

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

**A IMPLANTAÇÃO DO B.O.M. - BILHETE ÔNIBUS METROPOLITANO NOS
BLOQUEIOS DO METRÔ DE SÃO PAULO COM A SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA
GPRS PARA REDE CABEADA**

INTRODUÇÃO

1. Apresentação

Através de um convênio firmado entre o estado e a prefeitura de São Paulo, em 2004, a STM - Secretaria de Transportes Metropolitanos promoveu a integração tarifária entre o transporte coletivo sobre pneus da cidade de São Paulo e o transporte sobre trilhos, Metrô e CPTM, através do sistema já implantado nos ônibus o BU - Bilhete Único.

No Metrô SP, a integração se deu através da instalação de módulos VBU - Validadores de Bilhete Único, instalados sobre os bloqueios, conhecidos popularmente como "catracas", e seu respectivo sistema de transmissão de dados nas estações.

Á época, devido à ausência de uma rede de comunicação interna para transmitir os dados processados por estes módulos, a opção foi instalar um sistema de comunicação de dados por telefonia celular.

1.1. Operação e descrição e do sistema de comunicação do VBU

O VBU instalado sobre o bloqueio, durante o dia, processava todos os cartões BU do tipo "smart card contactless" em função da regra de negócio adotada.

Ao final da Operação comercial, aproximadamente às 00:30H, o operador da estação apresentava um cartão especial que "fecha o serviço" o que fazia com que o VBU não mais aceitasse cartões.

Neste estado, o módulo condensava as informações de cada cartão que foi processado e montava os arquivos com o histórico das transações, que eram transmitidos via modem GPRS.

Os dados eram encaminhados para a operadora de celular que estivesse ativa. A mesma fazia a conexão com a Internet e nela uma empresa especializada em transações de dados,

"cloud computing", enviava as informações por um link de micro-ondas até o CCO - Centro de Controle Operacional.

No CCO, um computador recebia todos os dados de todos os VBU das estações e, pela Internet, a SPTrans compartilhava estes arquivos para acertos contábeis, figura 1.

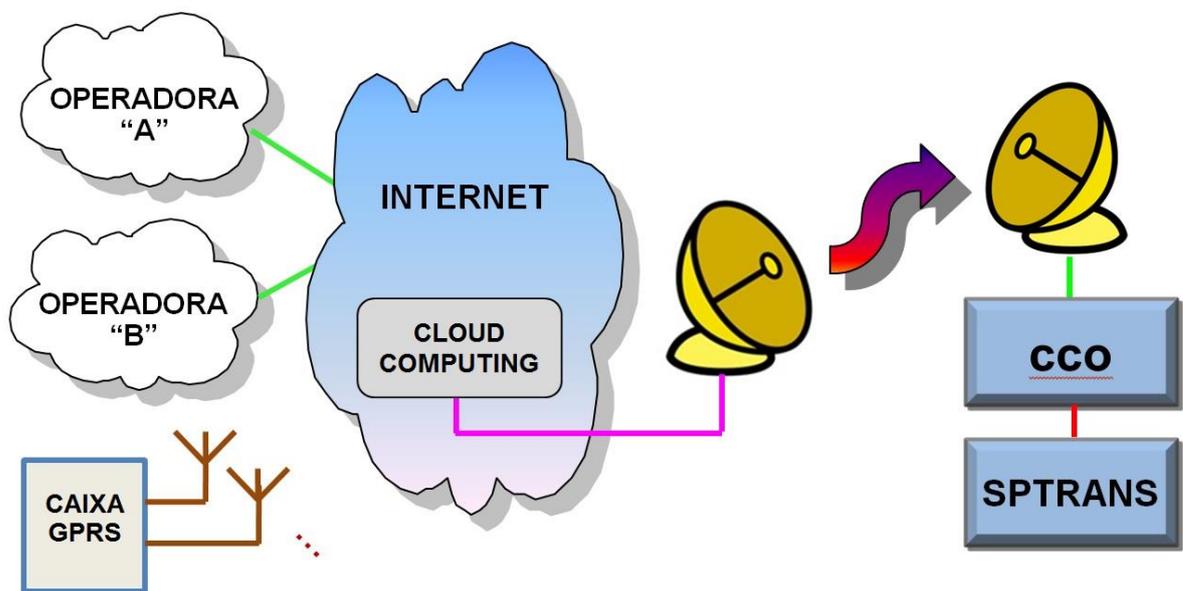


Figura 1 – Diagrama Geral da comunicação do VBU

Após a total comunicação dos dados, se necessário, a SPTrans encaminhava pela mesma conexão, arquivos de configuração do VBU, como novas regras de negócio, nova tarifa, nova família de Bilhete Único, etc. Para que o validador passasse a aceitar cartões, era necessário apresentar o mesmo cartão especial para "abrir o serviço".

