



AEAMESP



PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS – *“GAP FILLER”* ILUMINADO

Autores:

Ronan Rodrigues Borges Neto

Leandro da Silva Costa

“21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”

“PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS”

CATEGORIA 3 - TECNOLOGIAS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

TÍTULO: “GAP FILLER” ILUMINADO

INTRODUÇÃO

Inaugurado em 1979, o sistema metroviário da cidade do Rio de Janeiro conta atualmente com trinta e seis estações, sendo dez exclusivas da Linha 1; dezesseis exclusivas da Linha 2; e dez compartilhadas entre as duas linhas. O desenho da rede através da geografia da cidade gerou algumas condições adversas, como estações em curva ou em desnível, que ocasionam diferentes tamanhos de vão entre o trem e a plataforma.

O vão gerado a partir de uma distância entre o trem e a plataforma pode ocasionar incidentes com passageiros, com a possibilidade de ferimentos, danos materiais, tumultos, atrasos e/ou paralizações na operação do sistema. Além do potencial impacto financeiro e

operacional, os incidentes podem prejudicar a imagem da empresa operadora, afetando sua credibilidade junto aos usuários.

Juntamente às questões operacionais, O projeto está em conformidade com o item 5.6.4 (“Vão e desnível entre o trem e a plataforma”) da norma ABNT NBR 14021, de 2005.

Com os objetivos de atender à norma citada e de reduzir o risco de ocorrências de incidentes no vão entre o trem e a plataforma, o Metrô do Rio de Janeiro desenvolveu um projeto de pentes prolongadores de plataforma (“*Gap Fillers*”) com sistema automático de iluminação, que reduzem o espaço do vão e direcionam a atenção dos usuários para evitar quedas e tropeços no momento do embarque ou do desembarque.

Através de pesquisa junto a operadoras de metrô de outras cidades e países, verifica-se que há diversos casos de utilização de complementos de plataforma, quando existe a necessidade. Os materiais utilizados incluem poliuretano, madeira e concreto. Alguns metrôs utilizam linhas luminosas no piso da plataforma, indicando aos usuários onde será o ponto de abertura das portas.



Figura 1- Exemplos de soluções para o vão entre o trem e a plataforma, incluindo complemento fixo e linhas luminosas.

No projeto “*Gap Filler Iluminado*”, foram integrados os complementos de plataforma – que preenchem fisicamente o vão entre o trem e a plataforma – com o conceito de linhas luminosas, que chamam a atenção dos passageiros para o ponto de abertura das portas e para o pequeno espaço restante do vão. A soma destas duas vertentes originou uma solução inédita: os *Gap Fillers Iluminados*.

O material escolhido para a fabricação dos pentes prolongadores de plataforma foi o poliuretano, em módulos de um metro, com alojamento para fitas de LED. A superfície de poliuretano foi produzida sem pigmentação, para possibilitar propagação da luminosidade. O sistema de iluminação foi projetado para funcionar de forma automática, acendendo as luzes quando o trem entra na plataforma e as apagando quando o trem parte.



Figura 2 – Plataforma com *Gap Filler* Iluminado

Na primeira fase do projeto, os *Gap Fillers* Iluminados foram instalados em plataformas de duas estações de grande circulação de passageiros do Metrô do Rio de Janeiro: estação Central (CTR) – localizada no centro da cidade e ponto de integração com os trens urbanos da SuperVia e ônibus do terminal rodoviário da Central do Brasil – e estação Botafogo (BTF) – estação terminal da Linha 2 na Zona Sul.

O resultado desta fase inicial foi altamente satisfatório, com grande aceitação por parte dos usuários, que relataram ter mais visibilidade do vão entre o trem e a plataforma. O número de ocorrências registradas de incidentes no vão diminuiu consideravelmente, chegando a 75% (setenta e cinco por cento) de redução ao se considerar os seis meses anteriores à instalação com os seis meses seguintes (METRÔRIO, 2015). A iluminação dos pontos de abertura de portas também teve impacto positivo para os condutores de trem, facilitando a visualização dos pontos notáveis da plataforma.

A partir dos resultados positivos verificados na primeira fase do projeto “*Gap Filler* Iluminado”, já está em andamento uma segunda etapa, com instalação dos pentes

prolongadores de plataforma com fita de LED em mais cinco estações: Uruguaiana, Carioca, Cinelândia, Saens Pena e Siqueira Campos.

DIAGNÓSTICO

Ao verificar o levantamento feito pelo METRÔRIO (2015) sobre o número de registros de ocorrências de incidentes no vão entre o trem e a plataforma, foi detectada uma oportunidade de diminuição do risco deste tipo de ocorrência. Quando este tipo de incidente ocorre no momento de embarque ou do desembarque, podem ocasionar diversos resultados negativos. Lesões de diferentes níveis de gravidade, desconforto e danos materiais aos usuários são algumas consequências que geram prejuízos à imagem da empresa junto ao público consumidor direto e, potencialmente, repercussão negativa nos meios de comunicação, afetando a imagem da empresa. Dependendo da gravidade da ocorrência, existem até mesmo ações judiciais contra a empresa. Estas ocorrências também podem causar efeitos na operação, quando existe a necessidade de impedir ou atrasar a saída do trem da estação, impactando toda a operação de tráfego de trens.

Na fase inicial de desenvolvimento de uma solução para esta demanda, foi feita uma pesquisa junto a outras empresas operadoras de metrô, através dos grupos Nova/CoMET (associação internacional de metrôs). Os resultados da pesquisa foram variados, demonstrando que não há uma solução padrão adotada pela grande maioria das operadoras.

Entre os metrô da Ásia, há operadoras que optaram por prolongadores fixos na plataforma, seja de concreto, de borracha ou mecânico com operação sincronizada com a abertura das portas (METRÔRIO, 2014).



Figura 3 - Exemplo de metrô asiático com prolongadores mecânicos na plataforma (METRÔRIO, 2014).

A solução de prolongadores fixos na plataforma também é utilizada por metrô da América do Sul (de madeira, borracha ou poliuretano) e Europa (borracha ou mecânico) (METRÔRIO, 2014).

