



AEAMESP



ESTUDO DO FLUXO DE USUÁRIOS NAS ESTAÇÕES DA CPTM

Rodrigo Morganti Neres

Fernando Galego Boselli



AEAMESP



20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

CATEGORIA 1

ESTUDO DO FLUXO DE USUÁRIOS NAS ESTAÇÕES DA CPTM

Fernando Galego Boselli

Rodrigo Morganti Neres

1. Introdução

O estímulo ao aumento da oferta e o conseqüente incremento da demanda de usuários do sistema metroferroviário na região metropolitana de São Paulo, aliado ao crescimento do nível de serviço e à expansão da rede, exigem uma nova abordagem quando se trata do projeto de estações.

Diante dos recursos tecnológicos atualmente disponíveis e das possibilidades que se apresentam, é de se imaginar que a utilização destas novas ferramentas acabaria por se incorporar às práticas da empresa, sobretudo no que tange ao projeto de estações, e mais, ao uso e apropriação destes espaços por pedestres e usuários, coisa que nem sempre, dada sua relevância e importância, foi assunto que teve tratamento que o tema requer.

De fato, o ganho obtido, não somente por possibilitar a análise do fluxo de pedestres e permitir intervenções e adequações em equipamentos já existentes, prolongando sua vida útil e otimizando estruturas que se encontram instaladas, bem como a capacidade de antever, ainda na fase de projeto funcional, como determinada estação poderá se comportar quanto ao deslocamento de usuários em suas áreas de acesso e distribuição, é imenso, e estabelece, definitivamente, uma nova fase quando se fala em projeto de estação.

Estes novos conceitos e possibilidades de atuação proporcionados por essas ferramentas são ampliados quando, a partir do momento da escolha de determinada solução tecnológica, opta-se,



AEAMESP



também, por toda uma metodologia de implantação, que passa pela aquisição das licenças de software e atividades dela decorrentes, somado a um grande esforço no sentido de capacitar técnicos de diferentes áreas da empresa, envolvendo quadros das áreas de projeto, operação e novos negócios, dada a diversidade de aplicação dos usos desta ferramenta.

Isto reforça a importância que a empresa tem dado à implantação e uso de novas tecnologias, em especial, neste caso, aplicadas às estações, já que softwares de simulação de demanda têm sido amplamente utilizados há vários anos para dimensionamento de novas linhas e estações, porém, com um enfoque diferente das ferramentas de simulação de fluxos de pedestres.

O desafio que se coloca agora é consolidar esta ferramenta na empresa e inseri-la nas diferentes áreas que foram capacitadas e treinadas. A simulação e estudos de fluxos de pedestres nas estações, é, agora, uma realidade para a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – CPTM.

2. Utilização do software Legion como ferramenta de trabalho e suas aplicações

Um dos instrumentos da CPTM para a análise das estações existentes e futuras é a simulação dinâmica de pedestres com o uso do software Legion.

O software está sendo utilizado pela CPTM para análise de estações e será apresentado neste trabalho o caso estudado da estação Corinthians-Itaquera, como exemplo de alteração implantada na estação decorrente da análise de modelagem dinâmica.

O software Legion simula o movimento de pedestres de forma quantitativamente verificável, tendo em vista a interação dos indivíduos uns com os outros e com os obstáculos físicos do ambiente. No software, o comportamento atribuído às entidades é baseado em uma coleção de medições de pedestres com mais de 1.000 horas de filmagens de vídeo e mais de 8 milhões de deslocamentos de pedestres em cenários diversos. O Legion incorpora esta vasta gama de dados para desenvolver



AEAMESP



algoritmos computacionais precisos, que são calibrados de acordo com as observações e validados de acordo com os movimentos de pedestres reais.

Desta forma, o modelo gerado reproduz a dinâmica complexa de movimentos de pedestres e é capaz de recriar precisamente o ambiente e as atividades encontradas em locais reais. Estas características tornam o Legion uma ferramenta única de simulação dinâmica de pedestres e altamente indicada para análise de estações de transportes, pois consegue modelar cada passageiro como uma entidade individual, que apresenta características próprias de velocidade, conhecimento da estação, necessidade de serviços, etc.. Desta maneira, o software simula o comportamento das entidades com características randomicamente diversas, o que faz com que a modelagem represente realisticamente o comportamento dos usuários na estação, seja ela existente ou ainda em projeto.

Dentre as principais avaliações que podem ser feitas a partir do modelo estão:

- Avaliação espacial de projetos novos e reforma de estações existentes;
- Análise do fluxo de transferências entre modos de transporte;
- Avaliar o impacto de diferentes níveis de demanda de usuários;
- Estratégias operacionais em eventos esportivos, culturais e de entretenimento;
- Impacto oriundo da alteração da grade operacional e intervalo entre trens;
- Formas de evacuação das estações em caso de emergência.
- Situação de interrupção do serviço e irregularidades operacionais;
- Projeto e locação de pontos comerciais e pontos de venda de bilhetes;
- Projeto de comunicação visual e sistema de CFTV.

Vídeos com a movimentação de usuários, mapas de densidade de utilização de espaço, gráficos e tabelas são os produtos obtidos com o software. Com os resultados é possível avaliar objetivamente os seguintes pontos de uma estação:

- Eliminação de pontos críticos e de confronto de fluxo de pedestres;
- Dimensionamento de áreas de plataforma e saguões;



AEAMESP



- Dimensionamento e posição dos bloqueios;
- Dimensionamento e posição de bilheterias;
- Dimensionamento, posição e sentido de escadas fixas e rolantes;
- Dimensionamento e posição dos acessos à estação;
- Dimensionamento de corredores e espaços de circulação;

Além das simulações em estações metroferroviárias, o software é indicado para projetar, testar e validar uma grande variedade de locais com deslocamentos de pedestres, tais como: terminais de ônibus; aeroportos; ginásios/estádios de esportes; grandes eventos internacionais, por exemplo, Jogos Olímpicos e Copa do Mundo de Futebol; deslocamentos em ruas e avenidas, incluindo interação com o tráfego de veículos; evacuação de edifícios.

3. Legion na CPTM

Está em curso na CPTM desde agosto de 2013 o desenvolvimento da modelagem dinâmica e análise de 22 estações da CPTM. Foram selecionadas dez estações em operação para o estudo, sendo oito delas integradas com o metrô (Luz, Brás, Barra Funda, Corinthians-Itaquera, Pinheiros, Santo Amaro, Tamanduateí e Tatuapé), e outras duas de grande fluxo de usuários nos dias úteis (Guaianazes e Grajaú).

As outras doze estações estão em fase de projetos (Bandeirantes, Bom Retiro, Penha, Gabriela Mistral, Água Branca, Lapa, Imperatriz Leopoldina, Mauá, São Caetano, Santo André, Itaquaquecetuba e Engenheiro Goulart).

4. Metodologia de análise de estações

- 4.1. Etapa 1 – Coleta e validação de informações, dados, premissas, análise de projeto e visitas de campo



AEAMESP



Anteriormente ao processo de modelagem, o trabalho se inicia com a coleta de informações, tendo como objetivo a produção de um modelo que reproduza a operação da estação existente com fidelidade. A fim de garantir que os resultados do modelo apresentem de forma mais fiel possível a situação base de cada estação, a primeira etapa da metodologia de trabalho é composta pela análise dos projetos de arquitetura e visita de campo para reconhecimento da estação. Com o acompanhamento da equipe responsável pela operação é possível conhecer estratégias operacionais, gargalos e situações típicas encontradas no funcionamento da estação.

Após o desenvolvimento das atividades iniciais de reconhecimento das estações, dá-se início ao processo de elaboração do modelo dinâmico de cada uma delas. São necessários dados, informações e premissas que são definidas em conjunto com a equipe operacional, de projeto e planejamento, e como algumas informações estão relacionadas ao funcionamento da estação são necessárias vistorias de campo para consolidação das mesmas. Dentre as principais informações necessárias estão:

- Dados de demanda, como entrada e saída de usuários no decorrer do dia, para identificação da hora de maior movimento da estação;
- Nas estações em operação foram realizadas contagens volumétricas na hora pico da manhã e tarde das estações, a fim de identificar distribuição dos usuários pelas escadas fixas e escadas rolantes de acesso às plataformas;
- Intervalo médio entre trens;
- Tempo médio de porta aberta para embarque e desembarque;
- Tempo médio de embarque;
- Capacidade máxima dos trens;
- Lotação média dos vagões em cada estação;
- Capacidade dos bloqueios;
- Distribuição média dos usuários por sentido;



AEAMESP



- Distribuição média dos usuários na plataforma;
- Distribuição média dos passageiros pelos pontos de acesso às plataformas.

Vale lembrar que quanto mais detalhados e precisos forem os dados, mais confiáveis e refinados serão os modelos produzidos, desta forma as informações de entrada elencadas acima são parte fundamental do trabalho, pois abastecem o modelo. Destaca-se a importância das reuniões com as equipes responsáveis da CPTM nas quais foram discutidas as operações das estações em dias típicos e os principais pontos críticos de cada uma delas.

Com todos os dados coletados estas informações são então consolidadas, apresentadas e validadas junto às equipes envolvidas, sobretudo esclarecendo eventuais dúvidas referentes aos dados de demanda, que são apresentados em uma matriz de origem destino dos usuários que serve como base de informação de entrada para o modelo dinâmico.

4.2. Etapa 2 – Construção do modelo dinâmico

Para as estações em operação são simulados três cenários – atual, 2014 e 2025 – e para estações em projeto é avaliado apenas o cenário 2025. O cenário base reflete a situação atual das estações em operação e o cenário 2025 das estações em projeto, desta forma os modelos foram calibrados a fim de refletir da melhor forma possível a situação existente nas estações em operação e a situação proposta para a estação em projeto.

Nas estações em operação o modelo do cenário atual tem um papel fundamental, uma vez que ele servirá de base para a avaliação dos cenários futuros e de possíveis alternativas de projeto ou operação. Se este modelo não refletir a operação e os pontos críticos observados na estação, é provável que haja distorções nas análises dos cenários futuros e das alternativas. Portanto, após a validação dos cenários base dá-se início ao processo de elaboração dos modelos dos cenários 2014, 2025 e alternativas de melhorias.



AEAMESP



4.3. Etapa 3 – Análises e resultados

De maneira geral, os resultados permitem avaliar alguns aspectos como: principais pontos de formação de filas e as áreas críticas; desempenho das áreas em função dos padrões de serviço recomendados e uso do espaço disponível dentro da estação.

A avaliação dos resultados dos cenários atual e futuros é realizada através de produtos que o software gera, dentre os quais os principais são: vídeo de movimentação das entidades, mapas de densidade média acumulada e tempo médio de deslocamento das entidades.

