



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

MODERNIZAÇÃO DOS ATCS L/O PARA OS TRENS DAS FROTAS K E L DO METRÔ

AUTORES:

WILSON LOPES MENEZES

MAURICIO ROMERA ALVES



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

CATEGORIA 3

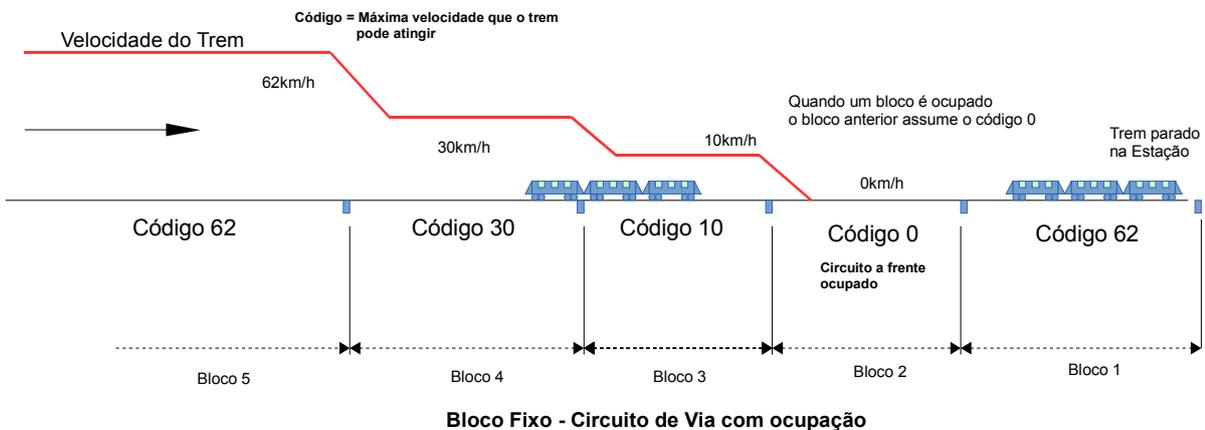
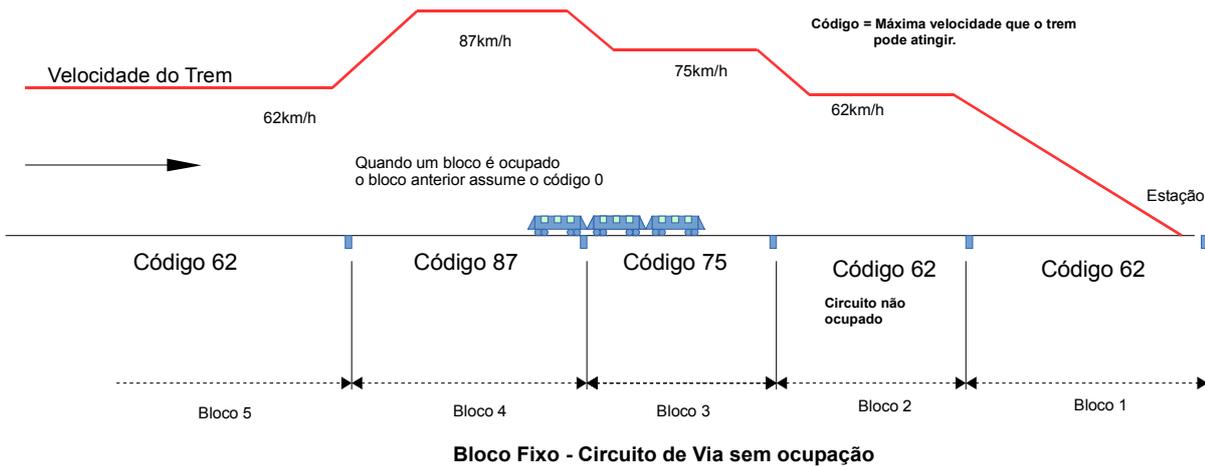
MODERNIZAÇÃO DOS ATCS L/O PARA OS TRENS DAS FROTAS K E L DO METRÔ

INTRODUÇÃO

O Metrô de São Paulo vem executando um processo de modernização em 98 trens de sua frota, sendo 51 trens da frota A, 25 trens da frota C e 22 trens da frota D, com troca do sistema de propulsão, substituição dos motores de corrente contínua por motores de corrente alternada, instalação de ar-condicionado, substituição da iluminação do salão de passageiros, etc. Com a modernização os trens ficarão mais confortáveis, silenciosos e com mais espaço para os passageiros, além de substituir equipamentos obsoletos por outros de última geração, facilitando a manutenção e a reposição de peças.