A infraestrutura da estação, esquemático da figura 2, compreendia o validador instalado sobre o bloqueio, figura 3, uma placa de interface IBV - Interface Bloqueio Validador montado no seu sistema de tripé que permitia a liberação da passagem pelo VBU, bem como o cancelamento após a passagem do usuário, e uma fonte instalada internamente ao bloqueio.

Em cada VBU havia um cabo de rede que seguia até uma caixa metálica denominada caixa GPRS fixada em parede, coluna, pedestal, etc., figura 4, onde estavam instaladas as placas modem, com seus respectivos cartões chip sim das operadoras e fontes para alimentação. Para cada VBU havia um conjunto modem/fonte e, de cada placa modem, um cabo que se destinava à parte externa da caixa em cuja terminação havia uma antena, figura 5.

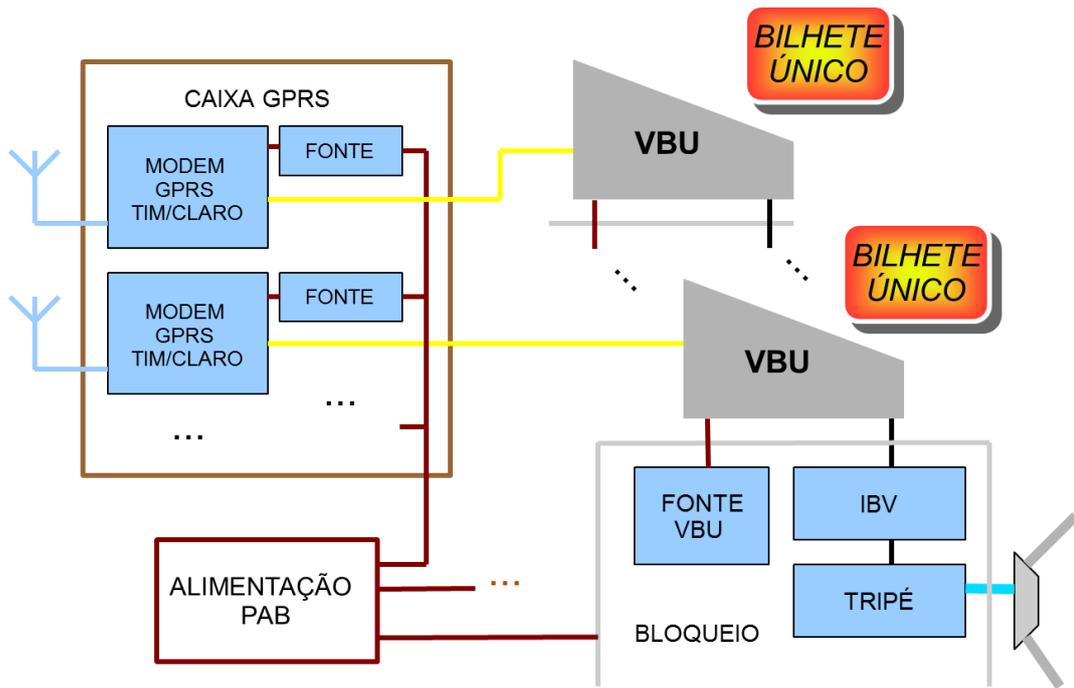


Figura 2 – Diagrama Geral do VBU nas estações do Metrô



Figura 3 – VBU montado sobre o bloqueio

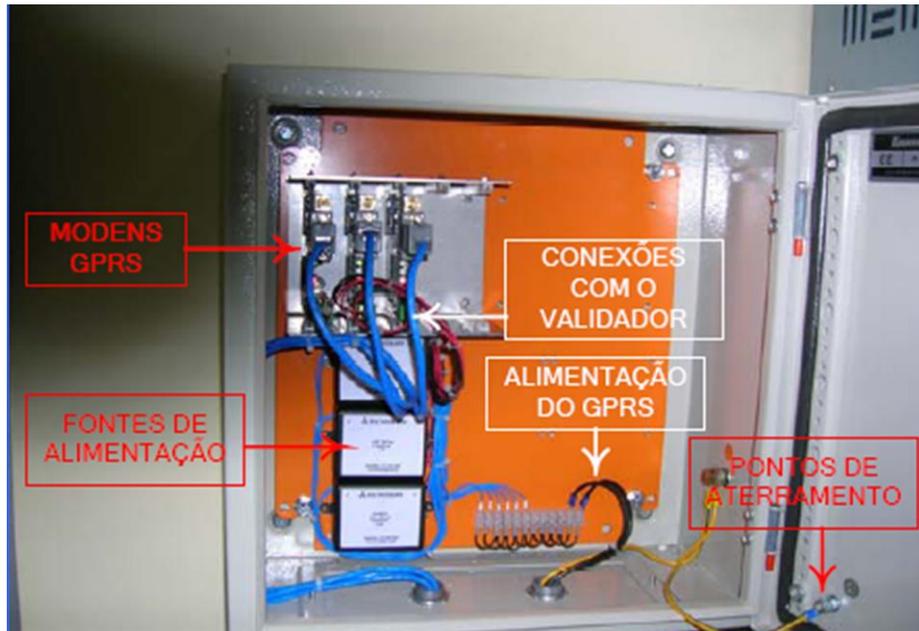


Figura 4 – Caixa GPRS aberta e seus componentes internos



Figura 5 – Caixa GPRS: Detalhe de fixação das antenas

2. A Manutenção do sistema VBU

2.1 A capacidade de tráfego da rede GPRS

As ERB - Estação Rádio Base do serviço de dados por GPRS fornecido pelas operadoras de telefonia celular tem como prioridade máxima a transmissão de voz, em segundo a de dados.