Os mapas de densidade média ilustram as densidades médias observadas em cada área e são importantes para avaliar o desempenho geral da estação frente aos Níveis de Serviço. Já os mapas de densidade máxima por período mostram o tempo que as áreas permanecem com níveis de serviço acima dos níveis desejados, o que ajuda a entender as medidas que podem ser tomadas para resolver estes possíveis problemas.

Para a análise dos mapas de densidade, o software utiliza a escala FRUIN de Nível de Serviço que é dividida em 6 categorias, de A a F, indicando dos melhores aos piores Níveis de Serviços. A escala original classifica como Nível de Serviço F densidades superiores a 2,17 pessoas por metro quadrado, porém, para os estudos das estações da CPTM o Nível F foi subdividido em 4 subgrupos, de forma a representar mais detalhadamente densidades de 4 a 10 pessoas por metro quadrado, que são densidades atualmente observadas nas estações.

Nível de Serviço	Cores	Densidade (pessoas/m ²)
LoS A		0,00
LoS B		0,31
LoS C		0,43
LoS D		0,72
LoS E		1,08
LoS F1		2,17
LoS F2		4,00
LoS F3		6,00
LoS F4		8,00
		10,00

Figura 1 – escala Fruin de níveis de serviço

Para a análise dos resultados apresentados foram considerados os parâmetros utilizados pela Network Rail, do Reino Unido, que estão apresentados no documento ‘*Station Capacity Assessment Guidance*’ publicado em 2011. Ressaltando que este documento foi considerado como base para as análises, pois atualmente não há um documento local que apresente parâmetros de avaliação das estações com base nos Níveis de Serviço. O principal parâmetro utilizado para análise foi adotar o nível de serviço C como recomendado para avaliação dos mapas de densidade média.

5. Estudo de caso Estação Corinthians-Itaquera

5.1. Etapa 1 – Coleta e validação de informações, dados, premissas, análise de projeto e visitas de campo

O conteúdo apresentado neste tópico está relacionado ao funcionamento atual da estação em operação e, como já foi frisado, é essencial para a construção do modelo base, que uma vez validado, serve como padrão para a análise de possíveis alternativas e cenários futuros.

Inicialmente foram analisados os dados de embarques e desembarques da estação por hora em um dia médio de Novembro de 2012, mês que foi realizado a pesquisa embarque e desembarque mais

recente nas estações. Desta análise optou-se por desenvolver o modelo no pico da tarde, uma vez observado que o volume total de passageiros na estação é maior e que também há maior concentração de desembarques neste período, como mostra o gráfico a seguir.

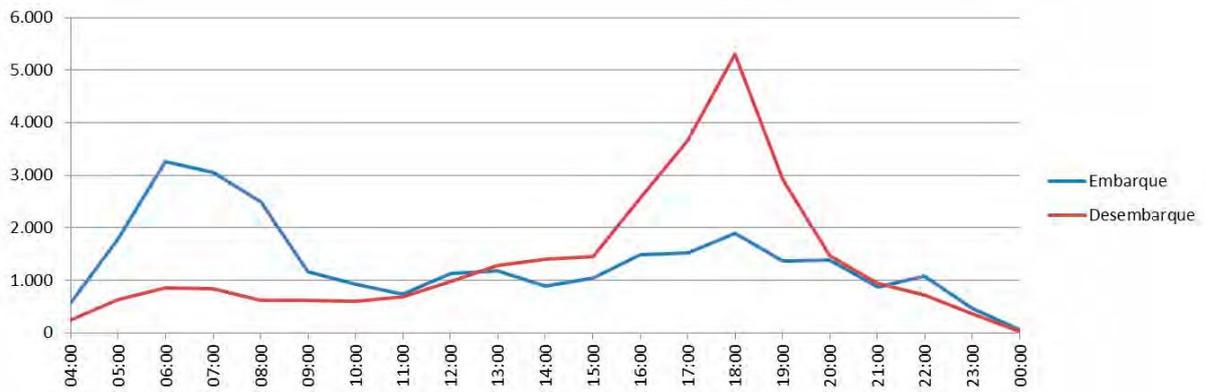


Figura 2 – gráfico com perfil de embarques e desembarques da estação

Após a definição da hora pico da estação, foi analisando o perfil de 15 em 15 minutos a fim de definir qual seria a hora efetivamente mais carregada da estação, que deveria ser modelada. O gráfico a seguir mostra a demanda de acesso à estação indicando o maior volume de acesso entre as 17:45h e 18:45h.

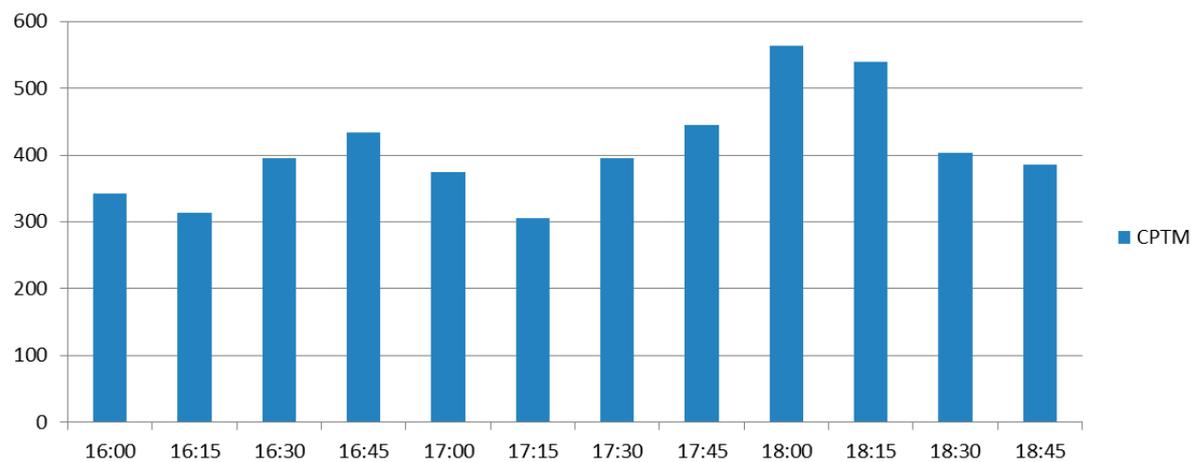


Figura 3 – acesso à estação no período da tarde

Por fim, foi feita a análise das informações do volume médio de dia útil na estação, na qual ficou claro que, como era esperado, há períodos do ano em que a média do volume embarcado é mais

elevada. O gráfico abaixo ilustra a variação do volume médio de um dia útil no ano de 2012 observado na estação Corinthians-Itaquera.

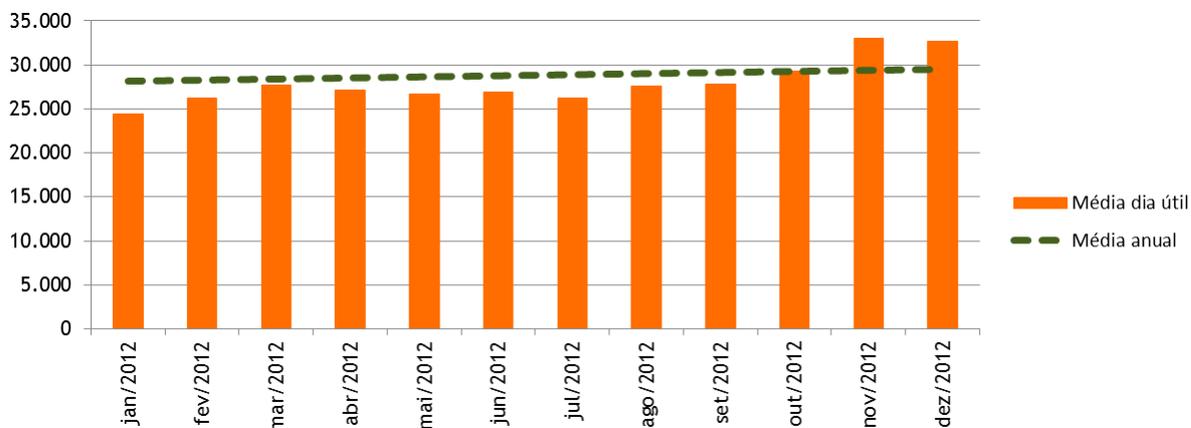


Figura 4 – variação do movimento médio da estação ao longo de 2012

Como pode ser observado no gráfico acima, há uma clara sazonalidade na demanda da estação, o que faz com que seja necessário que todas as informações sejam ajustadas para a mesma base. Vale destacar que a transferência gratuita entre CPTM e Metrô se iniciou em 22/10/12, por isso a diferença no volume médio nos três últimos meses do ano de 2012.

A fim de que os efeitos sazonais não tenham impacto negativo nos resultados do estudo, todos os dados considerados foram dessazonalizados de acordo com os fatores apresentados abaixo.



AEAMESP



Mês	Fator de diferença
jan/2012	-12,6%
fev/2012	-6,3%
mar/2012	-1,0%
abr/2012	-3,0%
mai/2012	-4,5%
jun/2012	-3,8%
jul/2012	-6,4%
ago/2012	-1,6%
set/2012	-0,5%
out/2012	4,8%
nov/2012	18,1%
dez/2012	16,8%

Tabela 1 - fatores de sazonalidade

A partir dos dados consolidados, foi aplicado um fator de crescimento 2012-2013 de acordo com as informações de demanda do ano de 2013. Devido à integração gratuita entre CPTM e Metrô, a taxa de crescimento adotada para esta estação foi de 34,9%. Mesmo com tal crescimento de demanda, a transferência gratuita entre CPTM e Metrô até o momento não acontece nos períodos de pico, sendo liberada nos dias úteis entre 10:00 h e 17:00h e entre 20:00h e 0:00h.

Da análise dos dados acima apresentados foi ratificado que o pico da tarde, entre 17:45h e 18:45h, é o mais crítico para esta estação, uma vez que além do maior volume de usuários há também restrição física para o embarque dos passageiros sentido Guaianazes. Os dados finais de demanda da estação que foram incorporados no modelo são:

- Total de embarques na hora pico tarde: 1.979 passageiros
- Total de desembarques na hora pico tarde: 4.964 passageiros
- Total de passageiros na estação na hora pico tarde: 6.943 passageiros

Abaixo está a matriz Origem/Destino que detalha os dados de demanda consolidados.