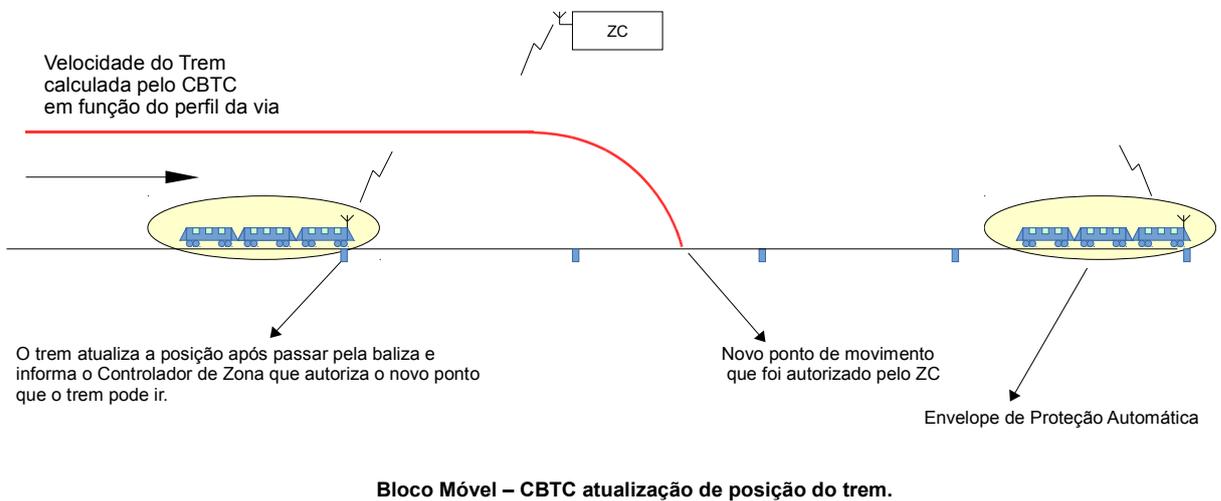
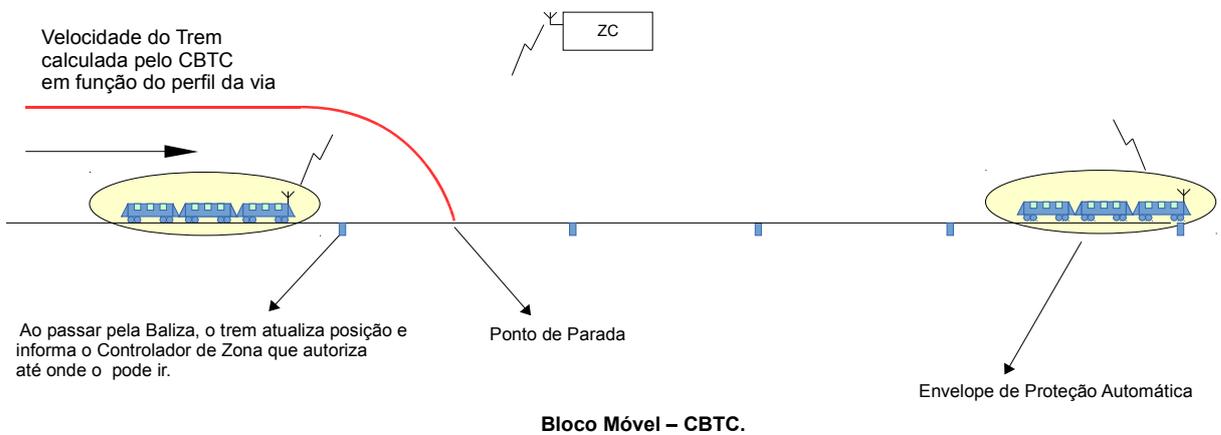
Juntamente com a modernização dos trens foi prevista a troca do sistema ATC, sinalização com blocos fixos, pelo sistema CBTC, sinalização com bloco móvel. No sistema com blocos fixos a via é dividida em blocos, tendo cada bloco o tamanho aproximado de um trem. Em uma das extremidades de cada bloco é enviado um sinal modulado em frequência, com um código correspondente a velocidade máxima permitida para o trem naquele bloco.

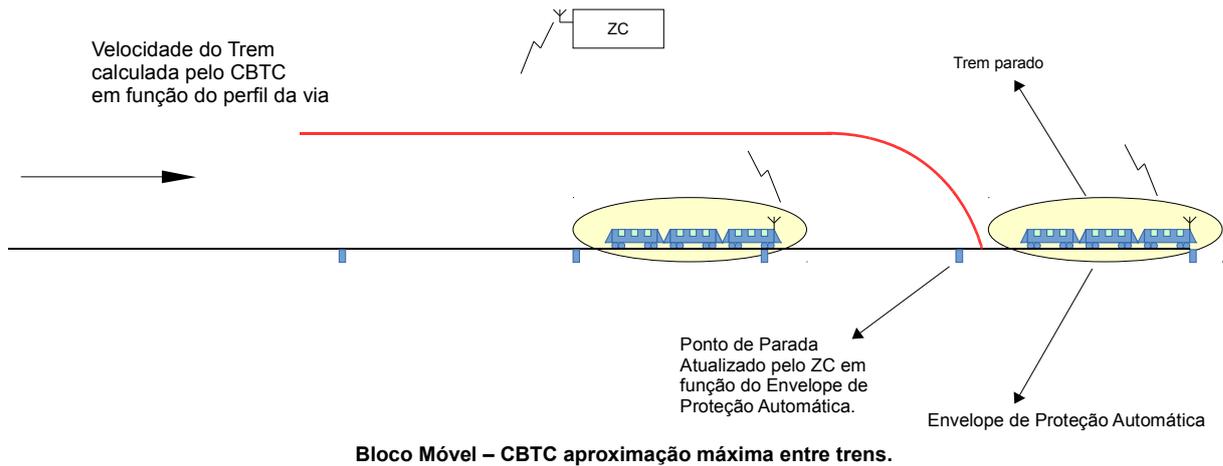
O trem que estiver nesse bloco recebe e processa esse sinal, através do equipamento ATC (Automatic Train Control). Em cada bloco da via (circuito de via), além do transmissor do código de velocidade, montado na extremidade do bloco, existe um receptor desse mesmo código na outra extremidade. Esse receptor só recebe o código se não houver um trem nesse bloco, portanto quando o receptor não recebe o código é assumido que neste bloco está presente um trem. Nos blocos anteriores a este ocupado por um trem são transmitidos códigos de velocidade com uma rampa ascendente de velocidades; zero no bloco imediatamente anterior a ocupação, ascendendo até o circuito onde é transmitida a velocidade máxima normal da via.