Na transmissão de dados a prioridade é para dados de pequeno porte, arquivos pequenos, e na sequência os dados de grande porte. Como exemplo de dados de pequeno porte tem-se as transações de compra por cartões de crédito, voucher, etc. em máquinas portáteis que ocupam por curto período de tempo a banda de transmissão. Os arquivos do VBU, proporcionalmente aos demais serviços, eram maiores e ocupavam, por um grande período de tempo, a banda de transmissão.

Originalmente, o projeto do VBU era para ônibus, sendo adaptado para utilização no Metrô. A demanda do Metrô é muito maior que no ônibus e a capacidade de memória do VBU era reduzida e, na impossibilidade de se comunicar, os dados se acumulavam a ponto de deixar o processamento de cartões extremamente lento vindo a se tornar inoperante. Esta situação

trazia transtornos aos usuários e a Operação que, por vezes, se viu obrigada a liberar gratuitamente a linha de bloqueio, para evitar tumultos, depredações e ações violentas.

O gráfico da figura 6 mostra o volume de transmissão dos VBUs das 00:00h até as 05:00h. A linha amarela os que não se comunicaram, ou seja, com dados, em vermelho os que comunicaram e em azul em processo de comunicação.

A quantidade de sucesso (linha vermelha do gráfico) com relação aos que estão em comunicação (linha azul do gráfico), das 00:30H às 02:30H, denota baixa capacidade de absorção quando 150 a 250 VBU's estão se comunicando. Abaixo de 150, após as 02:30H, a capacidade aumenta até que os VBU's que estão se comunicando obtém sucesso imediato, após as 03:30H.