O/D	Saidas CPTM	Saida Metrô	Embarque Plataforma 2	Embarque Plataforma 1	Total
Entrada CPTM	0,0%	0,0%	24,4%	2,7%	27,1%
Entrada Metrô	0,0%	0,0%	1,3%	0,1%	1,4%
Desembarque Plataforma 2	61,1%	3,2%	0,0%	0,0%	64,3%
Desembarque Plataforma 1	6,8%	0,4%	0,0%	0,0%	7,1%
Total	67,9%	3,6%	25,7%	2,9%	100,0%

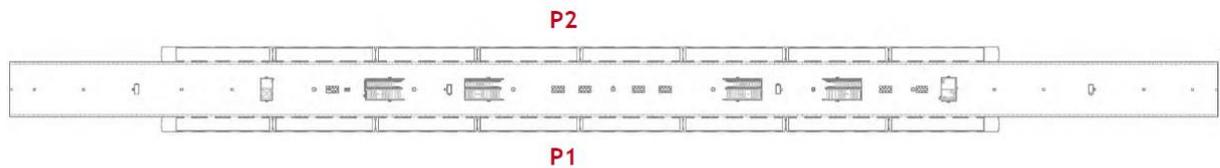
Tabela 2 - matriz origem/destino

Da análise do projeto e das visitas em campo da estação confirmou-se a seguinte conformação dos pontos de acesso da estação e transferência entre CPTM e Metrô, assim como a quantidade de bloqueios e guichês de bilheteria.



Figura 5 – configuração dos acessos e saídas da estação Corinthians-Itaquera

A conformação do sentido das vias nas plataformas está representada na figura abaixo.



P1 -> Luz (Linha 11) P2 -> Guaianazes (Linha 11)

Figura 6 – plataformas e respectivos destinos na estação Corinthians-Itaquera

Observa-se na imagem abaixo o sentido das escadas rolantes na hora pico tarde.

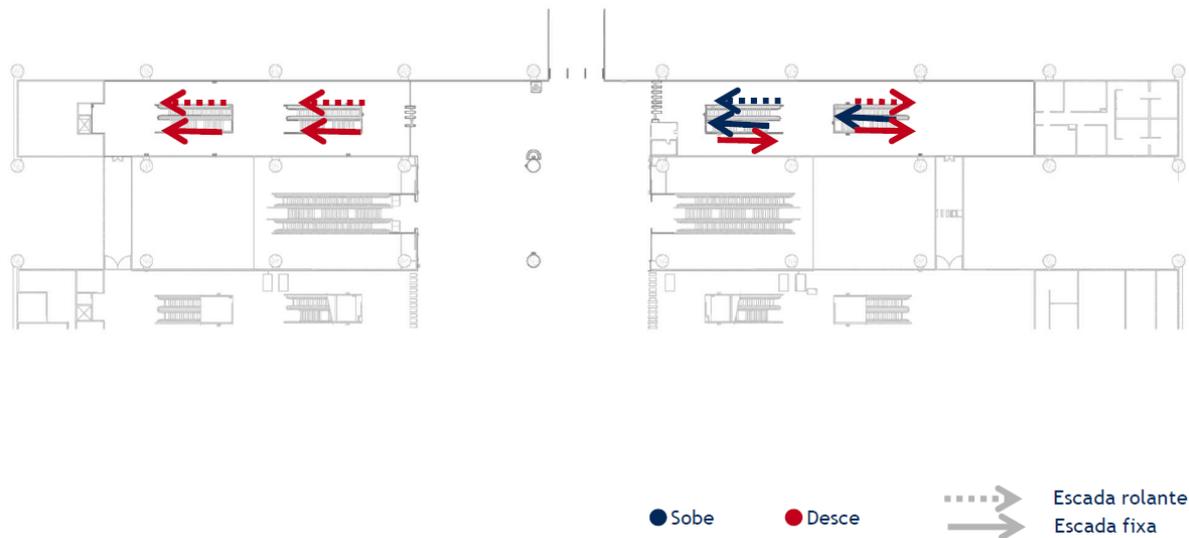


Figura 7 – sentido de funcionamento das escadas rolantes na hora pico da tarde

As contagens volumétricas realizadas na estação realizadas em 27/09/2013 observaram que a distribuição dos usuários pela estação se dá na hora pico tarde em um dia médio como apresentado na figura a seguir.



Figura 8 – distribuição dos usuários de acordo com os conjuntos de escadas

Com as contagens volumétricas obteve-se ainda uma distribuição média na hora pico tarde nos pontos de acessos às plataformas como mostra a figura a seguir.

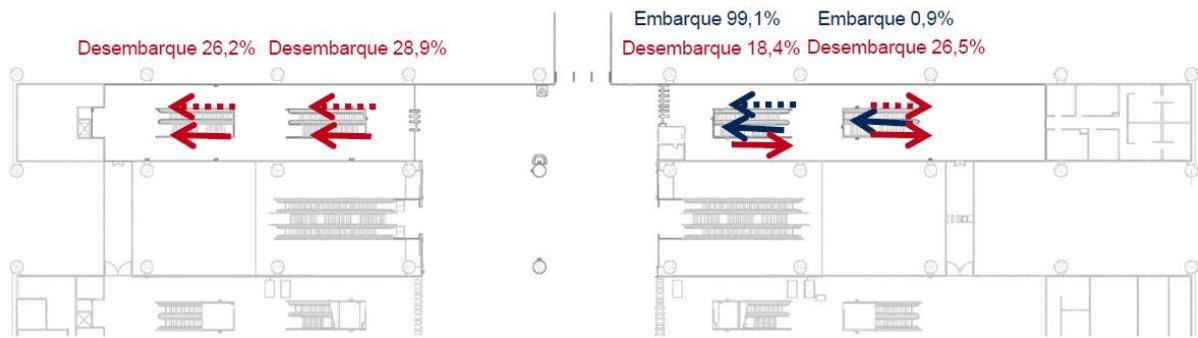


Figura 9 – distribuição de usuários para embarque e desembarque na hora pico da tarde

Da observação da operação da estação e dos dados acima apresentados foi ratificado que o pico da tarde, entre 17:45h e 18:45h, é o mais crítico para esta estação, uma vez que há restrição física para o embarque dos passageiros sentido Guaianazes, devido à capacidade disponível nos trens, e há também restrição física de bloqueios e área de acumulação no mezanino da estação.

O último conjunto de informações a ser incorporado no modelo engloba premissas de caráter operacional e dimensionamento específicos da estação Corinthians-Itaquera e está apresentado na tabela a seguir.

Headway	Linha 11	4 minutos
Oferta para o destino	Guaianazes	10%
	Luz	75%
Capacidade dos Bloqueios (por equipamento)	Entrada	20 pessoas por minuto *
	Saída	50 pessoas por minuto *
Capacidade dos 'bambolês' (por equipamento)	Saída	20 pessoas por minuto *
Quantidade de Bloqueios	Entrada	3
	Saída	3 bloqueios + 3 'bambolês'
Tempo de porta aberta		30 segundos
Preferência para desembarque		5 segundos
Capacidade média do trem		2.000 passageiros
Capacidade média - escada rolante		100 pessoas/metro/minuto

Tabela 3 - premissas hora pico tarde

Com todas as informações acima apresentadas é possível iniciar o processo de construção dos modelos dinâmicos do cenário base.

5.2. Etapa 2 – Construção do modelo dinâmico

5.2.1. Cenário Base

Para a análise dos modelos desenvolvidos para a estação Corinthians-Itaquera foram considerados os 15 minutos mais movimentados da estação, a fim de identificar os pontos críticos com relação ao fluxo de usuários e os níveis de serviço oferecidos. Para esta estação foi identificado que os 15 minutos mais movimentados são no período entre 18:15h e 18:30h.

O mapa abaixo representa a densidade média acumulada do modelo base no mezanino da estação da CPTM. Os resultados do modelo mostram que nas proximidades dos bloqueios de saída da estação apresentam um Nível de Serviço médio E, chegando a apresentar em alguns pontos Nível F1.

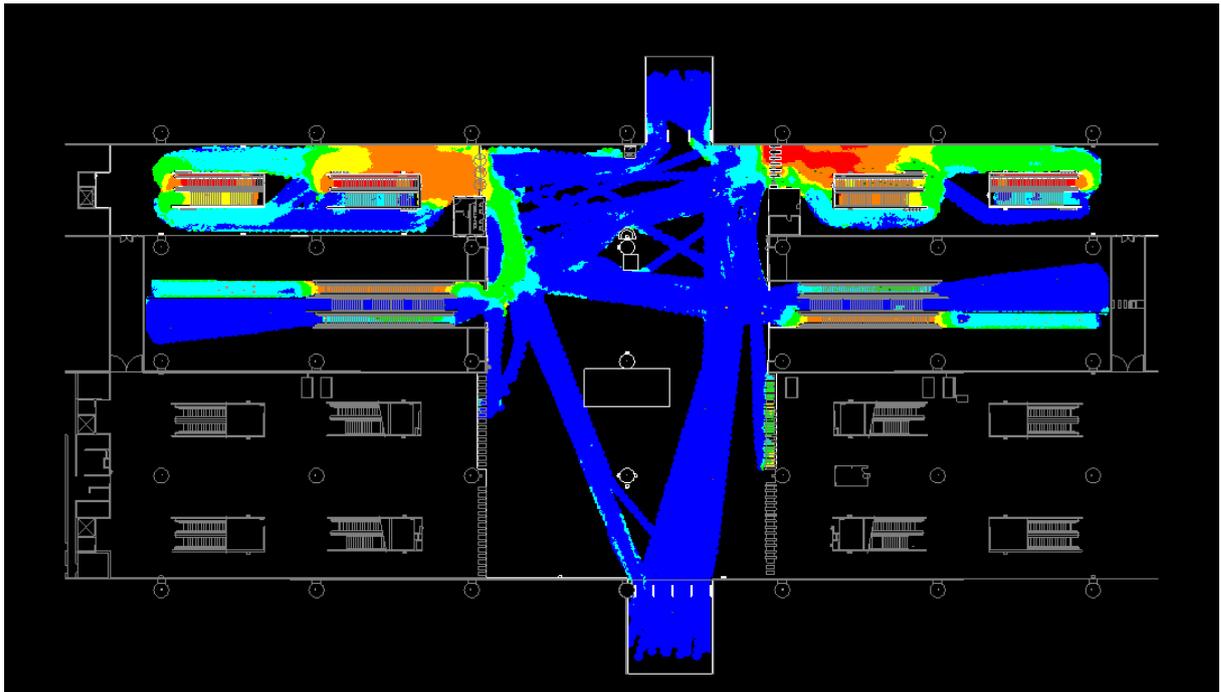


Figura 10 – densidade média acumulada no mezanino – entre 18:15h e 18:30h

No mapa abaixo é possível observar também pontos com nível de serviço F1 nas escadas rolantes que operam descendo ao nível da plataforma. Observa-se também que a plataforma sentido Guaianazes apresenta níveis de serviço mais críticos, entre C e D, enquanto a plataforma sentido Luz apresenta nível de serviço A em quase toda sua extensão, reflexo da baixa demanda de usuários

neste sentido.