No sistema CBTC o trem determina a sua posição na via por meio da leitura de marcos instalados ao longo da via. Essa posição é transmitida via rádio para o equipamento

de via, o qual retorna para o trem até que posição este pode se movimentar. O equipamento do trem, conhecendo a posição da via em que se encontra e até onde pode ir, calcula a máxima velocidade atual que o trem pode ter, e aciona os sistemas de tração e freio para se deslocar de forma segura baseado nessa velocidade. O sistema CBTC possui a vantagem de obter o posicionamento dos trens com mais precisão, permitindo a movimentação mais próxima dos trens, reduzindo o intervalo entre trens.





O sistema de sinalização do Metrô de São Paulo foi desenvolvido na década de 70 pela Westinghouse para a linha 1, tendo o Metrô adquirido, além dos equipamentos, o projeto desse sistema. Ao longo do tempo esse sistema foi sendo aprimorado pelo Metrô e pela Westinghouse e suas sucessoras, as empresas CMW e Alstom, operando atualmente esse sistema nas linhas 1, 2, 3 e 5, permitindo hoje intervalo entre trens inferiores a 120s.

Nos trens das frotas mais modernas em operação do Metrô, frotas G e H e nos 8 primeiros trens modernizados está instalada a versão mais atual do equipamento ATC, o qual foi fornecido pela Alstom junto com o novo sistema de sinalização CBTC nas linhas 1, 2 e 3, nos demais trens modernizados não seria mais instalado o ATC, sendo instalado somente o CBTC.

No processo de adaptação as necessidades do Metrô de São Paulo e implantação do CBTC, o Metrô constatou a que esse sistema não iria operar no tempo previsto, o que ocasionaria atraso ou paralização na modernização dos trens.

Para resolver esse problema foi realizada a modernização dos equipamentos ATC retirados dos trens enviados para modernização, podendo assim esses ATCs serem instalados nos trens modernizados. Este artigo apresenta o trabalho realizado para a

modernização dos ATCs originais das frotas C e D (ATC L/O) para uso nas frotas modernizadas K e L.

DIAGNÓSTICO

O ATC desenvolvido pela Westinghouse para o Metrô de São Paulo está instalado nos carros da extremidade do trem, havendo dois equipamentos ATC por trem. Estes equipamentos realizam as seguintes funções.

- Leitura da velocidade do trem.
- Leitura da velocidade máxima permitida no bloco de via (circuito de via).
- Comando seguro de aplicação de freio ao trem.
- Controle da velocidade do trem.
- Parada automática do trem nas plataformas das estações.
- Abertura automática das portas do trem nas plataformas das estações.
- Comunicação com o equipamento ATO (Automatic Train Operation) de estação, com o envio de informação de identificação do trem, estado das portas do trem e modo de operação, recebimento de carregamento automático de destino do trem e de alteração no nível de desempenho do controle de velocidade do trem.

Os primeiros equipamentos ATC fornecidos pela Westinghouse na década de 70, instalados em 33 trens da linha 1 (frota A), foram construídos apenas com circuitos

analógicos e digitais, não havendo dispositivos programáveis nessa versão do equipamento ATC.

Um segundo equipamento foi desenvolvido para operar em conjunto com o ATC. A função desse equipamento é a de realizar o monitoramento da eficiência dos freios do trem, impondo restrição de velocidade ao trem em caso de falha de freio, e aplicando freio de emergência quando necessário. Esse equipamento foi denominado de DSF (Dispositivo Supervisor de Freio).

A segunda geração de ATC foi fabricada também pela Westinghouse, para implantação em outros 18 trens da linha 1 (também da frota A). Essa geração foi projetada com parte de suas funções sendo executadas por microprocessadores. Essa segunda geração de ATC continuou operando em conjunto com o equipamento DSF.

A terceira geração de ATC foi desenvolvida em conjunto pela Westinghouse e pela empresa nacional CMW para equipar os trens das frotas C e D da linha 3, na época linha L/O.

Nessa geração as funções dos DSF foram incorporadas ao ATC, o qual passou a possuir 4 microprocessadores, 2 para realizar as funções de segurança (ATP, Automatic Train Protection), 1 microprocessador para realizar as funções de controle automático (ATO, Automatic Train Operation) e 1 microprocessador para realizar a comunicação com o ATC da outra extremidade do trem e com o console de operação. Este ATC, denominado ATC L/O, foi instalado na cabine de operação do trem, entre o banco do operador do trem e o salão de passageiros, com acesso frontal pela cabine de operação e acesso traseiro por porta existente no salão de passageiros.

A quarta geração de ATC foi desenvolvida pela Alstom, que adquiriu a CMW, para instalação nos trens da frota E da linha 2. Nessa geração o software do ATC foi aprimorado, passou a utilizar linguagem C, e a quantidade de hardware foi reduzida.