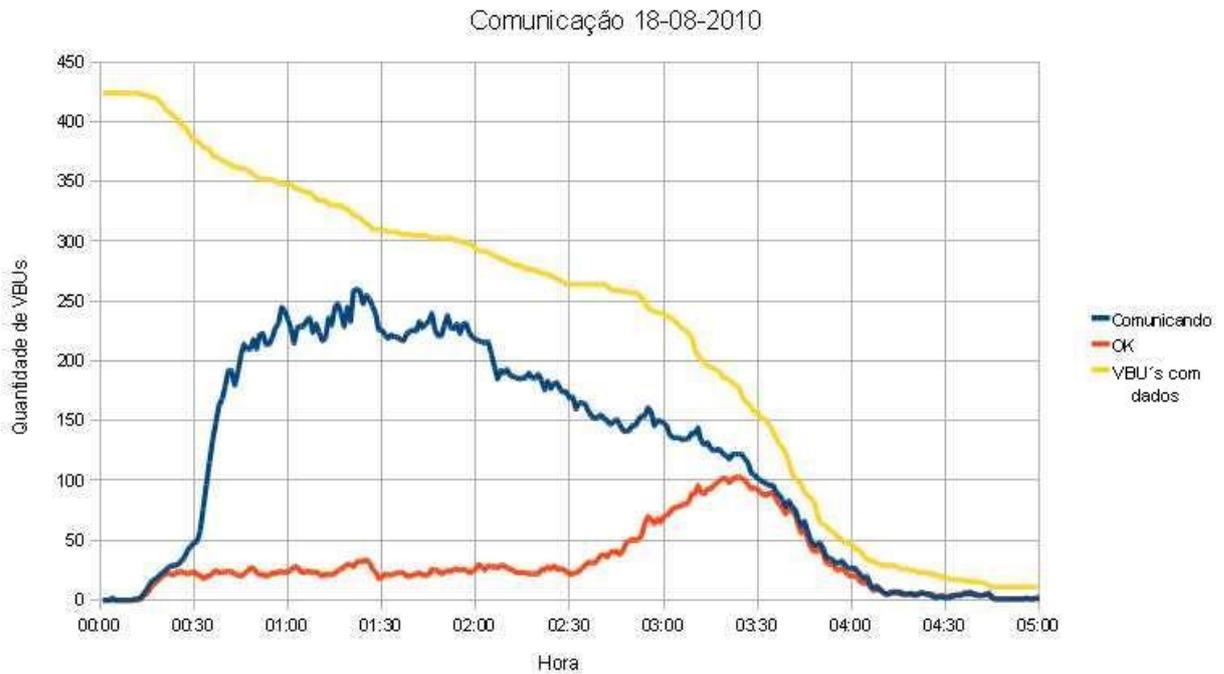


Figura 6 – Gráfico da quantidade de VBUs que se comunicam após fechamento de serviço

Nota-se que a capacidade de atendimento às solicitações de comunicação se mostrava reduzida, sendo necessário mais de 4 horas para atingir a totalidade. Tal situação obrigava a Operação a abrir diversas ocorrências de falhas de comunicação no início da operação comercial, já que não havia sido possível fechar os relatórios contábeis na descarga da noite.

Desta forma, em 2010, foi realizado um trabalho que gerou um novo procedimento operacional que escalonou o fechamento de serviço entre as estações, dando fôlego ao sistema para que absorvesse todas as transmissões resultando no fluxo descrito no gráfico da figura 7.

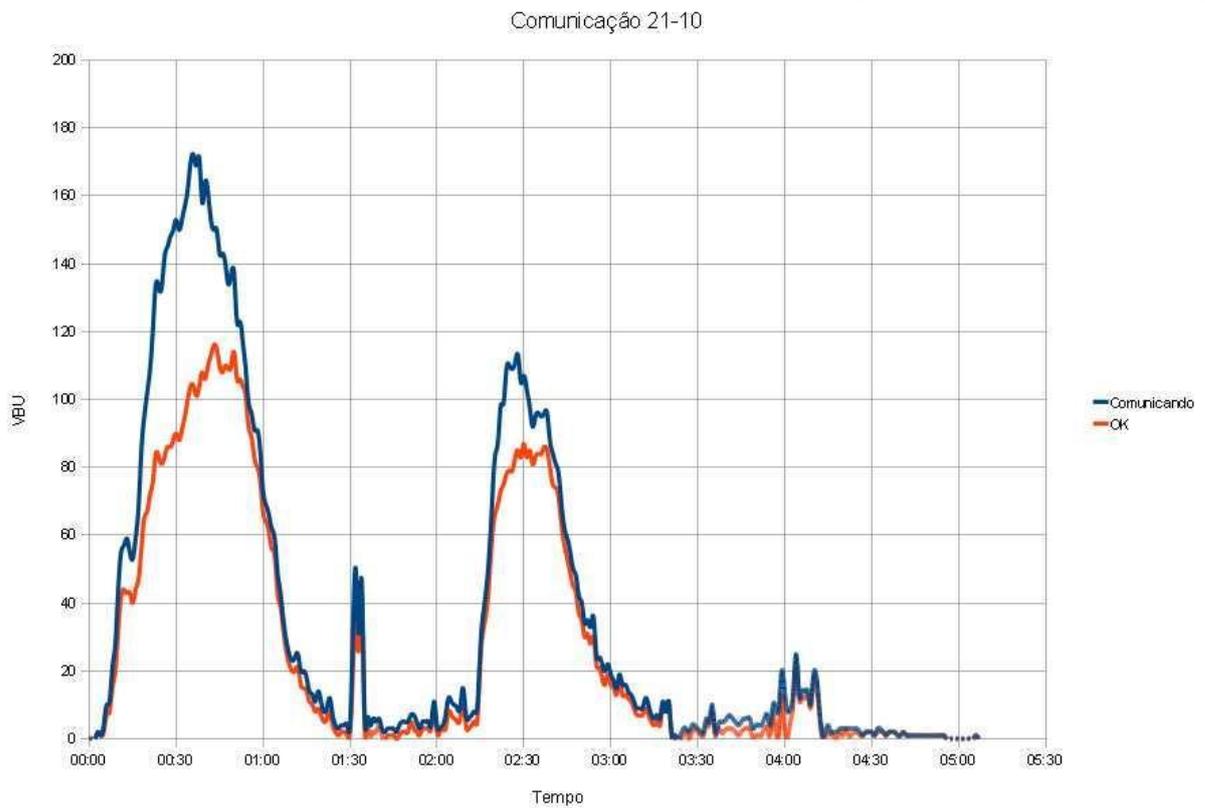


Figura 7 - Gráfico da quantidade de VBUs que se comunicaram após fechamento escalonado de serviço