Em alguns metrô da América do Sul, Europa e América do Norte existe uma solução voltada ao preenchimento do vão entre o trem e a plataforma pensada especificamente para acessibilidade de pessoas com necessidades especiais. O acesso ao trem é feito através de uma rampa retrátil instalada na primeira porta do trem, ativada em caso de necessidade.



Figura 4 - Exemplo de solução de rampa retrátil para acesso de PNE em metrô da América do Norte (METRÔRIO, 2014).

A partir da solução de prolongadores fixos na plataforma, já utilizada localmente, optou-se pelo material poliuretano, sendo desenvolvido um sistema inovador de iluminação automatizada.

Os complementos de plataforma foram desenvolvidos em módulos de um metro, com espessura de 35 milímetros, sendo esta medida variável para cada plataforma. Em função da variação da saliência da borda do revestimento de granito da plataforma em relação à borda de concreto, foram previstos quatro tipos de insertos metálicos de diferentes deslocamentos: liso, 15 milímetros, 25 milímetros e 30 milímetros. Os insertos metálicos foram montados em chapas de aço baixo carbono ASTM A-36, com espessura de 5 milímetros (3/16”).

Cada segmento de *Gap Filler* é fixado na região das portas dos trens quando parados por três chumbadores químicos de diâmetro de 16 milímetros, cujo agente fixador é uma resina à base de epóxi ou poliuretano. Toda a parte metálica – barra roscada, porcas e arruelas – é galvanizada a fogo com espessura da camada de zinco superior a 0,1 milímetros.

Deste modo, busca-se obter fixações de alta resistência mecânica e imunes a intempéries e vibrações.