A quinta geração de ATC foi desenvolvida pela Alstom para equipar os trens das frotas F, G e H, onde ocorreu a modificação nos sinais de controle de tração e de freio do trem, redução do volume do equipamento ATC, substituição da interface com o operador do trem composta por lâmpadas para uma tela de computador. Este ATC passou também a realizar de modo automático a imposição de restrição de velocidade em caso de falha de freio em algum carro do trem. Esse ATC foi projetado para ser instalado em um armário elétrico no fundo do primeiro e do último carro do trem, com apenas acesso frontal ao equipamento. A interligação do ATC com o trem passou a ser feita por apenas dois conectores, montados em um módulo adicional do ATC, módulo MTC. Este ATC é baseado em processadores Intel 80C188 e recebeu a denominação de ATCM-188.

O planejamento da modernização dos trens e da implantação do sistema CBTC foi feito considerando-se que quando o nono primeiro trem modernizado fosse entregue ao Metrô o sistema CBTC já estaria operacional, com todos os trens operando sob esse sistema. Porém, a Alstom não conseguiu desenvolver o sistema CBTC para o Metrô no prazo previsto, e o Metrô necessitou buscar uma solução para que o atraso do funcionamento adequado do CBTC não comprometesse o processo de reforma dos trens e principalmente não afetando a oferta de trens para operação comercial. Para os trens das frotas C e D, que operavam na linha 3, a melhor alternativa foi a de realizar a modernização do ATC L/O dessas frotas para que esses ATCs fossem reutilizados nos trens das frotas modernizadas K e L.



AEAMESP



Buscou-se no trabalho de modernização que um trem equipado com o ATC modernizado, devesse ser operacionalmente idêntico a um trem operado com os ATCs de última geração, devendo o mesmo executar as seguintes funções:

- Receber os mesmos comandos do operador.
- Fornecendo as mesmas informações para o operador.
- Receber e fornecer os mesmos comandos e informações para os equipamentos de via.
- Não haver necessidade de treinamentos adicionais ao operador.

Quanto ao funcionamento com a sinalização de via os dois modelos de ATC já eram idênticos, porém haviam muitas mudanças com relação à interface do operador e a interface do ATC com o trem, visto que não haveria mudanças no projeto do trem, sendo assim o ATC modernizado deveria ser adaptado para toda a infraestrutura utilizada pelo ATC de última geração.

Outra dificuldade que teria que ser vencida, era em que local do trem modernizado instalar o ATC das frotas C e D, pois esse ATC tinha as dimensões de 2000mm x 560mm x 440mm, cerca do dobro do ATCM-188 instalado inicialmente nessas frotas. O acesso ao ATC nas frotas modernizadas também era outro problema, pois nessas frotas o ATC é instalado no fundo do carro, com acesso somente a parte frontal do ATC, e o ATC utilizado nas frotas C e D utilizava o acesso frontal e traseiro, disponível nessas frotas.

Outra limitação que deveria ser verificada é que o ATC é o equipamento de sinalização instalado no trem responsável pela movimentação segura do trem, e alterações nesse equipamento são sempre submetidas a análise de segurança, realizada por uma entidade independente. A modernização do ATC deveria afetar o mínimo possível os aspectos de segurança do ATC, reduzindo o tempo e os custos da análise de segurança para

realização dessas modificações. As alterações a serem realizadas no ATC também não poderiam comprometer o nível de segurança apresentado pelo ATC original das frotas C e D.

SOLUÇÕES ADOTADAS

O ATC L/O das frotas C e D possui processadores Intel 8080, programados em Assembly, e baseado no nome do processador o ATC modernizado foi denominado ATC8080M. O ATC L/O possui dois processadores redundantes que realizam as funções de ATP (Automatic Train Protection). Essas funções são basicamente, leitura de velocidade, leitura de velocidade máxima permitida pela via, detecção de sobrevelocidade e aplicação segura de freios, monitoramento do sistema de freios e autorização de abertura de portas com velocidade zero. Nessa parte do ATC, responsável pela segurança do trem, as modificações foram as menores possíveis, ficando restritas a entrada para leitura da chave de operação automática e a alteração de uma tabela utilizada para leitura de velocidade do trem. Para essa leitura há um tacômetro acoplado ao motor do trem, que gera um determinado número de pulsos por volta da roda do trem. A tabela alterada determina, para 16 possíveis diâmetro de rodas do trem, o intervalo de leitura dos pulsos de tacômetro. Ao final desse intervalo a quantidade de pulsos lida, corresponde a velocidade do trem. Ocorre que a quantidade de pulsos gerados por volta da roda do trem não é a mesma nas frotas K, L, C e D, portanto na frota K foi implementada uma nova tabela e na frota L outra tabela. Nas frotas C e D eram idênticas as quantidades de pulsos de tacômetro por volta da roda do trem.



AEAMESP



Como há diferença entre as tabelas de diâmetros de rodas do software das frotas K e L, os softwares da frotas K e L não são iguais. Com isso foi acrescentada ao programa dos processadores de ATP uma rotina que verifica se o software está instalado na frota correta. Em caso de instalação do software na frota errada os freios do trem não serão liberados.

As modificações realizadas no ATP alcançaram o objetivo de tornar essa parte do ATC8080M compatível com as frotas K e L, com reduzidas mudanças de ATP e sem redução do nível de segurança do ATC.