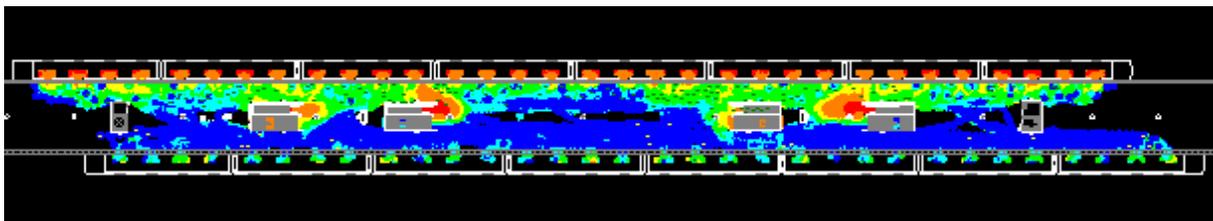


Figura 11 – densidade média acumulada nas plataformas – entre 18:15h e 18:30h

5.2.2. Cenário 2014

Foi realizada a comparação entre as demandas propostas para os diferentes cenários futuros, a fim de entender as alterações no comportamento dos usuários. Como premissa para o cenário 2014 foi mantida a integração gratuita com o metrô apenas fora dos horários de pico, entre 10:00h e 17:00h e entre 20:00h e 0:00h. No cenário 2025 há uma mudança significativa que é a chegada de uma nova linha na Estação Corinthians-Itaquera, a linha 14-Ônix da CPTM, que ligará Guarulhos ao ABC, fazendo integração na estação em estudo. Os números referentes aos dois cenários estão ilustrados na tabela a seguir.

	Cenário Base	2014	Δ 2014-Base (%)	2025	Δ 2025-2014 (%)	Δ 2025 - Base (%)
Embarque						
CPTM (integração interna)				9.368		
Metrô	99	2.809	2739%	22.889	715%	23036%
Lideiro	1.880	6.148	227%	4.032	-34%	114%
TOTAL (embarque)	1.979	8.957	353%	36.289	305%	1734%
Desembarque						
CPTM (integração interna)				9.368		
Metrô	248	103	-58%	1.922	1766%	675%
Lideiro	4.716	1.415	-70%	972	-31%	-79%
TOTAL (desembarque)	4.964	1.518	-69%	12.262	708%	147%
TOTAL	6.942	10.475	51%	39.183	274%	464%

Tabela 4 - dados de demanda - cenário 2014 e 2025

No cenário 2014 foi observado um significativo aumento nos embarques de usuários provenientes do Metrô e usuários lindeiros. A tendência de crescimento para os embarques se mantém no cenário 2025 e se mostra crítica, uma vez o que aumento é 23.036%. No desembarque observa-se redução

dos passageiros com destino à rua e ao Metrô no cenário de 2014, comportamento que se inverte no cenário 2025 e a integração entre modais é reforçada. Os valores apresentados na tabela acima demonstram um aumento substancial no movimento de usuários na Estação Corinthians-Itaquera no cenário 2025, proveniente da integração com a Linha 14-Ônix.

Tendo em vista o crescimento da demanda de embarque e a observação dos pontos críticos do cenário atual, para o cenário de 2014 foram propostas duas alternativas para melhorar as condições de acesso dos usuários desta estação. Em ambas foi proposta nova configuração da linha de bloqueios do lado oeste e alteração no sentido das escadas de acesso à plataforma. A linha de bloqueios lado oeste era composta atualmente apenas por 3 bambolês exclusivos para saída e um portão para pessoa com deficiência e/ou mobilidade reduzida. A imagem a seguir ilustra o cenário base com a infraestrutura existente e as duas alternativas simuladas, sendo que a primeira proposta sugere seis bloqueios em linha reta e a segunda 11 bloqueios em “L”.

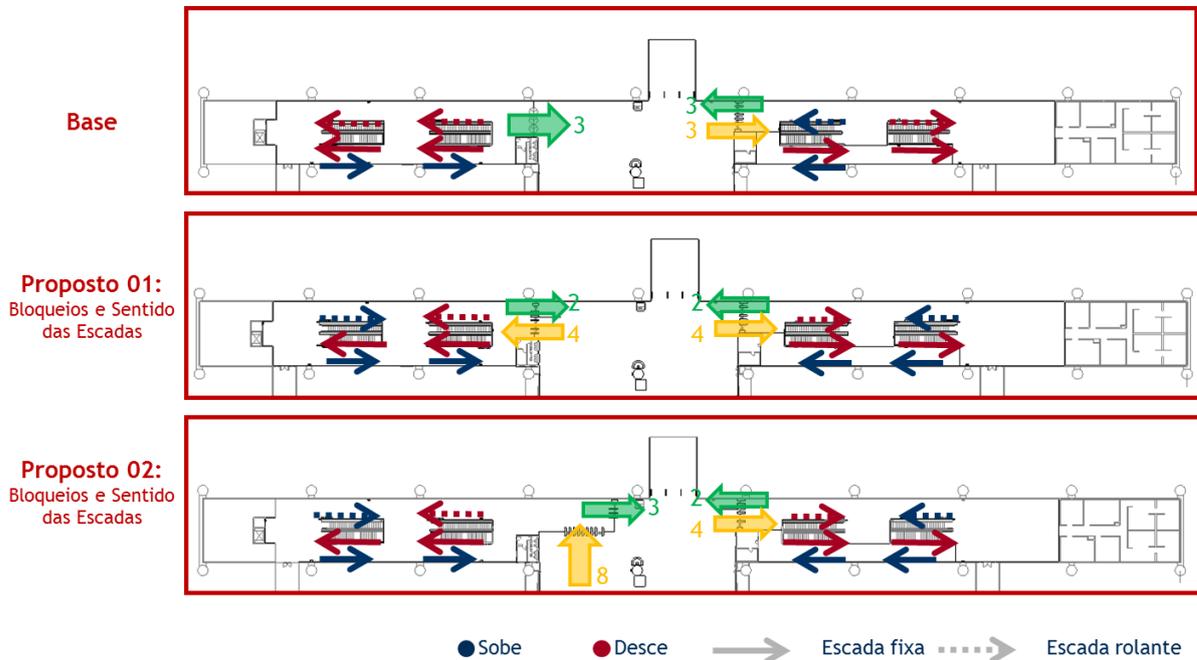


Figura 12 – propostas de alteração nos bloqueios e sentidos das escadas

5.2.2.1. Cenário 2014 base

O mapa abaixo ilustra as densidades médias observadas nos 15 minutos mais carregados do modelo. Fica evidente a necessidade de alteração na linha de bloqueios existente na estação. O acúmulo de usuários ocupa grande parte do mezanino, atingindo as escadas de acesso ao terminal e a passarela de acesso ao Poupatempo e ao Shopping Itaquera. O mezanino registra níveis de serviço acima do recomendado, sendo medido nível F1 em grande extensão e atingindo nível F3 nos locais mais próximos à linha de bloqueio.

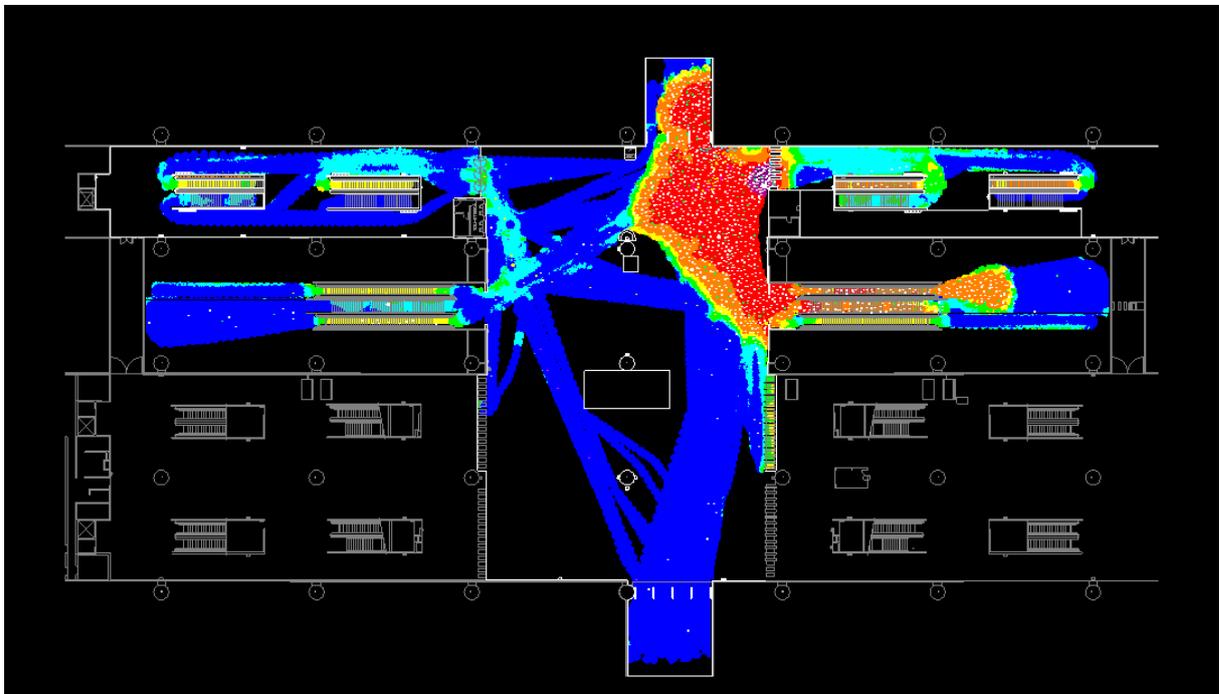


Figura 13 – densidade média acumulada no mezanino – entre 18:15h e 18:30h

O mapa abaixo representa a densidade média acumulada na plataforma. Observa-se que, com a restrição de entrada de usuários provenientes da limitação da linha de bloqueios atual, a densidade média acumulada na plataforma tem leve melhora se comparado com o cenário atual da estação, mesmo com o aumento da demanda de embarques prevista para 2014.

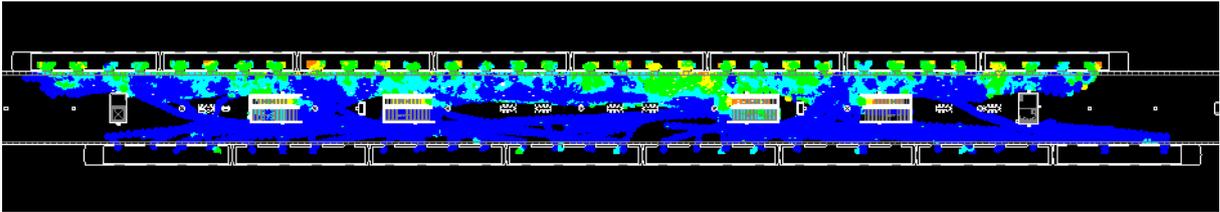


Figura 14 – densidade média acumulada nas plataformas – entre 18:15h e 18:30h

5.2.2.2. Cenário 2014 alternativa 01 com 06 novos bloqueios

Para este cenário, o mapa de densidade média acumulada durante o período de 15 minutos mais movimentados mostra que o desempenho com os 06 novos bloqueios melhora o acúmulo de usuários, porém os níveis de serviço do mezanino da estação continuam atingindo níveis críticos até F3.