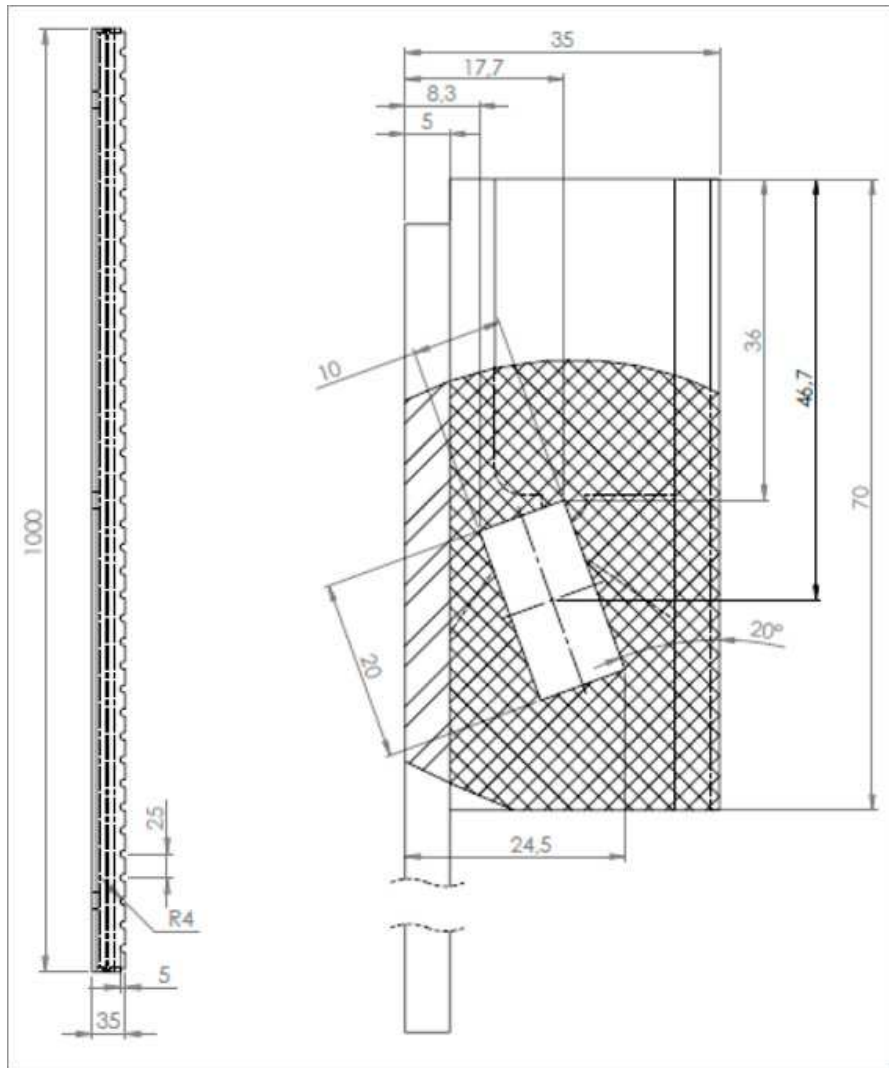


Figura 5 - Vista em planta e vista em perfil do Gap Filler monolítico de 35mm

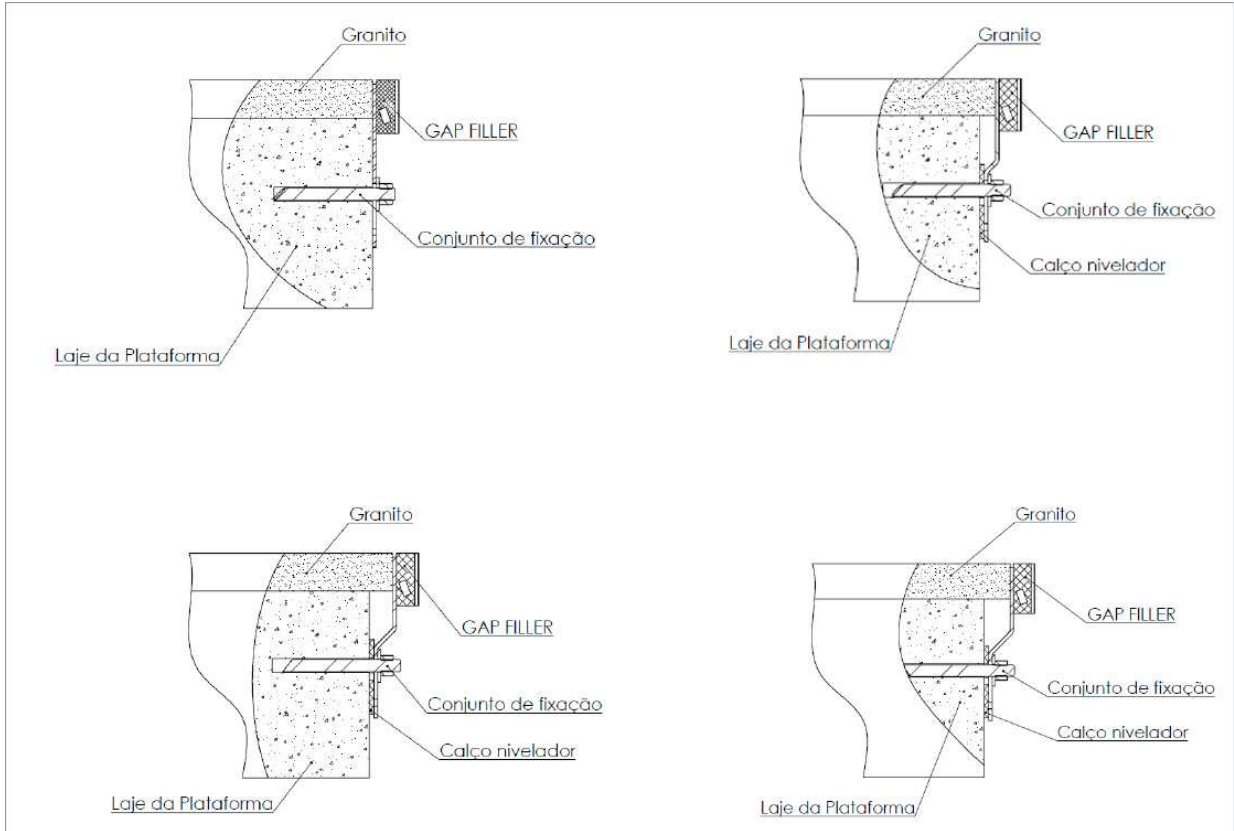


Figura 6 - Montagem do *Gap Filler* monolítico de 35mm com os quatro tipos de insertos metálicos (liso, 15mm, 25mm e 30mm)

Nesta primeira fase, foram instalados 540 *Gap Fillers*, divididos entre as estações Central (CTR) e Botafogo (BTF). Seguiu-se o padrão de noventa segmentos de um metro por cada via, variando-se a quantidade de segmentos por porta de acordo com a variação do centro de porta entre os diferentes modelos de trens que circulam na rede metroviária da cidade.

PLATAFORMAS		PORTAS	QUANTIDADE DE SEGMENTOS	TOTAL GAP FILLERS
CTR	Via 1	01 a 06	4	90
		07 a 12	5	
		13 a 18	6	
	Via 2	01 a 06	4	90
		07 a 12	5	
		13 a 18	6	
BTF	Via 1 Lateral	01 a 06	4	90
		07 a 12	5	
		13 a 18	6	
	Via 1 Central	01 a 06	4	90
		07 a 12	5	
		13 a 18	6	
	Via 2 Lateral	01 a 06	4	90
		07 a 12	5	
		13 a 18	6	
	Via 2 Central	01 a 06	4	90
		07 a 12	5	
		13 a 18	6	

Figura 7 - Definição das quantidades dos *Gap Fillers*

As quantidades da tabela acima servem também de guia para o dimensionamento do sistema de iluminação, desenvolvido para chamar a atenção dos usuários para o vão entre o trem e a plataforma no momento do embarque ou do desembarque. São utilizadas fitas de LED 14W por metro, com o comprimento de quatro, cinco ou seis metros, de acordo com a quantidade de segmentos instalados por porta, com um total de dezoito fitas por plataforma. Para cada fita, é necessária uma fonte de energia de 100W 220Vac-12Vcc. Para possibilitar que o sistema tenha funcionamento automático, é necessário instalar na plataforma um sensor óptico reflexivo, um programador de horário digital, um relé temporizado e uma contatora.

O sistema opera através do sensor óptico reflexivo, instalado em posição central nas vias, responsável pela emissão de um feixe de luz infravermelha não visível pelo olho humano a um espelho refletor localizado no lado oposto da via. Quando este feixe de luz infravermelho é interrompido pelo trem, é acionado o relé temporizado, que por sua vez aciona a contatora, responsável pela alimentação das fitas de LED instaladas ao longo da plataforma. As fitas de LED permanecem acesas todo o tempo em que o trem estiver interrompendo o feixe de luz infravermelha.

O sistema conta ainda com um Programador Horário Digital responsável por ligar e desligar o circuito, tendo o funcionamento apenas no horário de operação, com o intuito a economizar energia e prolongar a vida útil de todo o sistema, em função das passagens de veículos de manutenção e dos trens estacionados nas plataformas nos pernoites.

Para a locação dos sensores que comandam o ligamento/desligamento do sistema de iluminação, foram levantadas as velocidades médias de entrada e saída do trem na plataforma. O trem aborda a plataforma com 50 Km/h e reduz a velocidade quando chega ao meio da plataforma, até a total parada; e quando da saída, ele parte do repouso e atinge uma velocidade alta quando a metade do trem já saiu da plataforma. Assim, conclui-se que o local mais indicado para a locação dos sensores seria no meio da plataforma, pois neste local foi atendido o objetivo do projeto (indicação do vão entre o trem e a plataforma), aperfeiçoando o sistema de forma a gastar menos energia.