Um terceiro processador é responsável pelas funções de ATO (Automatic Train Operation). Essas funções são controle de velocidade, parada do trem nas plataformas, abertura/fechamento automático das portas e comunicação com a estação. Nesse processador a modificação necessária foi basicamente o ajuste do ponto de parada na plataforma para cada frota.

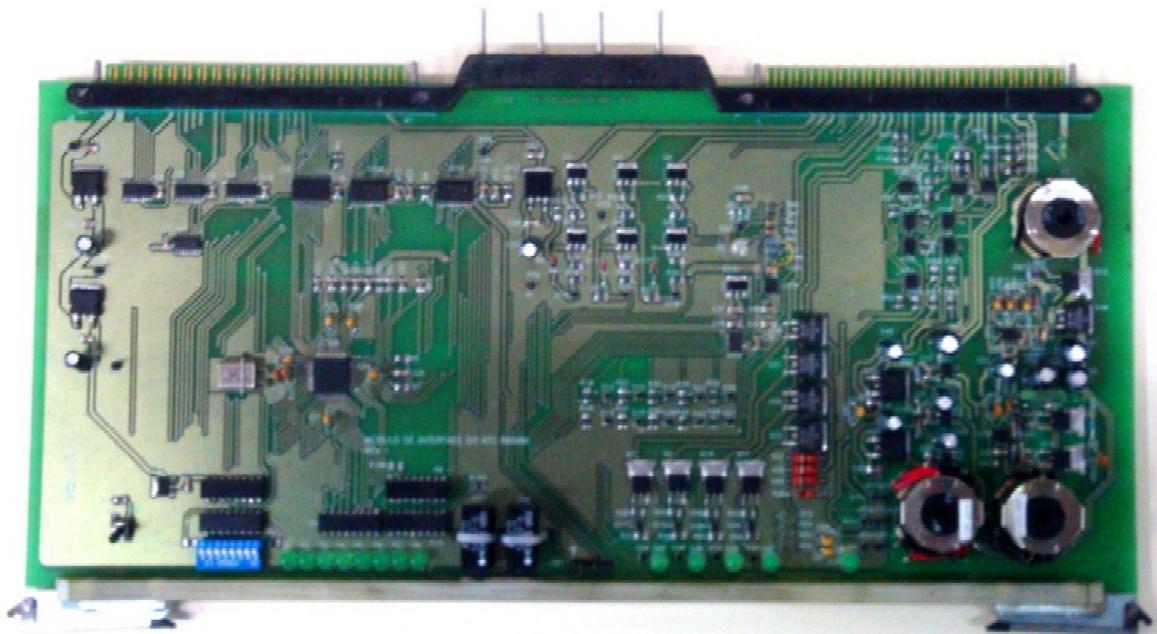
O quarto processador do ATC, montado na gaveta 3, realiza a comunicação com o ATC da outra extremidade do trem, a interface com o operador, verificação se há carros com freios isolados, participa da abertura/fechamento das portas e, na condição de operação no modo redundante, da parada nas plataformas. Na gaveta onde é instalado esse processador foi realizada a maior parte do trabalho de modernização do ATC.

Cada processador do ATC faz parte de uma gaveta, a qual possui um cartão onde o mesmo é montado juntamente com as USARTs, memórias e temporizadores, um segundo cartão com fonte e entradas digitais e um terceiro cartão com entradas e saídas digitais e analógicas. Mais dois ou três cartões compõem cada uma das gavetas do ATC, sendo esses cartões dedicados a funções que devem ser executadas em cada gaveta. Na gaveta 3 do ATC L/O das frotas C e D, além dos três cartões montados em todas as gavetas, eram montados

um cartão para acionamento das lâmpadas indicadoras para o operador (cartão Lamp Driver) e um cartão que possuía um conversor analógico/digital para leitura de uma tensão correspondente ao número de carros do trem com falha de freio (cartão LAO).

As principais modificações elétricas para modernização do ATC foram realizadas na gaveta 3, da qual os cartões Lamp Driver e LAO foram retirados e substituídos por um novo cartão, denominado Cartão Adaptador do ATC8080M, montado na posição original do cartão Lamp Drive. Esse novo cartão possui um microprocessador PIC18F87k90, o qual se comunica com o microprocessador da gaveta 3 através de uma nova rotina implementada no processador da gaveta 3, utilizando os três endereços lógicos de 8 bits empregados anteriormente para acionar o cartão Lamp Driver. Todos os novos circuitos necessários para a adaptação do ATC aos trens das frotas K e L foram instalados nesse cartão.

O cartão adaptador do ATC8080M desenvolvido pelo Metrô é mostrado na figura a seguir:



Módulo Adaptador do ATC8080M

Esse cartão realiza a comunicação do ATC8080M com a nova interface com o operador. Essa interface com o operador era feita nos trens das frotas C e D através da console mostrada a seguir.



Console de Operação das Frotas C e D

Na sinalização das linhas 1, 2 e 3 do Metrô há 8 diferentes velocidades permitidas, 0, 10, 30, 44, 62, 75, 87 e 100km/h. Nos trens das frotas C e D existe uma lâmpada para cada uma dessas velocidades, a qual fornece ao operador a informação de qual a velocidade máxima permitida no trecho em que o trem se encontra. Outras lâmpadas também são acionadas pelo ATC, indicando sobrevelocidade, sinal de parada programada, operação na modalidade manual, operação na modalidade redundante, restrição operacional R1 e restrição operacional R2. O ATC também aciona um ponteiro vermelho junto ao velocímetro, o qual tem a função de indicar a máxima velocidade permitida, levando-se em conta a existência de alguma restrição imposta ao trem. Essas restrições podem ser R1 para um carro com freio isolado, R2 para dois carros com freio isolado ou BX para condição de baixa aderência na via (R1 e R2 acesos simultaneamente).