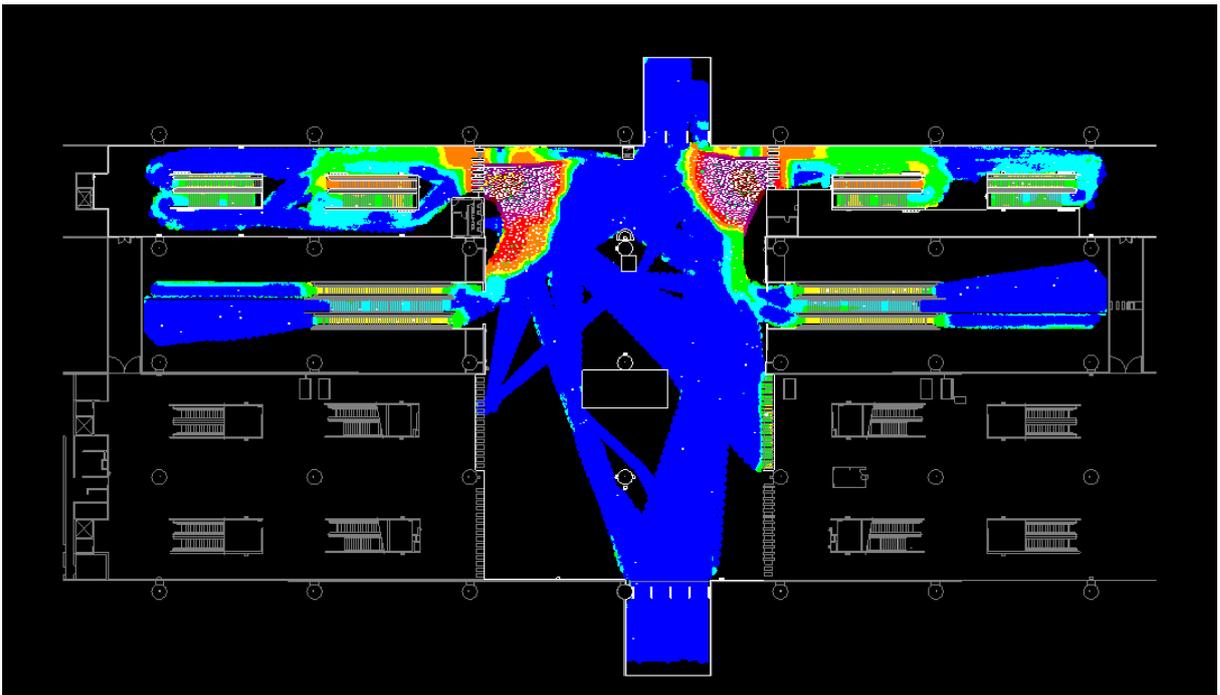


Figura 15 – densidade média acumulada no mezanino – entre 18:15h e 18:30

O mapa abaixo representa a densidade média acumulada na plataforma para este cenário. Observa-se que, se comparado com o cenário base de 2014, a nova linha de bloqueios faz com que os usuários consigam acessar a plataforma mais rapidamente, alcançando o nível de serviço C em quase

toda sua extensão. Destaca-se um acúmulo que atinge o nível E nas proximidades da escada rolante de mais fácil acesso a partir do mezanino.

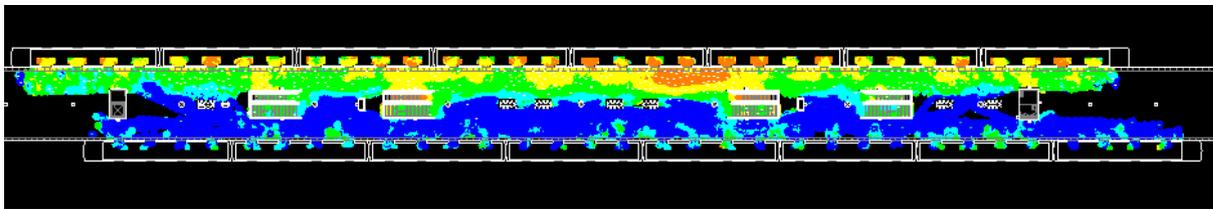


Figura 16 – densidade média acumulada nas plataformas – entre 18:15h e 18:30h

5.2.2.3. Cenário 2014 alternativa 02 com 11 bloqueios em “L”

Visando melhor condição de acesso à estação para o usuário, foi proposta uma segunda alternativa com a linha de bloqueios em “L” com 11 bloqueios no total. Esta alteração permitiu uma redução significativa da densidade média no mezanino. Como ilustra a imagem abaixo, há uma redistribuição mais equilibrada dos passageiros nas duas linhas de bloqueios.

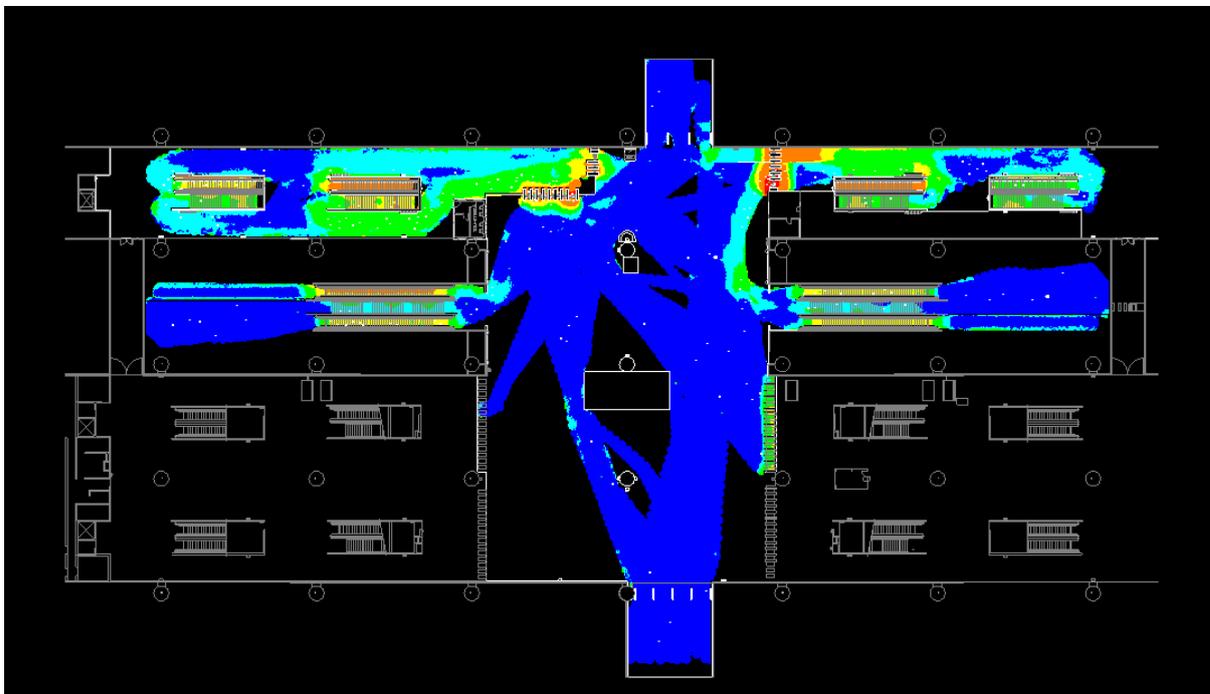


Figura 17 – densidade média acumulada no mezanino – entre 18:15h e 18:30h

Da análise do mapa de densidade média observada nos 15 minutos mais movimentados da estação, tem-se para as plataformas uma situação muito similar ao observado no cenário apresentado

anteriormente, apenas com maiores acúmulos nas proximidades das escadas rolantes de mais fácil acesso a partir do mezanino.

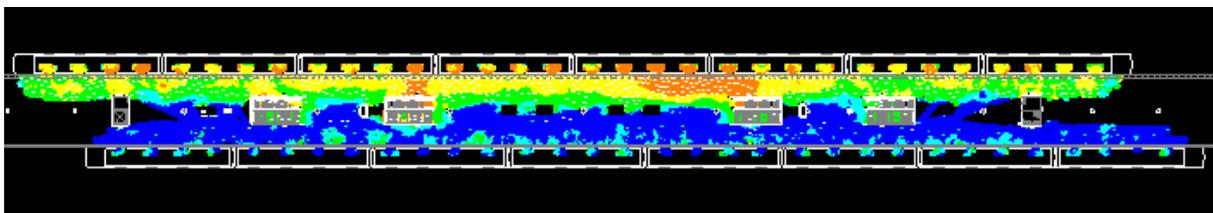


Figura 18 – densidade média acumulada nas plataformas – entre 18:15h e 18:30h

5.2.3. Cenário 2025

Com base nos novos serviços que serão oferecidos nesta estação e na análise dos dados de demanda previstos para o cenário 2025 foram simuladas duas alternativas.

Como existem dois corredores de integração entre CPTM e Metrô na estação atual, definiu-se para a modelagem que cada um teria sentido único de fluxo. Ressalta-se que ainda não há projeto consolidado para a estação Corinthians-Itaquera da Linha 14-Ônix, portanto, foi assumido que a integração se dará através da extremidade oeste da plataforma da CPTM, fazendo com que os usuários que queiram fazer transferência com o Metrô tenham que atravessar a plataforma existente da CPTM para descer as escadas rolantes a leste e fazer a transferência através do corredor leste existente, enquanto que o corredor do lado oeste é responsável pela transferência no sentido oposto.

Com essas premissas iniciais foram propostas duas alternativas, a primeira com 6 novos bloqueios na lado oeste e a segunda adicionando mais um corredor de integração no lado oeste da estação. Todas essas informações estão ilustradas na imagem abaixo que indica o sentido dos fluxos nos corredores, a configuração das escadas e das linhas de bloqueio.