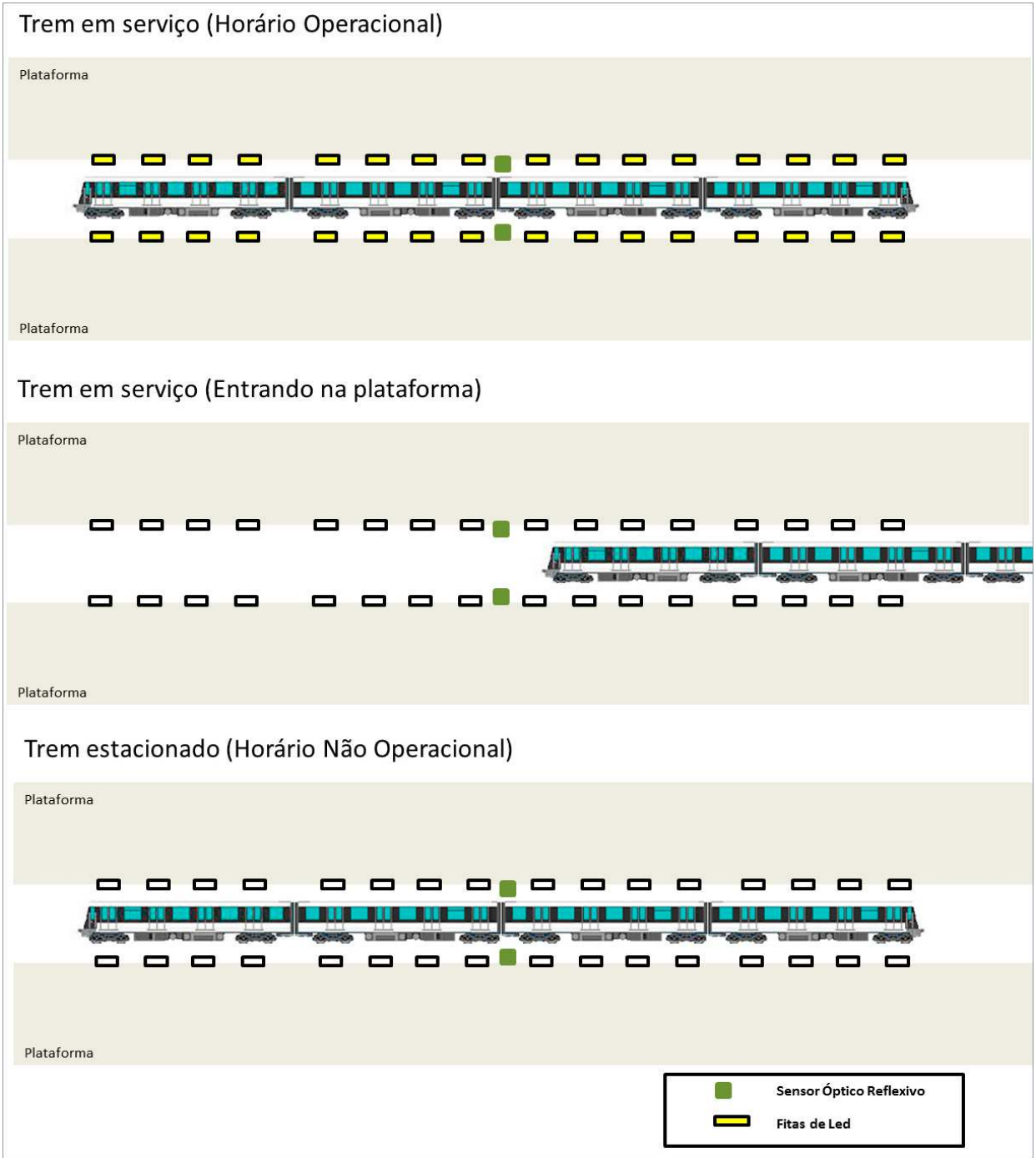
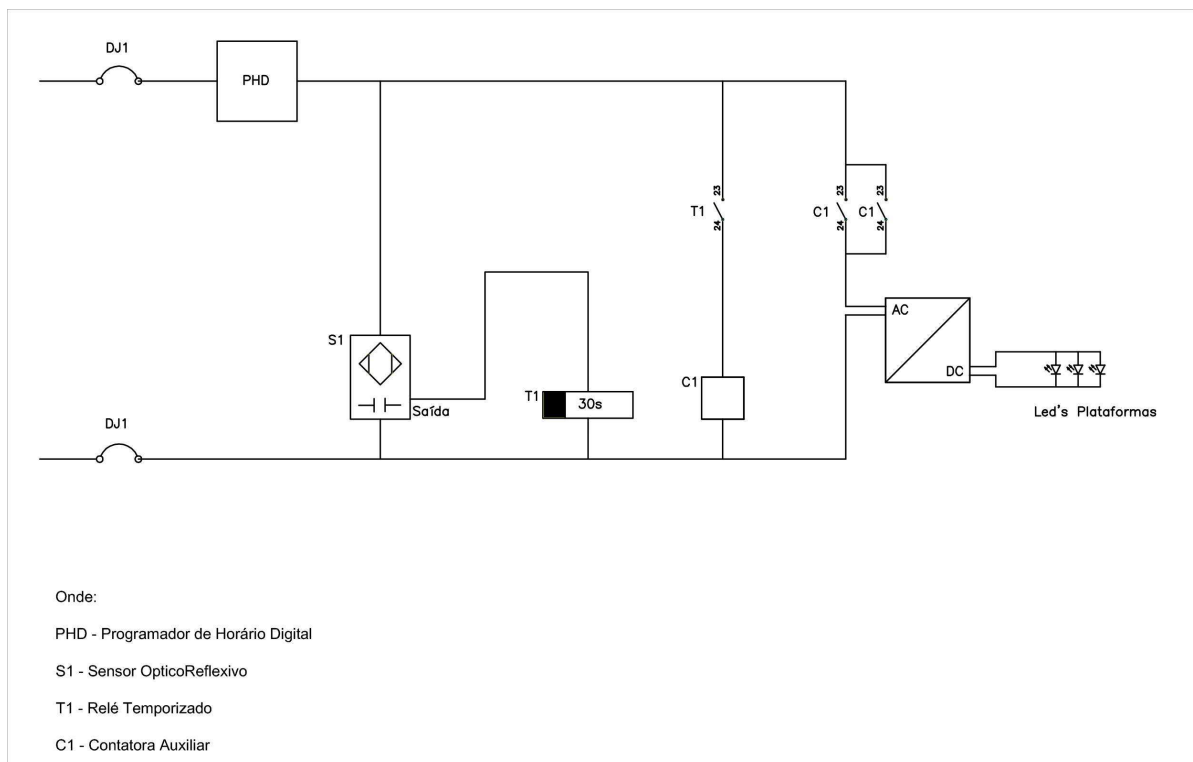


Figura 8 - Diagrama em blocos com demonstração do acionamento dos *Gap Fillers* Iluminados em três diferentes situações



prolongadores de platatorma trouxe uma serie de beneficios resultantes da utilização de LED.