Nos trens das frotas C e D há também um módulo que apresenta ao operador três dígitos do número de série do trem, dois dígitos correspondentes ao destino do trem e um dígito indicativo do comprimento do trem. Nesse módulo há também uma chave seletora de dois dígitos e um botão destinados ao carregamento manual da informação de destino do trem. Esse módulo se comunica com o ATC através de um canal serial.



Módulo ID Display ATC L/O

Nos trens das frotas modernizadas K e L, as informações para o operador são passadas por uma tela acionada por um microcomputador com sistema operacional Windows. Essa tela é mostrada na figura a seguir.



Tela de Interface do ATC (ADU)

A comunicação entre o ATC e o microcomputador que comanda essa tela é realizada através de um canal RS-485, com pacote de dados pré-definido. Essa tela mostra para o operador a velocidade do trem, os códigos de velocidade máximos da via, indicação de sobrevelocidade, indicação de parada programada, operação manual, operação redundante, restrição operacional R1, restrição operacional R2, restrição de baixa aderência (BX), destino do trem, número de série do trem e valor do ajuste do nível de desempenho recebido da estação.

O microprocessador da gaveta 3 escreve no módulo Adaptador as informações a serem apresentadas ao operador. O microcontrolador do cartão Adaptador envia através de uma interface RS-485 montada no cartão adaptador as informações necessárias ao microcomputador que aciona a tela exibida ao operador do trem.

Quando um carregamento manual de destino é realizado pelo operador do trem, através da tela da ADU, a informação é passada do microcomputador de controle da tela para o cartão Adaptador, via RS-485, e deste para o microprocessador do ATC.

No ATCM-188 a comunicação entre os dois ATCs do trem é realizada por uma interface RS-485. Como essa interface é mais rápida e confiável que a utilizada nos ATCs instalados nos trens das frotas C e D, o ATC8080M também utiliza, por meio do cartão Adaptador do ATC8080M, a comunicação através de uma interface RS-485, possibilitando uma maior, mais rápida e confiável troca de informações entre os ATCs instalados no trem.

Nos trens das frotas C e D, o comando para controle da velocidade do trem enviado do ATC L/O para os sistemas de tração e freio, é realizado por dois sinais de corrente alternada com amplitude de 0 a 100mA. Esses sinais são gerados em um módulo do ATC denominado pelo gerador P e BRK, comandados a partir de um sinal digital de 0 ou 10V, e de



AEAMESP



um sinal analógico de tensão variável de 0 a -10V. Nos trens modernizador o controle da tração e do freio é enviado ao trem por dois sinais digitais de 0 ou 48V, e por um sinal analógico de corrente contínua de 0 a 20mA. No cartão de Adaptação do ATC8080M os sinais originais para controle de tração e freio, são exteriorizados mediante o comando do processador que executa as funções de ATO, são lidos pelo microcontrolador do cartão Adaptador, o qual gera a partir desses sinais, através de interfaces do cartão Adaptador do ATC8080M, os sinais necessários para controle da tração e do freio dos trens das frotas modernizadas K e L.

Nos trens com ATC do Metrô de São Paulo há uma linha que informa para o ATC se há carros do trem com freio isolado, em cada carro em que é isolado o freio é inserida uma queda de tensão de 15V nessa linha. Esta linha nos trens da frota C e D é lida através do cartão LAO e então processada na gaveta 3, onde esse cartão é montado. Em caso de um carro com freio isolado a lâmpada de R1 pisca para o operador, em caso de dois carros com freio isolado é a lâmpada de R2 que pisca, e em caso de mais dois carros com freio isolado é a lâmpada de operação manual que pisca para o operador. A partir da informação dessas lâmpadas o operador deve selecionar na chave de restrição qual restrição é imposta ao trem. No ATCM-188 a imposição de restrição é automática, não há chave de restrição nos trens que utilizam esse ATC. Foi necessário adotar uma solução semelhante no ATC8080M, onde a leitura da linha. Com a informação do número de carros com freio isolado passou a ser feita no cartão Adaptador do ATC8080M. O processamento dessa informação passou a ser executado pelo microcontrolador desse cartão, o qual gera sinais equivalentes aos da chave de restrição, que são aplicados automaticamente ao trem, impondo a restrição mais adequada às condições do trem.

TESTES E DESENVOLVIMENTO DA MODERNIZAÇÃO DO ATC

Os trabalhos para testes e desenvolvimento do projeto de modernização do ATC L/O iniciaram com a implantação de um laboratório onde foram instalados dois equipamentos ATC, um de cada cabeceira do trem, um simulador de sinais de via, sinais de estação e sinais dinâmicos do trem e também uma interface com o operador (ADU), utilizada nos trens modernizados.