Nota-se que a defasagem na quantidade de VBU em comunicação e os que já se comunicaram diminuiu drasticamente. O escalonamento reduziu a quantidade de ocorrências em mais de 50%, mas outros fatores interferiam na manutenção do sistema.

2.2 A instalação em estações subterrâneas

Para que as antenas dos modems tivessem nível de sinal mínimo e simultâneo das duas operadoras de telefonia celular, a caixa GPRS era instalada próxima a áreas abertas, normalmente no acesso da estação, dutos de ventilação, etc.

Conseqüentemente, foi necessário montar uma infraestrutura de eletrodutos e cabos que interligavam a caixa GPRS à linha de bloqueio.

Em algumas estações as caixas GPRS foram instaladas em locais de difícil acesso às equipes de manutenção, sendo abertas diversas ocorrências junto à comissão da CIPA do Metrô SP.

2.3 A dependência de terceiros

As operadoras de telefonia celular consideravam o Metrô e a CPTM como clientes comuns não havendo qualquer tipo de priorização ao serviço prestado.

Desta forma, durante a madrugada, as operadoras, sem qualquer prévio aviso, realizavam esporadicamente ações de manutenção com o desligamento da ERB que atendia a região da

estação, derrubando a comunicação dos VBUs. O mesmo ocorria com a prestadora de serviço de dados pela internet.

Quando havia eventos com grande quantidade de pessoas nas proximidades da ERB que atendia a estação, shows, jogos, etc. devido à priorização da transmissão de voz, a comunicação de dados era limitada ou derrubada.

Como o trâmite da comunicação até o CCO era de responsabilidade de terceiros, a Manutenção do Metrô SP ficava impossibilitada de intervir e solucionar as ocorrências de falha abertas pela Operação, sendo que, em diversas atuações, a única ação era a de tentativa constante de comunicação, com ciclos de abertura e fechamento de serviço, após o horário de pico. Tal situação aumentava os custos de manutenção com deslocamento e atuação da equipe que permanecia concentrada na estação até a efetiva comunicação.

Ao final do contrato de prestação de serviço por parte das operadoras de celular, foi necessário abrir processo licitatório para contratação de novas operadoras. Ocorre que, a época, havia apenas 3 que poderiam oferecer o serviço e uma delas, devido a própria estratégia de negócio, não mais oferecia transmissão de dados e uma outra desistiu de participar do processo, dificultando o atendimento às diretrizes da lei 8.666.

Em resumo, apenas uma operadora venceu a licitação, ou seja, as condições de disponibilidade prevista em projeto de 2 linhas de celular estaria comprometida. Mas, em função da iminente instalação do sistema via rede, o processo foi cancelado.

DIAGNÓSTICO

3 A integração da EMTU com o Metrô e a CPTM

Em 2012, a STM firmou um novo convênio para a integração tarifária entre os ônibus da EMTU, a SPTrans e o transporte sobre trilhos Metrô e CPTM.

O CMT - Consórcio Metropolitano de Transportes e a Autopass, empresa coligada ao Consórcio, possuem o BOM - Bilhete Ônibus Metropolitano, sistema similar ao BU, instalado nos ônibus da EMTU.

A codificação, criptografia, montagem dos arquivos e outros parâmetros utilizados no BOM, diferem do sistema BU. Em função disto, foi desenvolvido junto ao fornecedor um novo validador que trabalha com os dois sistemas simultaneamente, respeitando suas

características intrínsecas. Este módulo recebeu o nome de VBS - Validador de Bilhete Smart, figura 8. O modo de operação manteve-se o mesmo, sendo necessário o fechamento de serviço para envio de 2 grupos de arquivos distintos, para o BU e para o BOM.

Em função da demanda de usuários e da comunicação via rede, a quantidade de Validadores de cartão foi expandida e o VBS foi instalado em todos os bloqueios que processam passagem no Metrô, além disso, a capacidade de memória foi ampliada.