O tamanho compacto dos LEDs e o fato de não possuírem filamento possibilitam a inserção nos *Gap Fillers* sem que a vibração da passagem dos trens reduza sua vida útil. A luz do LED é direcionada e, portanto, mais bem aproveitada. Por não ser necessária uma manutenção preventiva nas fitas de LED e por acenderem apenas na presença do trem, elas possuem vida útil mais longa, promovendo economia e preservação do meio-ambiente (SILVA, 2011, apud LOPES, 2014).

Outro benefício do sistema automatizado de iluminação é o fato de não precisar de interferência humana para sua operação, diminuindo o risco de erros operacionais, o que poderia influenciar na vida útil dos LEDs.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para verificar o impacto da instalação do *Gap Filler* Iluminado nas estações Central (CTR) e Botafogo (BTF), foram avaliados os números levantados pela Área de Operação do METRÔRIO referentes às ocorrências de queda no vão entre o trem e a plataforma. Considerando que a operação com *Gap Filler* Iluminado nestas estações teve início no mês de outubro de 2014, foram considerados nesta avaliação os seis meses anteriores a esta data, no período entre abril de 2014 e setembro de 2014, como representativos da “situação anterior” e os seis meses posteriores a esta data, entre os meses de outubro de 2014 e março de 2015, como representativos da “situação atual”.

De acordo com o levantamento feito pelo METRÔRIO (2015), a estação Central (CTR) teve o total de quatorze ocorrências de queda no vão entre o trem e a plataforma registradas durante o período da “situação anterior”, sendo julho de 2014 o mês com menor número de ocorrências (zero) e agosto de 2014 o mês com o maior número de ocorrências (sete).

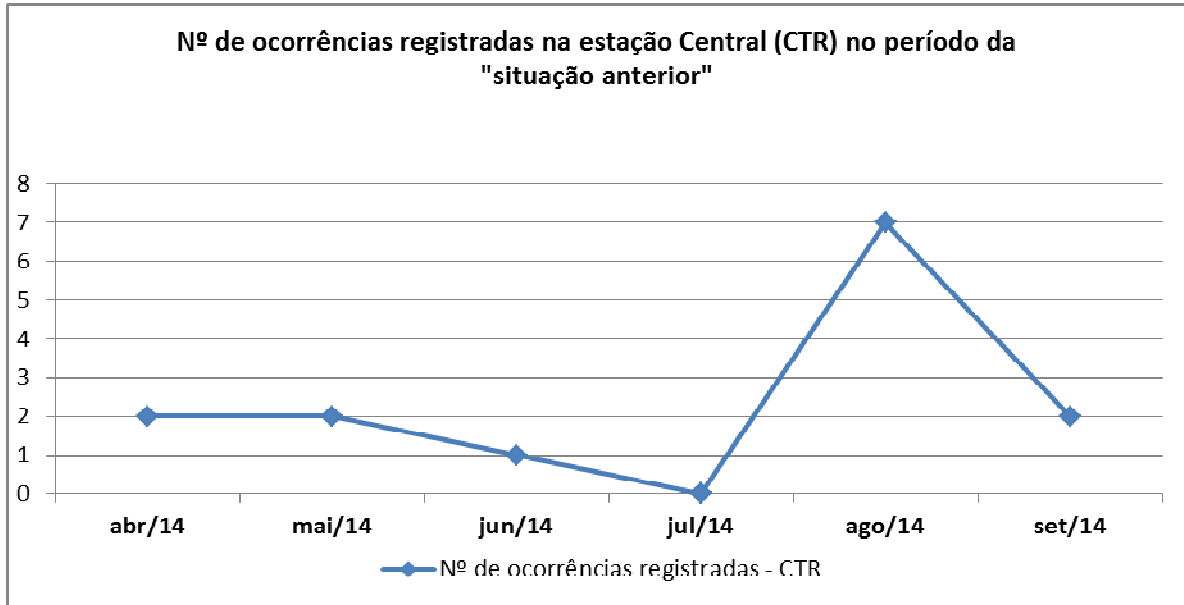


Figura 10 - Gráfico de número de ocorrências registradas pelo METRÔRIO na estação Central (CTR) durante o período da "situação anterior"

Durante o período da "situação anterior", foram registradas seis ocorrências de incidentes no vão entre o trem e a plataforma na estação Botafogo (BTF), sendo junho de 2014 o mês com menor número de ocorrências (zero) e maio de 2014 o mês com maior número de ocorrências (duas).