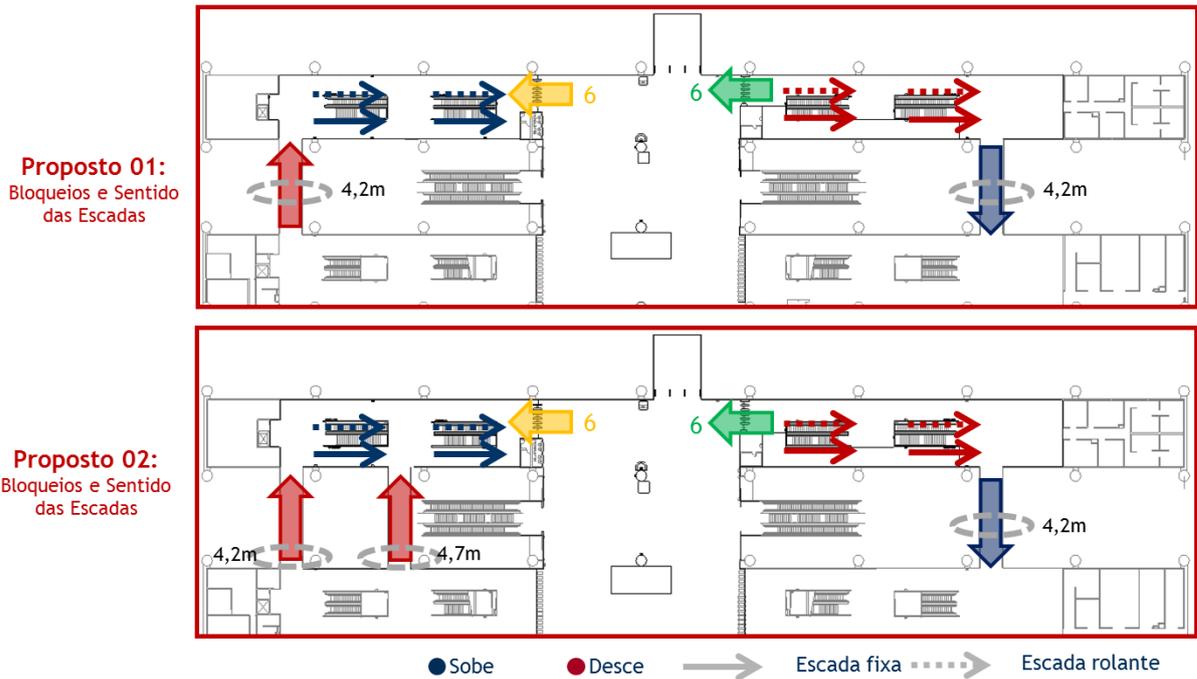


Figura 19 – propostas de alteração nos bloqueios e sentido das escadas

5.2.3.1. Cenário 2025 alternativa 01 com 06 novos bloqueios

Como já era previsto após a análise dos dados de demanda, no mapa de densidade média acumulada deste cenário é possível observar mudanças significativas em relação ao modelo base, principalmente na integração e nas áreas pagas da CPTM e Metrô, visto que o movimento oriundo de transferência é maioria para o cenário 2025. O mapa abaixo mostra que parte significativa da área paga do mezanino da estação apresenta áreas com níveis de serviço E, F1 e F2, e registra-se acúmulo de usuários nas proximidades das escadas rolantes, gerando desconforto aos usuários e risco de acidentes. Nota-se que o desempenho das linhas de bloqueios está dentro dos níveis de serviço recomendados, o que reforça a tendência da estação Corinthians-Itaquera ser um nó de transferência no cenário 2025.

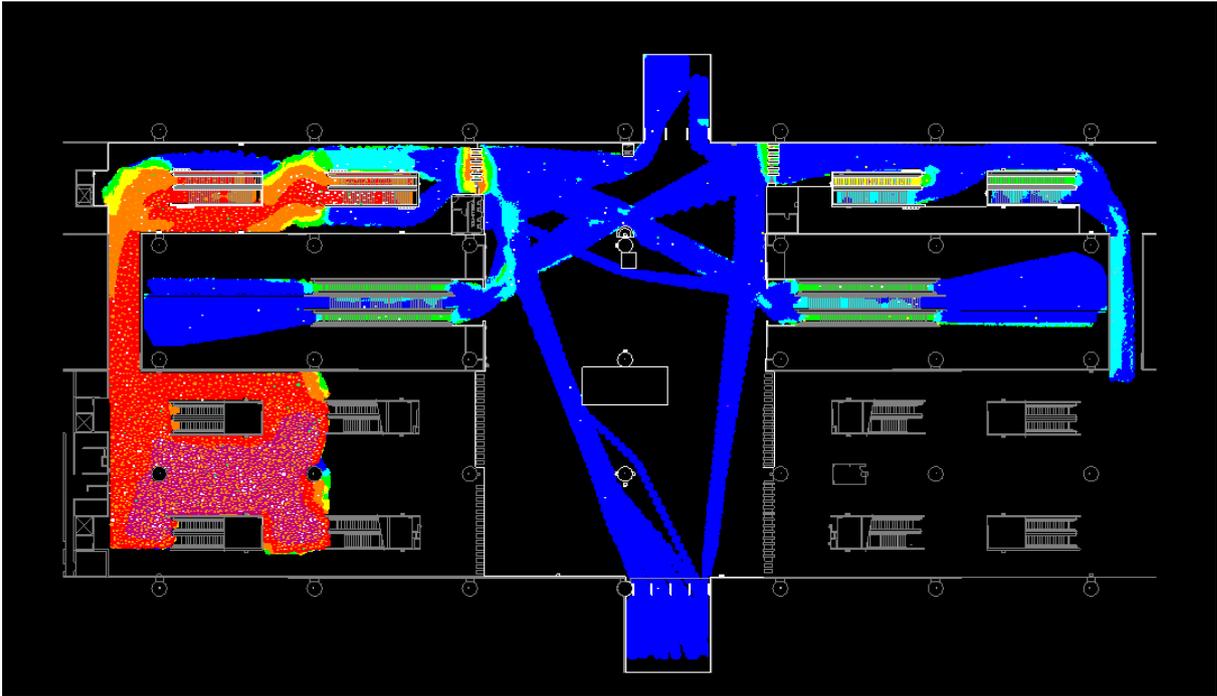


Figura 20 – densidade média acumulada no mezanino – entre 18:15h e 18:30h

O mapa abaixo representa a densidade média acumulada na plataforma, observa-se que, com a integração com a Linha 14-Ônix sendo feita pela extremidade oeste, a ocupação da plataforma tem outra natureza se comparado com o cenário base. Os embarques continuam sendo feitos em sua maioria no sentido Guaianazes, atingindo níveis de serviço D e F nas proximidades das escadas. Enquanto que a plataforma no sentido oposto passa a ser local de passagem dos usuários que buscam a integração com o Metrô, sobretudo no lado oeste.

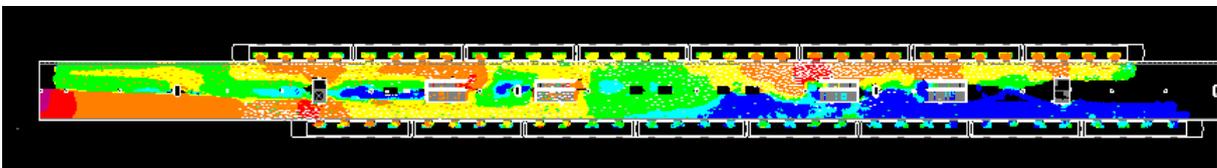


Figura 21 – densidade média acumulada nas plataformas – entre 18:15h e 18:30h

5.2.3.2. Cenário 2025 alternativa 02 com novo corredor de integração

Como opção de simulação do resultado apresentado acima, foi proposta uma alternativa com a construção de um novo corredor de integração entre CPTM e Metrô no lado oeste da estação. O

mapa abaixo mostra a densidade média no mezanino e uma melhora sensível nos níveis de serviço na estação do Metrô e piores níveis na estação CPTM, porém os corredores de integração e as áreas próximas às escadas rolantes continuam com níveis de serviço acima do recomendado, atingindo E, F1 e F2, o que mantém a situação crítica, desconfortável e com possíveis riscos de acidentes.



Figura 22 – densidade média acumulada no mezanino – entre 18:15h e 18:30h

O mapa abaixo representa a densidade média acumulada na plataforma, observa-se que a ocupação da plataforma tem, em linhas gerais, o mesmo comportamento, porém com acúmulos mais acentuados se comparado com a alternativa anterior. Isso ocorre porque com dois corredores de integração os usuários conseguem alcançar a plataforma mais rapidamente o que aumenta a densidade média sobretudo no embarque sentido Guaianazes.

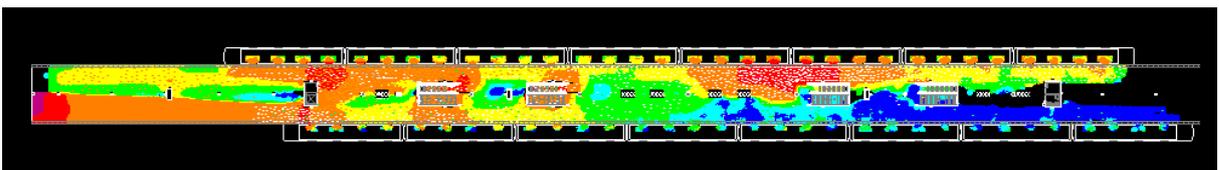


Figura 23 – densidade média acumulada nas plataformas – entre 18:15h e 18:30h

5.2.4. Cenário dia de jogo na Arena Corinthians

Para os dias de jogo, sobretudo da Copa do Mundo de Futebol, que teve uma operação especial na estação Corinthians-Itaquera, foi apresentado pelo Comitê Paulista uma série de informações que serviram como base para o modelo dinâmico que será apresentado a seguir.

A primeira premissa foi identificar, dentre os dias de jogos na Arena Corinthians, o dia mais crítico para o sistema de transporte. Considerou-se o jogo do dia 23/06/2014 às 13:00 horas, pois no mesmo dia houve jogo do Brasil às 17:00 horas em outra cidade e previu-se que o pico diário da tarde seria antecipado, uma vez que os trabalhadores foram liberados antecipadamente para assistir ao jogo da seleção brasileira.

Para acesso à arena os espectadores foram informados do melhor modo de acesso de acordo com o setor de assento. Os espectadores com ingresso para o setor leste foram instruídos a utilizar a Estação Corinthians-Itaquera no acesso e saída do evento e os torcedores com ingressos para o setor oeste foram instruídos a utilizar a Estação Arthur Alvim do Metrô.

De acordo com informações do Comitê Paulista da Copa do Mundo, previa-se que 36.871 espectadores utilizariam a estação Corinthians-Itaquera para acessar o setor leste da arena. Como premissa foram estabelecidos os trajetos dos espectadores no acesso e saída dos jogos. Para acesso à arena, a passarela da estação sobre a Radial Leste estava interditada e os espectadores saíram sentido Poupatempo/Shopping Itaquera. Na saída do evento a passarela que estava interditada era percurso obrigatório para todos os usuários.

Para o estudo foi considerado o carregamento igual para o serviço Expresso Leste e para o Expresso da Copa, mesmo que este segundo não tenha paradas nas estações Brás e Tatuapé e prestará serviço normal após Corinthians-Itaquera. Foi definido como premissa também que não haveria restrições para o embarque nos trens que prestariam este serviço. Considerando tais informações, o perfil de chegada dos espectadores pelo setor leste foi definido de acordo com a tabela a seguir.

