>
Serviços atuais	100 Mbps	10%
- Sinalização e Automação	13 Mbps	1,3%
- Rede corporativa e Voz	87 Mbps	8,7%
<b>Demanda revisada da MRS</b>	<b>153 Mbps</b>	<b>15,3%</b>
- 400 Locações CTC	52 Mbps	5,2%
- 45 Passagens de nível	6 Mbps	0,6%
- 50 Estações de Voz	15 Mbps	1,5%
- 40 Pontos de Download/Upload	80 Mbps	8%
	<b>253 Mbps</b>	<b>25,3%</b>

**Tabela 3: Impacto considerando a demanda de dados revisada em conjunto pela MRS e Wabtec**

Considerando a demanda revisada é possível verificar que o impacto da implantação do CBTC no backbone de dados é baixo, pois incrementa sua utilização em 2,5 vezes, se comparada com a utilização atual.

## 5.2. Outros impactos no backbone de dados

Além do impacto direto na capacidade do backbone, outros impactos devem ser considerados em função das premissas de telecomunicações do projeto CBTC. Abaixo são listados e explicados os demais impactos:

- Disponibilidade: O CBTC por ser baseado em comunicação exige uma disponibilidade do backbone de dados para sua perfeita operação. A implantação do CBTC cria uma nova exigência, diferente da atual que deve ser atendida pela MRS. O backbone da MRS, por apresentar redundância física em toda a rede está preparado para suportar as novas exigências.
- SLA: Para se manter a disponibilidade também é necessário atuar rapidamente nas falhas e como a responsabilidade de manutenção do backbone de dados é da OI, haverá um impacto no contrato atual que está dimensionado para o atendimento das demandas atuais, sem inclusão do CBTC.
- QoS: Uma das premissas do projeto é a prioridade na transmissão de dados. Atualmente o backbone não possui regras de prioridade, ou seja, QoS implementado. Neste caso cabe uma avaliação da MRS da real necessidade de implantação desta funcionalidade.
- Novos cenários: O estudo realizado neste trabalho contempla apenas o escopo atual do projeto de implantação do CBTC. Em caso de mudanças de cenário como aumento de equipamentos de bordo, duplicação de linhas, implantação de novos pátios, devem ser revistas as demandas e realizado um novo estudo de impacto.

## **6 - Conclusão**

Analisando inicialmente o impacto da demanda de dados do projeto CBTC mostrado no capítulo 5.1 do trabalho é possível concluir que o backbone de dados da MRS suporta ambas as demandas (inicial e revisada).

Analisando os outros impactos do projeto CBTC mostrados no capítulo 5.2 é possível concluir que são necessários alguns ajustes por parte da OI para que o backbone de dados da MRS atenda sem nenhum prejuízo a implantação do projeto CBTC.

Por fim, fica evidente que a etapa de piloto do CBTC será de fundamental importância para a validação das demandas e avaliação do comportamento do backbone com o novo parâmetro de tráfego de dados.

## **7 - Sugestões**

Para o curto prazo fica a sugestão de negociação com a OI de implementação de novas funcionalidades como QoS, além da revisão do SLA para perfeito atendimento às premissas do projeto CBTC.

Para o médio prazo, considerando o alto investimento no projeto CBTC e a importância do backbone de dados, atualmente de responsabilidade da OI, torna-se crucial uma avaliação de investimento em um backbone próprio.

## **8 - Referências Bibliográficas**

PRETO, GERSON. **Rede MPLS, Tecnologias e Tendências de Evoluções Tecnológicas.** 37 p. Trabalho de conclusão de curso de Especialização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

IEEE. **IEEE Std 1474.4™-2011: IEEE Recommended Practice for Functional Testing of a Communications-Based Train Control (CBTC) System.** 2011.

WABTEC. **COM-031 IETMS Network Architecture\_FDR\_v0.** 2011.

WABTEC. **COM-029\_v3 FDR COM DWGS.** 2011.

WABTEC. **MRS Communications Data Radio.** 2012.