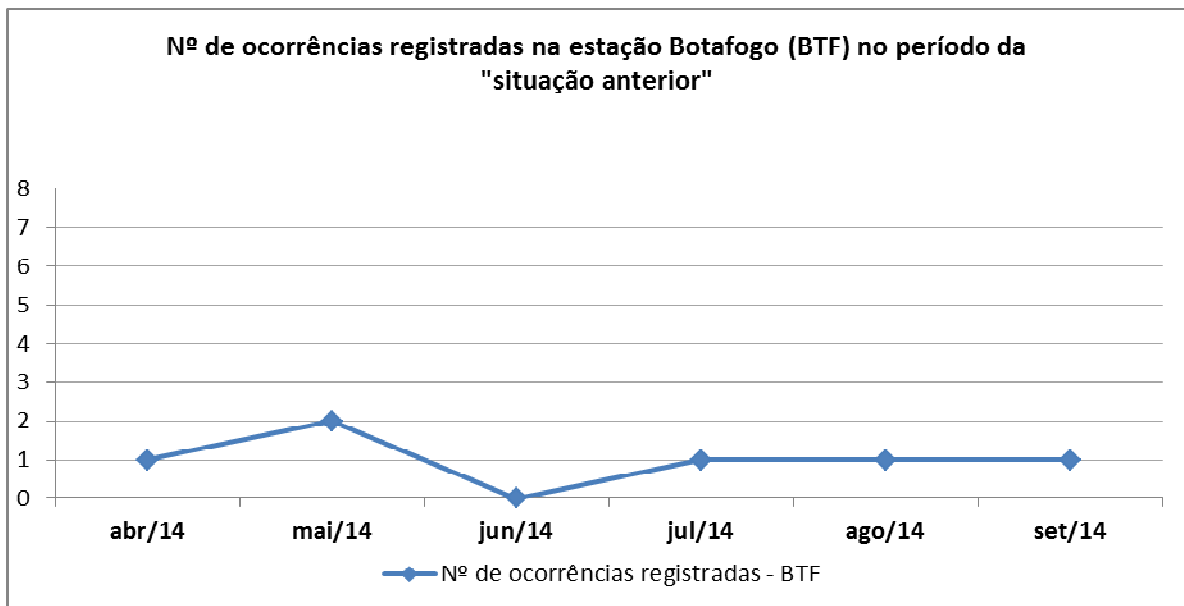


Figura 11 - Gráfico de número de ocorrências registradas pelo METRÔRIO na estação Botafogo (BTF) durante o período da "situação anterior"

Durante os seis meses do período da “situação atual”, foram registradas três ocorrências de incidentes no vão entre o trem e a plataforma na estação Central (CTR), sendo duas no mês de dezembro de 2014 e uma no mês de janeiro de 2015. Nos demais meses, não foi registrada nenhuma ocorrência.

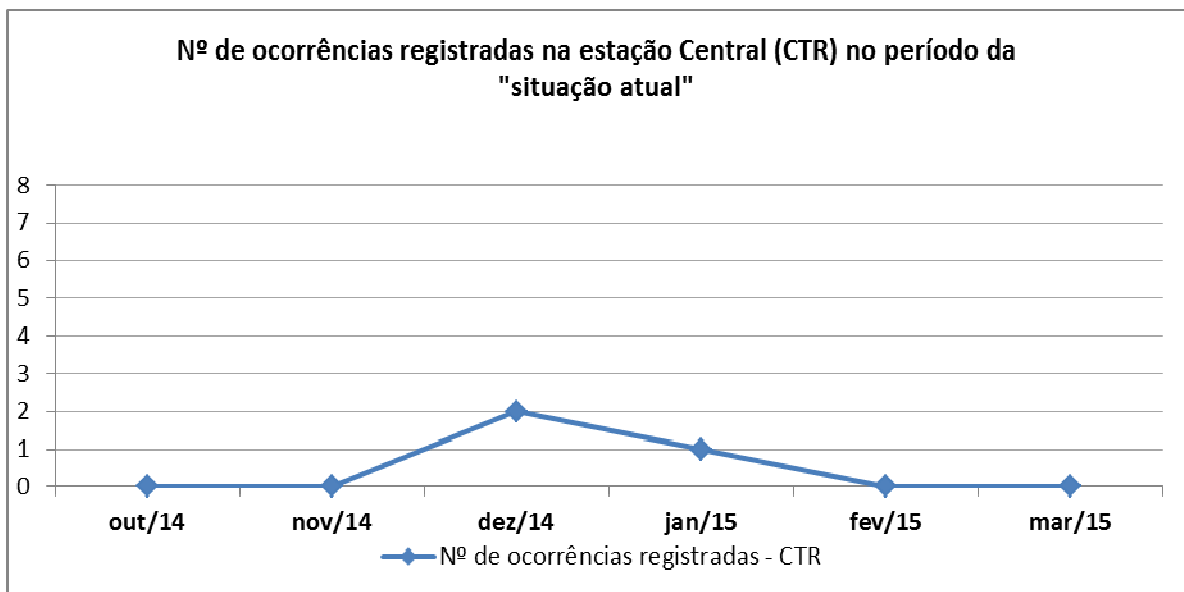


Figura 12 - Gráfico de número de ocorrências registradas pelo METRÔRIO na estação Central (CTR) durante o período da "situação atual"

Na estação Botafogo (BTF), foram registradas duas ocorrências no vão entre o trem e a plataforma, sendo uma no mês de dezembro de 2014 e uma no mês de janeiro de 2015. Nos demais meses, não foi registrada nenhuma ocorrência.

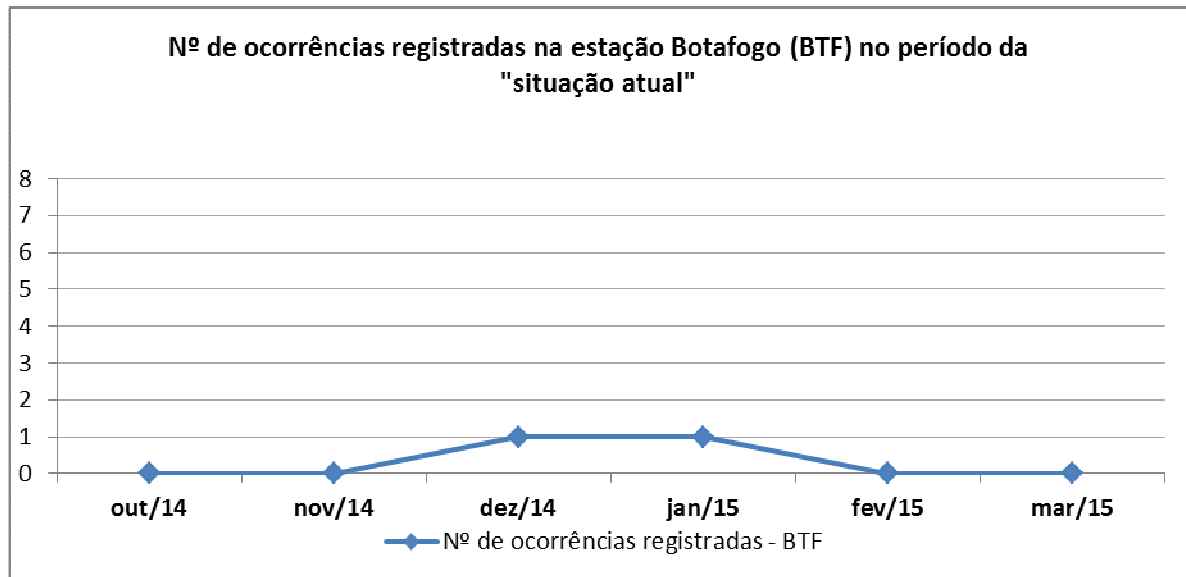


Figura 13 - Gráfico de número de ocorrências registradas pelo METRÔRIO na estação Botafogo (BTF) durante o período da "situação atual"