3.2 O Sistema de Comunicação do VBS

Como o Metrô já possuía cabeamento de fibra ótica entre as estações, o CMT/Autopass e o Metrô delinearão um sistema de rede de dados a ser instalado nas estações, ou seja, que permita a conexão dos novos validadores que se comunicam através de rede protocolo TCP/IP, com abrangência às Linhas 1, 2, 3 e 5 do Metrô SP com centralização no CCO.

Para as estações das Linhas 1,3 e 5, cada linha de bloqueio recebeu um rack de 8 u, montado nas proximidades em parede, pedestal, coluna, etc., com um switch 48 portas Layer 3 e uma fonte redundante, figura 9.



Figura 8 – VBS - Validador de Bilhete Smart com comunicação por rede

Cada porta do switch conecta-se a um VBS, que substituiu o VBU, montado sobre o bloqueio, por cabo UTP com protocolo TCP/IP. Com o objetivo de garantir alta disponibilidade, o conjunto switch/fonte redundante é alimentado pelo sistema No break da estação, figura 10.

Cada switch possui duas portas com conversores de mídia eletro-ópticos que se conectam a outras 2 estações por cabo multipar de fibra óptica, através de um DGO - Distribuidor Geral

Ótico instalado nas salas técnicas das estações. Esta configuração forma um anel lógico que inclui o CCO através de um switch core, figura 11. A velocidade da rede é de 1Gbps.



Figura 9 – Rack VBS aberto instalado próximo a linha de bloqueio

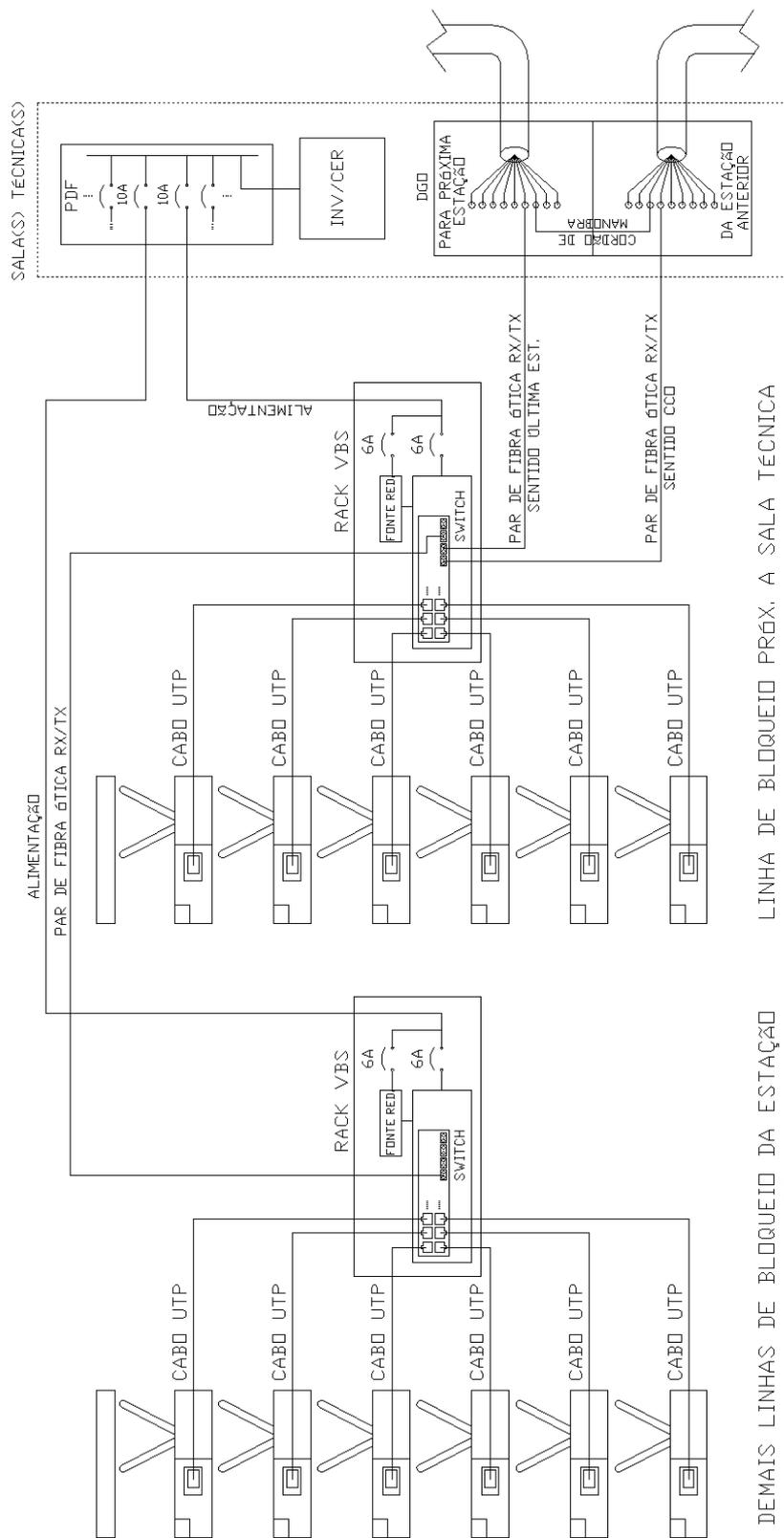
Nas estações com mais de uma linha de bloqueio, o switch que compõe a rede localiza-se mais próximo da sala técnica da estação e os demais se conectam, em forma de cascata, a uma de suas portas.