Laboratório montado para desenvolvimento da modernização do ATC L/O

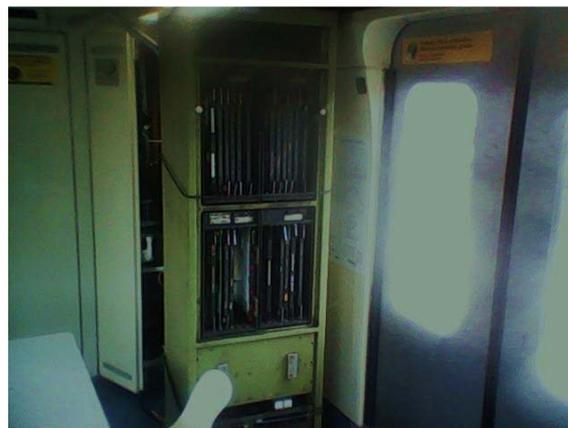
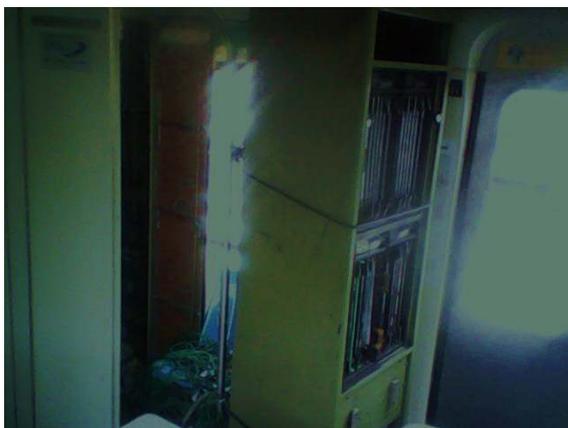
Nesse laboratório foi realizado o desenvolvimento do cartão Adaptador do ATC8080M, do seu software e das modificações de software no ATC8080M para comunicação com o cartão Adaptador.

Após o desenvolvimento das modificações em laboratório, passou-se para a fase de teste no trem. Para isso foi utilizado um trem da frota K (trem K14), para o qual não havia ATC disponível. Nesse trem, um ATC L/O original com as modificações elétricas e de software, foi colocado no salão de passageiros.



Trem protótipo K-14 Frota K-MTTRENS

Esse ATC foi interligado ao trem através dos mesmos dois conectores utilizados para interligar o ATCM-188 ao trem. O processo de desenvolvimento continuou até que se conseguisse operar o trem, controlado a velocidade, parando na plataforma, abrindo/fechando portas e comunicando com a estação. Esse desenvolvimento foi realizado no Pátio Itaquera, utilizando-se os equipamentos da linha de teste desse pátio.



ATC montado no salão de passageiros do trem K14

O próximo passo do projeto de modernização do ATC foi o de instalar o ATC no espaço disponível no trem modernizado da frota K. O ATC montado nos trens das frotas C e D possui toda a sua fiação de interligação montada na parte traseira do equipamento, com a interligação do ATC com o trem sendo realizada pela parte traseira do ATC. Como nos trens da frota K e L não há a possibilidade de acesso traseiro ao ATC, toda a fiação de interligação do ATC precisou ser reprojeta e refeita. A solução adotada foi a de fazer um módulo de conexões a ser montado na lateral do armário elétrico do trem. Esse módulo foi projetado e fabricado com toda a fiação de interligação do ATC, barra de conectores de passagem, algumas placas contendo resistores, capacitores e diodos e os conectores de interligação com o trem que são os mesmos utilizados no ATCM-188, possibilitando com isso que os dois modelos de ATCs, ATCM-188 e ATC8080M, sejam eletricamente intercambiáveis, não havendo diferença elétrica nos trens que usam um modelos de ATCs diferentes.



Módulo de terminações e conexões (MTC).

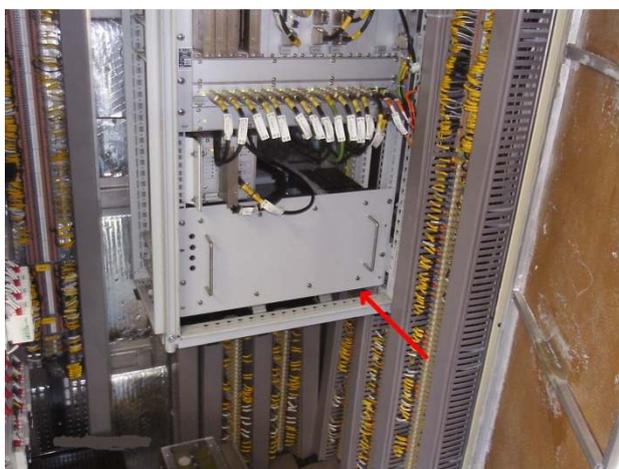
O ATC foi dividido em cinco partes, módulo Pré- Amplificador, Módulo de Reles, Módulo Acelerômetro, Rack com Gavetas e o Módulo MTC.

O módulo pré-amplificador do sinal de via foi deslocado para o mesmo lugar onde é montado nos trens com ATCM-188, sob o console de operação na frota K e sob um banco na frota L.



Módulo Pré-amplificador

Os módulos de reles foram modificados, os reles vitais de aplicação de freio foram mantidos, porém outros reles foram substituídos por reles modernos e menores. Alguns reles utilizados no ATC L/O foram suprimidos, pois esses reles eram utilizados apenas para o modo de condução semi-automático, função que não existe nos trens com ATCM-188. Ao final, conseguiu-se uma redução de 50% no tamanho do módulo de reles, o que permitiu a sua instalação na frota K em um espaço vago ao lado do local de instalação do ATC.