Horário		Sentido - LUZ / GUA			Capacidade Residual (evento)	Acumulado (evento)
Início	Fim	Embarque	Desembarque	Carregamento		
09:45	10:00	820	0	820	6.680	
10:00	10:15	710	0	710	6.790	
10:15	10:30	694	0	694	6.806	
10:30	10:45	920	0	920	5.009	36.871
10:45	11:00	927	0	927	6.573	31.862
11:00	11:15	1.176	0	1.176	6.324	25.289
11:15	11:30	1.177	0	1.177	6.323	18.965
11:30	11:45	1.174	0	1.174	6.326	12.642
11:45	12:00	1.184	0	1.184	6.316	6.316
12:00	12:15	1.141	0	1.141	6.359	

Tabela 5 - perfil de chegada do evento setor leste

Após a consolidação dessas premissas, nas primeiras etapas do desenvolvimento do estudo, foram avaliadas diversas configurações para operação da estação, a fim de maximizar a capacidade de entrada e saída da estação da CPTM. No modelo desenvolvido foram utilizadas as premissas listadas abaixo para chegada do evento:

- 15 bloqueios da CPTM para sair da estação, já considerados a configuração em “L” sugerida para o cenário 2014;
- 3 bloqueios da CPTM para entrada na estação;
- Passarela de integração entre CPTM e Metrô aberta para permitir que usuários que chegam pela CPTM possam sair por 4 bloqueios do Metrô;

A figura a seguir ilustra a configuração de bloqueios que foi considerada na modelagem dinâmica na chegada do evento.

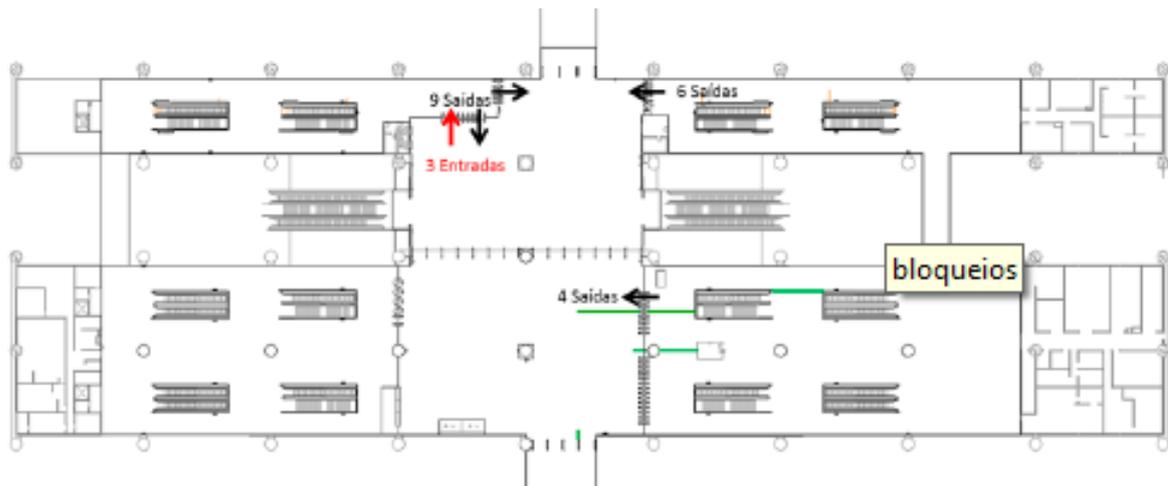


Figura 24 – configuração de bloqueios considerada no dia do evento - chegada

As figuras abaixo ilustram a movimentação de espectadores na chegada do evento. Analisando os modelos é possível observar que na chegada do evento não haverá problema na saída da estação.

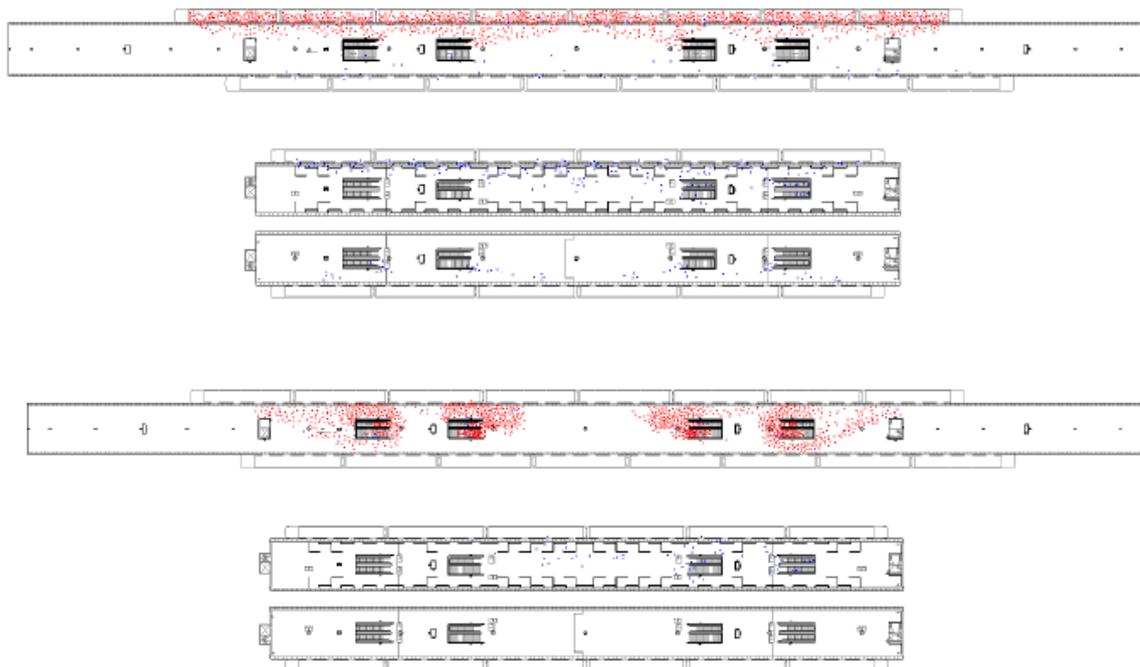


Figura 25 – movimentação dos usuários na chegada do evento - plataformas

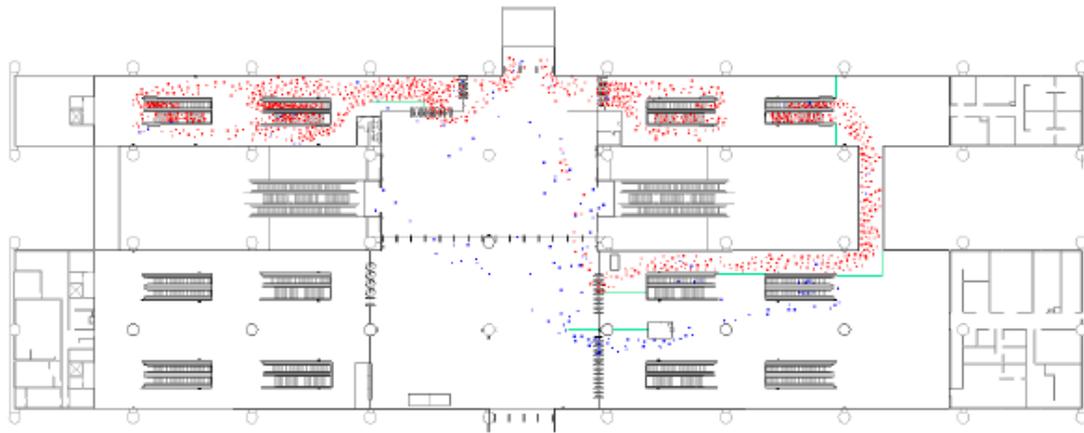


Figura 26 – movimentação dos usuários na chegada do evento - mezanino

Para saída do evento foram consideradas as seguintes premissas:

- 16 bloqueios da CPTM para entrar na estação, já considerados a configuração em “L” sugerida para o cenário 2014;
- 2 bloqueios da CPTM para entrada na estação;
- Passarela de integração entre CPTM e Metrô aberta para permitir que usuários que embarquem na CPTM possam entrar por 4 bloqueios do Metrô;

A figura a seguir ilustra a configuração de bloqueios que foi considerada na modelagem dinâmica.

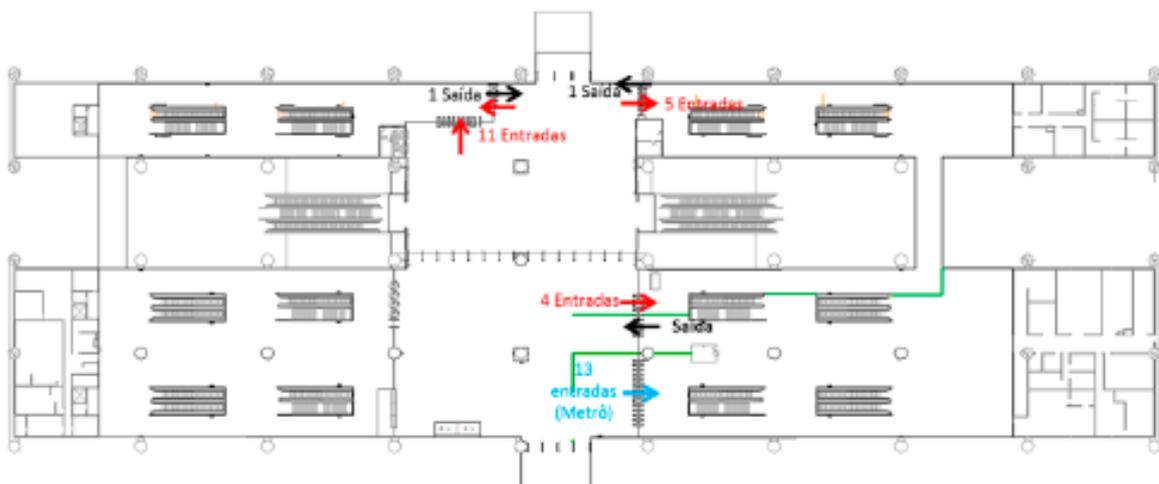


Figura 27 – configuração de bloqueios considerada no dia do evento – saída



AEAMESP



Na saída do evento, considerando o perfil de saída dos espectadores e a capacidade da passarela sobre a Radial Leste, de 11 metros de largura livre, tem-se que haveria um fluxo de usuários superior ao que a quantidade de bloqueios poderia suportar na estação da CPTM.

Portanto, foi constatado que o gerenciamento do acúmulo de pessoas deve se dar antes do acesso à passarela da estação, na área onde há uma praça. Considerou-se este o local mais seguro por se tratar de um local aberto e com mais opções de escape em uma situação de emergência, o que não pode ocorrer nas áreas internas e na passarela da estação. Desta forma foi previsto uma forma de restrição de fluxo no início da passarela que permita uma largura de 4,2 metros a fim de garantir que não haverá acúmulo de espectadores dentro da estação.