O switch core do CCO é um ente que simultaneamente se conecta aos cinco anéis que atendem as estações da Linha 1,3 e 5 e compreendem:

- Linha 1 anel Norte: CCO => Vergueiro => ... => Tucuruvi
- Linha 1 anel Sul: CCO => Paraíso => ... => Jabaquara
- Linha 3 anel Leste: CCO => Pedro II => ...=> Itaquera
- Linha 3 anel Oeste: CCO => Anhangabaú => ... => Barra funda
- Linha 5: CCO => Intragov => Pátio Capão Redondo => Estação Capão redondo => ...
=> Adolfo Pinheiro

Nas estações da Linha 2, exceto Consolação, os bloqueios de porta foram desenvolvidos já com tecnologia de comunicação via rede TCP/IP, bem como uma estrutura de transmissão de dados na estação, ou seja, uma rede propriamente dita. Para estes equipamentos, foi desenvolvido um módulo Batizado de VPO - Validador de Bloqueio de Porta similar ao VBS, mas com as interfaces adaptadas.

DIAGRAMA GERAL DO VBS NAS ESTAÇÕES



DEMAIS LINHAS DE BLOQUEIO DA ESTAÇÃO
(QUANDO HOUVER)

LINHA DE BLOQUEIO PRÓX. A SALA TÉCNICA

Figura 10 – Diagrama de conexões do sistema VBS na estação

Devido a distância da Linha 5 ao CCO Vergueiro, foi necessário utilizar-se de um link Intragov da Prodesp para conexão ao Pátio Capão Redondo e de lá seguir para as demais estações, figura 11.

A configuração em anel foi escolhida de forma a apresentar alta disponibilidade com baixa utilização de cabeamento. Os switches, por serem de camada 3, possuem a característica, através de configuração para tal, de redirecionar os pacotes de dados em caso de rompimento de um dos lados do laço.

O sistema do CCO compreende ainda um servidor onde rodam os aplicativos do BU e do BOM, além do gerenciamento da rede. Os arquivos são compartilhados com a SPTrans, atualmente por link por fibra ótica, e com o CMT/Autopass pelo mesmo link de micro-ondas utilizado anteriormente no sistema BU, todos protegidos por firewalls.