Comparando-se a soma de ocorrências no vão entre o trem e a plataforma registradas nas estações Central (CTR) e Botafogo (BTF) durante o período da “situação anterior”, verificou-se um total de vinte registros. Durante os seis meses seguintes ao início da operação com Gap Filler Iluminado nas mesmas estações, verificou-se um total de cinco registros de ocorrências. Estes números representam uma queda de 75% (setenta e cinco por cento) no total deste tipo de ocorrências nas duas estações que contam com o *Gap Filler* Iluminado. Avaliando-se o impacto especificamente em cada uma das duas estações, verificou-se redução de cerca de 78% (setenta e oito por cento) no total de ocorrências de incidentes no vão entre o trem e a plataforma na estação Central (CTR) e cerca de 66% (sessenta e seis por cento) de incidentes no número de ocorrências deste mesmo tipo na estação Botafogo (BTF), comparando-se o período da “situação anterior” e da “situação atual”.

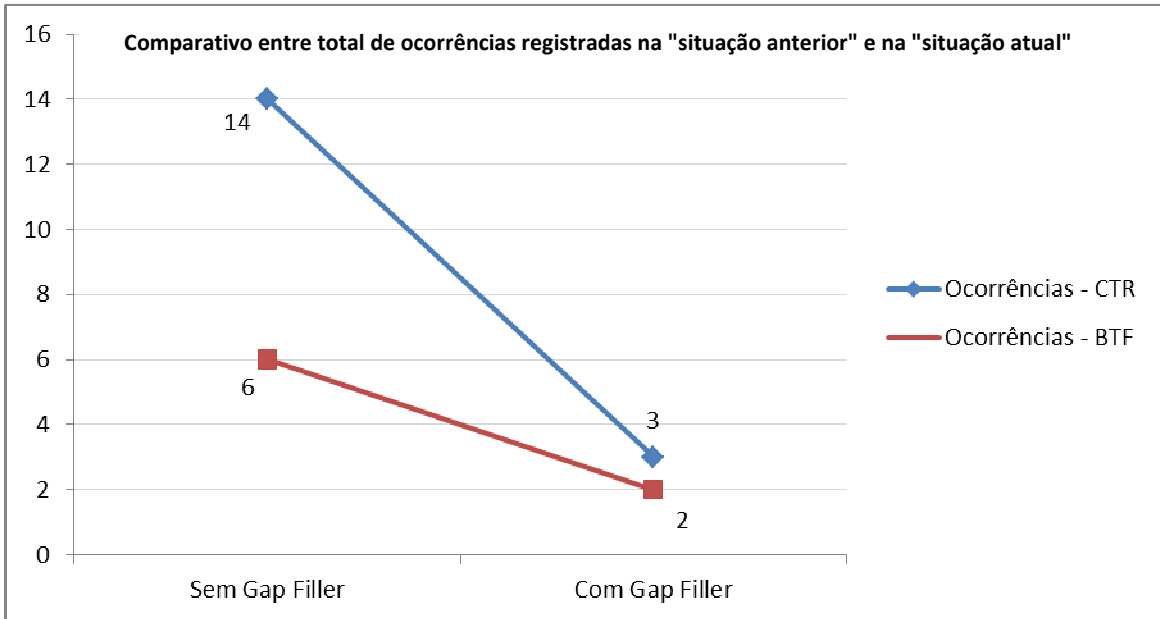


Figura 14 - Comparativo entre total de ocorrências registradas na "situação anterior" e na "situação atual"

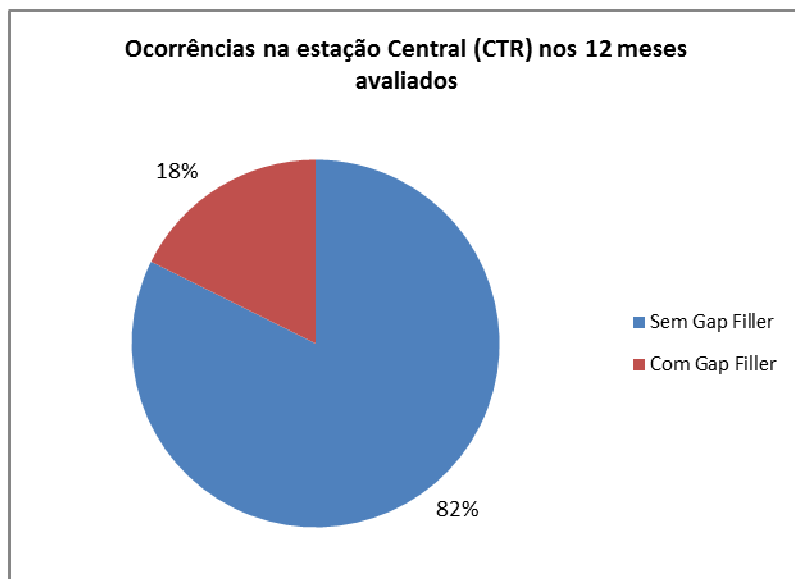


Figura 15 - Percentual de ocorrências registradas na estação Central (CTR) durante os 12 meses avaliados ("situação anterior" e "situação atual")