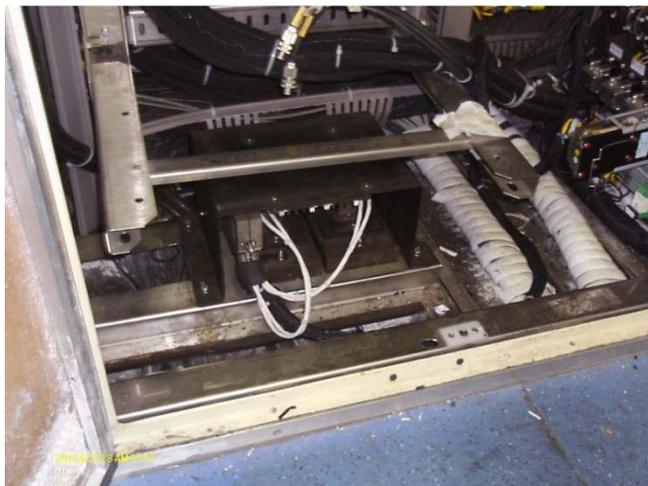
Módulo de Reles

Foi projetado e confeccionado um novo rack para acomodar as gavetas do ATC8080M e este foi instalado no espaço do armário elétrico destinado ao ATCM-188 Alstom.



Rack das Gavetas do ATC8080M

O Módulo de Acelerômetros foi instalado no mesmo local de instalação do ATCM-188, sendo necessário a fabricação de uma nova base de fixação.



Módulo de acelerômetros.



AEAMESP



O Módulo de Reles na frota L, com pequeno deslocamento de alguns equipamentos instalados no trem, foi possível também obter-se espaço suficiente para instalação ao lado do ATC.

As soluções mecânicas adotadas foram obtidas em parceria com o consórcio MTTrens, responsável pela frota K, que auxiliou o Metrô detalhando e confeccionando as peças mecânicas necessárias para a modernização do ATC L/O. A mecânica adotada permitiu a instalação do ATC nos trens da frota K sem retirar nenhum espaço do salão do trem e também sem invadir o espaço destinado à instalação do CBTC no trem.

TESTES FINAIS

Os procedimentos de teste de fiação, teste estático do ATC e teste dinâmico do ATC foram modificados para esse ATC modernizado. Os dois primeiros ATCs modernizados foram instalados no trem K14. Nesse trem foram realizados os testes de fiação, estático e dinâmico, tendo sido realizados os últimos ajustes necessários. Também foram realizados testes na via comercial fora do período de operação, a fim de simular uma operação normal do trem.

Duas análises de segurança foram contratadas para cada frota, uma contratada pelo Metrô e outra pelo consórcio MTTRENS, responsável pela reforma da Frota K. Após as duas análises de segurança das modificações do ATC para a frota K sido realizadas, as quais

comprovaram que não houve redução da segurança no ATC modernizado, o trem K14 foi liberado para entrar em operação comercial em abril de 2013.

Em seguida o trabalho foi reproduzido para a frota L, tendo sido liberado o primeiro trem da frota L com ATC8080M em maio de 2014.



Trem L-31 Frota L – Alstom/IESA



ATC-8080M montado no armário elétrico do trem L-31



AEAMESP



ANÁLISE DE RESULTADOS

Com a modernização do ATC L/O das frotas C e D para uso nas frotas K e L, o processo de modernização da frota de trens do Metrô de São Paulo pode ser mantido sem interrupção. Em julho de 2015 dezesseis trens da frota K e dois trens da frota L operavam na linha 3 com este ATC.

A continuidade da modernização dos trens da linha 3, possibilitou que em julho de 2015 todos os trens em operação nessa linha possuíssem com ar condicionado, melhorando as condições para os usuários dessa linha, a qual possui alto carregamento e longo trecho descoberto.

O custo da modernização do ATC L/O também se mostrou bastante vantajoso, pois o gasto que seria necessário para a compra de ATCs novos para equipar dois trens, é superior ao gasto com engenharia, análise de segurança e fabricação dos componentes necessários para modernizar os ATCs das frotas C e D.



AEAMESP



CONCLUSÃO

O trabalho realizado pela engenharia do Metrô de São Paulo, com a colaboração do consórcio MTTrens e posteriormente do consórcio Alstom/lesa, para modernização do ATC L/O das frotas C e D, para uso nas frotas modernizadas K e L, atingiu os seguintes objetivos:

- Evitar a paralização da modernização das frotas C e D por falta de equipamento de sinalização para os trens modernizados.
- Evitar que o atraso na implantação do CBTC diminuísse a eficiência da operação comercial, possibilitando ao Metrô prover transporte de boa qualidade para seus usuários.
- Adotar uma solução de baixo custo, com o reaproveitamento de equipamentos.
- Tornar o ATC L/O operacionalmente igual ao ATCM-188.
- Permitir a instalação simultânea de ATC e de CBTC nos trens das frotas K e L.
- Não reduzir o espaço destinado aos passageiros nos trens das frotas K e L.
- Não reduzir o nível de segurança apresentado pelos equipamentos de sinalização.



AEAMESP



BIBLIOGRAFIA

- Intel 8080/8085 Assembly – Language Programming – Intel
- PIC 18F87K90 Family Data Sheet – Microchip
- Microcontroladores PIC – Programação em C – autor: Fábio Pereira