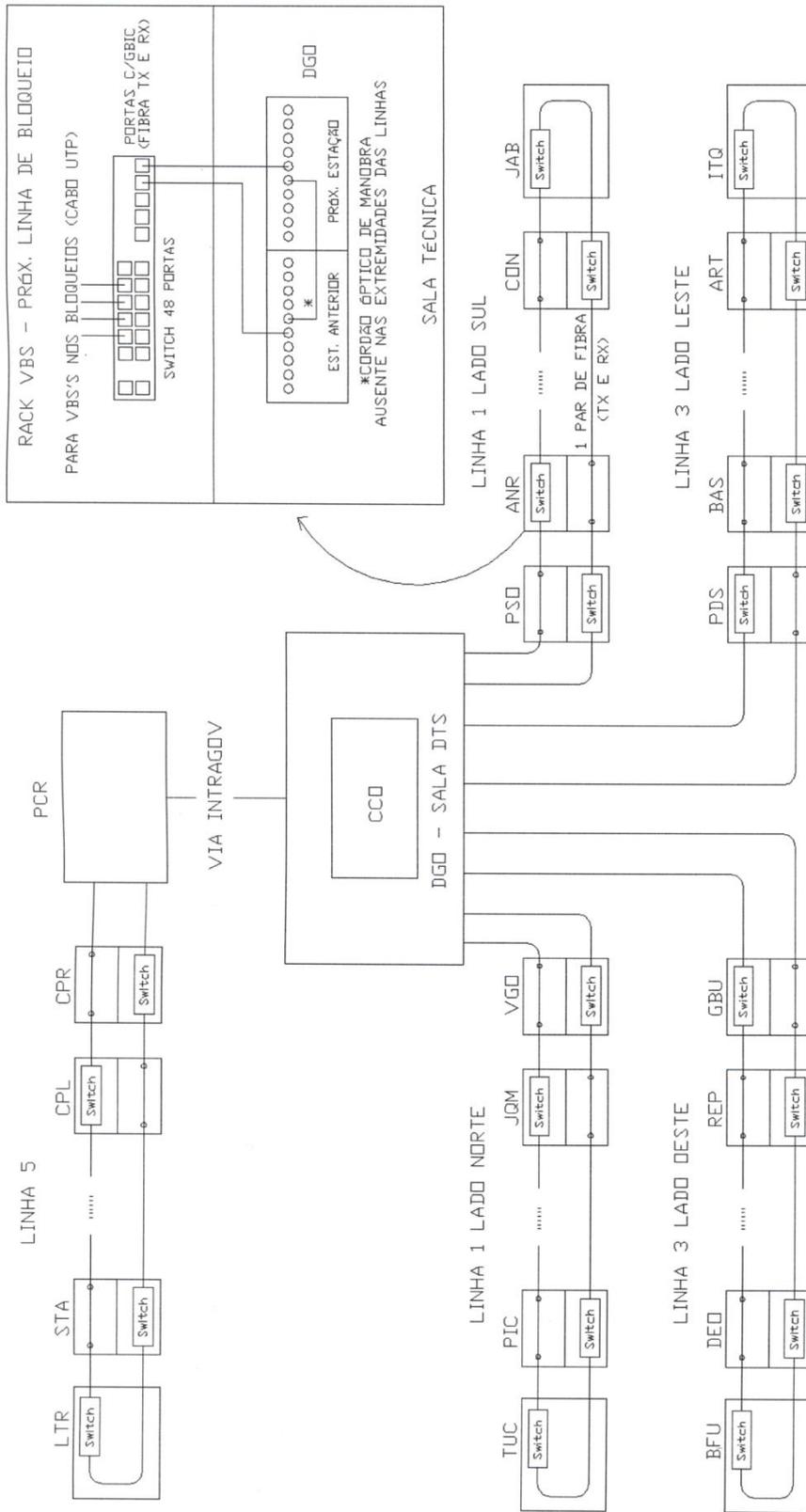


Figura 11 – Diagrama de conexão das estações que formam os laços e linha 5

ANÁLISE DOS RESULTADOS

1. Em função da integração pelo cartão BOM, a substituição do validador e da troca do sistema de comunicação de GPRS para rede, tem-se:
 - a. Praticidade ao usuário do BOM com a integração facilitada no próprio cartão;
 - b. Melhoria nos processos da EMTU junto às empresas de ônibus;
 - c. Independência de operadoras de celular e terceiros;
 - d. Controle e manutenção dos meios de transmissão de arquivos pelo próprio Metrô;
 - e. Diminuição do risco de travamento/inoperância do validador por falta de comunicação;
 - f. A não necessidade de processos licitatórios para continuidade do serviço de dados;
 - g. Os racks com os switches estão instalados em locais de fácil acesso permitindo atuações seguras pelas equipes de manutenção;
 - h. Redução dos custos de manutenção em função do domínio do meio de transmissão.

CONCLUSÕES

Ambos os sistemas BU e BOM são de propriedade de terceiros e correspondem por, aproximadamente, 80% das entradas no Metrô SP, portanto, de grande relevância na arrecadação e de grande impacto junto à população no caso de inoperância.

A modernização deste sistema para rede cabeada permite ao Metrô SP realizar a manutenção de forma autônoma, restabelecendo suas funções a um custo adequado e dentro dos padrões estabelecidos entre as Gerências de Manutenção e Operação.

Às conveniadas SPTrans e CMT/Autopass (EMTU) cabe observar atentamente a manutenção em seus respectivos sistemas, a obediência aos protocolos de segurança e de testes exaustivos de novos produtos, alterações em versões, etc. de forma a garantir que tais alterações, depois que propagadas nos VBS, não tragam graves consequências aos usuários e ao Metrô SP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manual de instalação do switch: HP A5500 EI & A5500 SI Switch Series Installation Guide - Part number: 5998-1710 Document version: 6W100-20110730;

2. Apostila de treinamento da HP HK644S B.00 "HP LAN Switching Installation and Administration";
3. Apostila de treinamento da HP HL048S C.01 "IMC Essentials for Network Administrators".