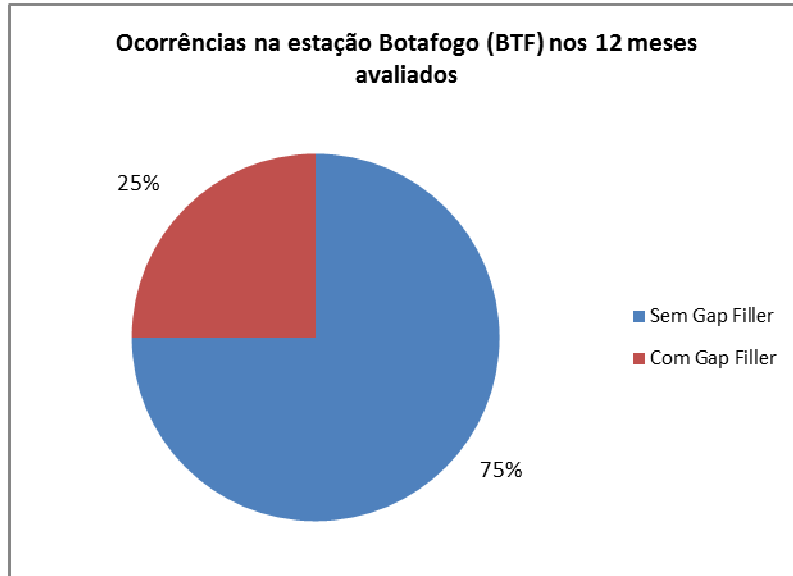


Figura 16 - Percentual de ocorrências registradas na estação Botafogo (BTF) durante os 12 meses avaliados ("situação anterior" e "situação atual")

Considerando que a instalação dos *Gap Fillers* nas estações Central (CTR) e Botafogo (BTF) superou as expectativas, o Metrô do Rio de Janeiro decidiu expandir a solução para outras estações, trazendo mais segurança aos usuários. Atualmente, está em fase de contratação o projeto de instalação dos *Gap Fillers* em outras cinco estações, selecionadas de acordo com um índice de prioridade desenvolvido.

Para realizar a escolha das estações seguintes a contar com os *Gap Fillers*, foi utilizado um índice de prioridade que conta com os seguintes critérios:

- Localização das plataformas (central ou lateral);
- Geometria da via;
- Quantidade de usuários por dia;
- Número de ocorrências com usuários;
- Atendimento à norma ABNT NBR 14021.

	Critério	Pontos
Plataforma	Lateral	1
	Central	2
Geometria	Reta	3
	Curva	4
Média de Usuários por Dia Útil	0 - 5.000	1
	5.001 - 10.000	2
	10.001 - 15.000	3
	15.001 - 20.000	4
	20.001 - 30.000	5
	30.001 - 40.000	6
	40.001 - 50.000	7
	50.001 - 60.000	8
	60.001 - 65.000	9
	65.001 - 80.000	10

Figura 1017 - Tabela com critérios de pontuação para seleção de estações a serem incluídas na segunda fase de instalação dos *Gap Fillers* Iluminados

Utilizando os critérios de pontuação acima para definição de prioridades, foram selecionadas as seguintes estações:

- Siqueira Campos (SCP) – estação em curva, quantidade média de usuários por dia útil acima de vinte mil e quantidade de ocorrências registradas com usuários nos últimos seis meses relevante;
- Saens Peña (SPN) – estação com plataformas central e laterais, quantidade média de usuários por dia útil acima de trinta mil e com ocorrências de incidentes.
- Cinelândia (CNL) – estação com plataformas centrais e quantidade média de usuários por dia útil acima de quarenta mil;
- Uruguaiana (URG) – estação em curva, com quantidade média de usuários por dia útil acima de cinquenta mil, quantidade de ocorrências registradas com usuários nos últimos seis meses muito relevante;

- Carioca (CRC) – estação com plataformas centrais e laterais, quantidade média de usuários por dia útil acima de sessenta e cinco mil, quantidade de ocorrências registradas com usuários nos últimos seis meses relevante.

CONCLUSÕES

A segurança dos usuários é uma das questões prioritárias para a empresa operadora. O risco de incidentes gerados pelo vão entre o trem e a plataforma no momento de embarque e desembarque de passageiros necessitava de uma solução eficiente e exequível em termos financeiros e tecnológicos.

A falta de um padrão internacional para preenchimento do vão entre o trem e a plataforma representou um desafio para a Diretoria de Engenharia do Metrô do Rio de Janeiro, levando à necessidade de desenvolvimento de um projeto inovador, que estivesse em conformidade com a norma de acessibilidade ABNT NBR 14021 e mitigasse o risco das ocorrências nas plataformas. Como um benefício adicional, a iluminação dos *Gap Fillers* melhorou a visibilidade dos condutores em relação aos pontos de parada das plataformas.

A integração entre os pentes prolongadores de plataforma de poliuretano e a iluminação automatizada em LED, instalada em duas estações no ano de 2014, vem atendendo às expectativas de diminuição de incidentes nos primeiros meses de funcionamento. A baixa de 75% (setenta e cinco por cento) nas ocorrências registradas nas estações com *Gap Fillers* Iluminados instalados, na comparação entre os seis meses

anteriores à instalação e os seis meses seguintes, representa um resultado positivo que incentivou a expansão do projeto para mais cinco estações.

A instalação do *Gap Filler* Iluminado nas cinco estações descritas acima está prevista para acontecer entre os meses de setembro de 2015 e abril de 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14021*: transporte – acessibilidade no sistema de trem urbano ou metropolitano. Rio de Janeiro, 2005.

LOPES, Leonardo Barbosa. *Uma Avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Pública*, 2014. In: SILVA, Mauri Luiz da. *A Luz dos Novos Projetos*. Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 2011.

METRÔRIO. Coordenação da Gestão da Informação, Relatório de Benchmarking. **Relatório**. Rio de Janeiro, 2014.

METRÔRIO. Coordenação de Obras, Vias e Equipamentos, Relatório de Acompanhamento de Ocorrências. **Relatório**. Rio de Janeiro, 2015.