Foi observado também que a quantidade de bloqueios de entrada da estação da CPTM, mesmo considerando a configuração em “L”, não permite a lotação dos trens. Desta forma, foram utilizados 4 bloqueios do Metrô para ajudar no embarque da CPTM (conforme figura acima), através da passarela de integração existente, e que os outros bloqueios do Metrô seriam utilizados para a entrada e saída de usuários do Metrô. Com isso, foi segregada uma área do Metrô para os espectadores que acessaram a CPTM.

As figuras a seguir ilustram os pontos de circulação dentro da estação, considerando que terá operação normal, houve diferenciação entre usuários frequentes (azuis) e espectadores da arena (vermelho). Observou-se que com a restrição do fluxo dos espectadores no acesso à passarela não houve nenhum ponto de acúmulo na área da estação.

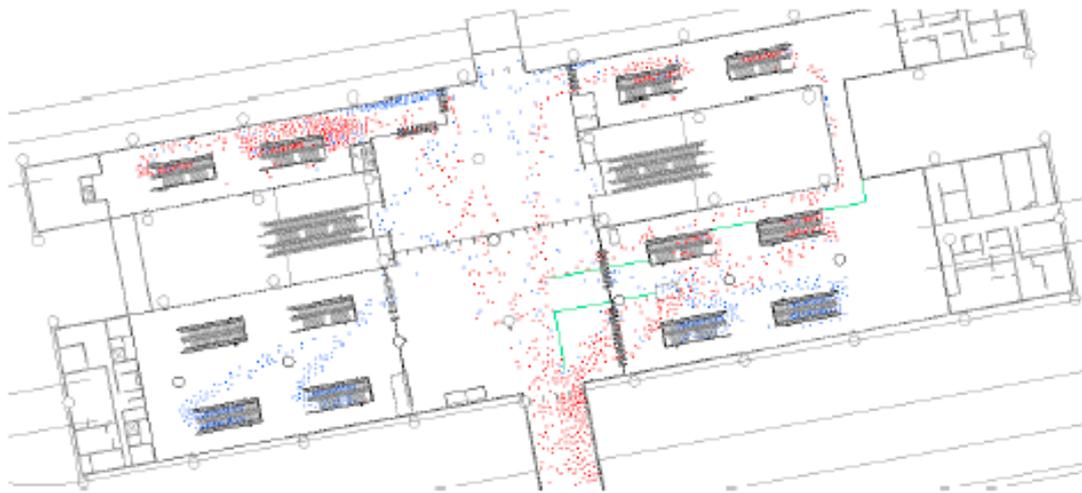


Figura 28 – movimentação dos usuários na saída do evento - mezanino

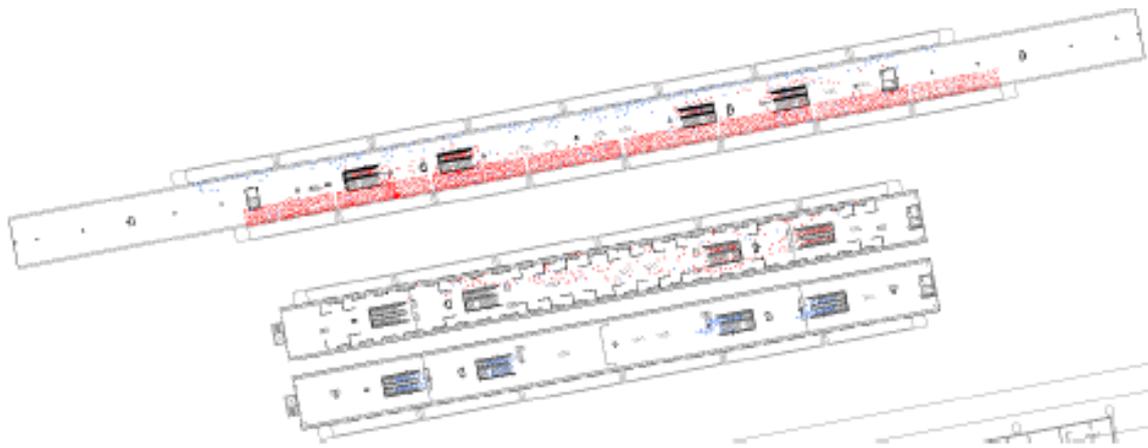


Figura 29 – movimentação dos usuários na saída do evento – plataformas

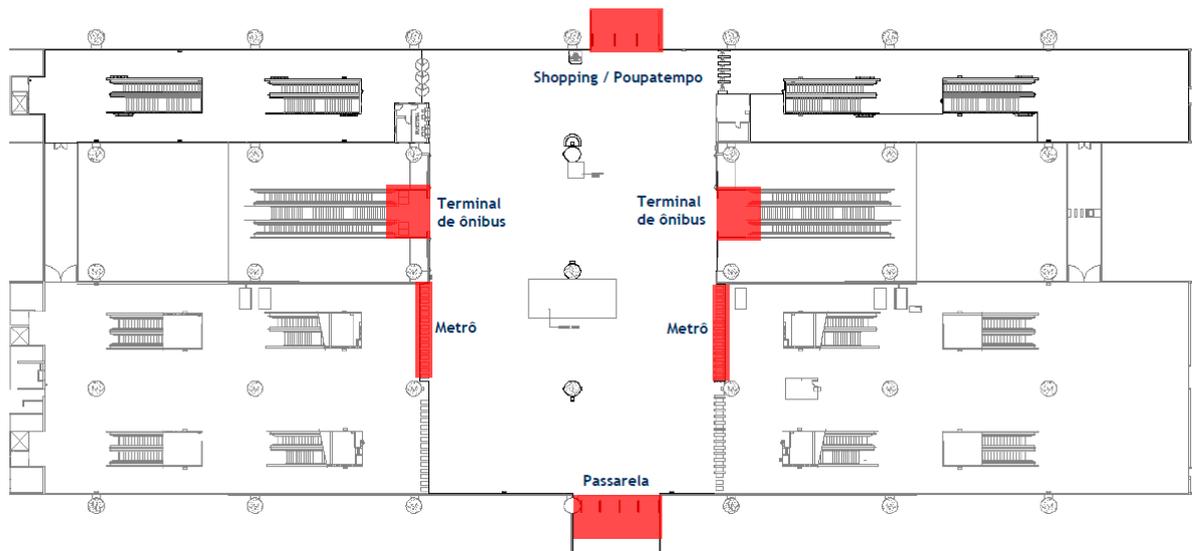
5.3. Etapa 3 – Análises e resultados

Apesar do nível de serviço ultrapassar o recomendado nas áreas próximas às escadas rolantes e linhas de bloqueio, o cenário base apresenta perfil de desempenho equilibrado se for considerado o tempo de deslocamento dentro da estação. Há um claro equilíbrio nos tempos de percurso de desembarques e embarques entre todos os acessos e saídas, o que mostra um bom comportamento da estação de maneira geral.



AEAMESP

20ª Semana de
Tecnologia
Metroferroviária
2014



Rota		h:mm:ss
Metrô	Plataforma	0:01:46
Plataforma*	Metrô	0:01:48
Plataforma*	Shopping / Poupatempo	0:01:33
Plataforma*	Passarela	0:02:02
Plataforma*	Terminal de ônibus	0:01:39
Shopping / Poupatempo	Plataforma	0:01:22
Passarela	Plataforma	0:01:59
Terminal de ônibus	Plataforma	0:01:28

* Em média pela saída dos bambolês deve-se considerar um aumento de 1 minuto

No cenário 2014 fica evidente que com os 6 novos bloqueios em linha reta há melhores condições de acesso à estação, porém a situação ainda não é ideal, uma vez que o acúmulo de usuários no mezanino ainda é grande e atinge níveis de serviços inadequados e, ao mesmo tempo, a plataforma, mesmo estando próxima do nível de serviço recomendado, é capaz de receber mais usuários.

Para o cenário 2014 e o cenário de dias de jogos na Arena Corinthians a recomendação de uma nova linha de bloqueios em “L” apresenta o melhor desempenho e foi implantada na estação conforme projeto abaixo, contendo 14 bloqueios e um portão de acesso para pessoa com deficiência e mobilidade reduzida.

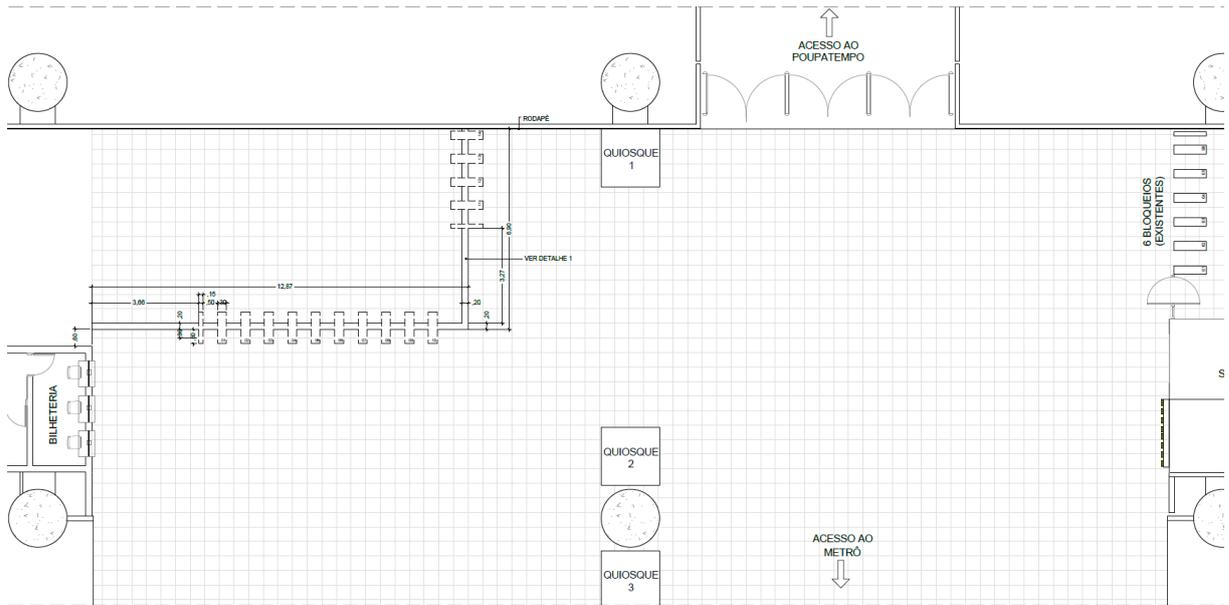


Figura 30 – nova linha de bloqueios em “L” que foi implantada na estação Corinthians-Itaquera

A solução implantada pode ser vista na foto abaixo e aproveitou melhor o espaço do mezanino, interferindo pouco na área livre da estação e dando maiores condições de acesso e saída aos usuários, sobretudo nos dias em que há eventos no estádio.

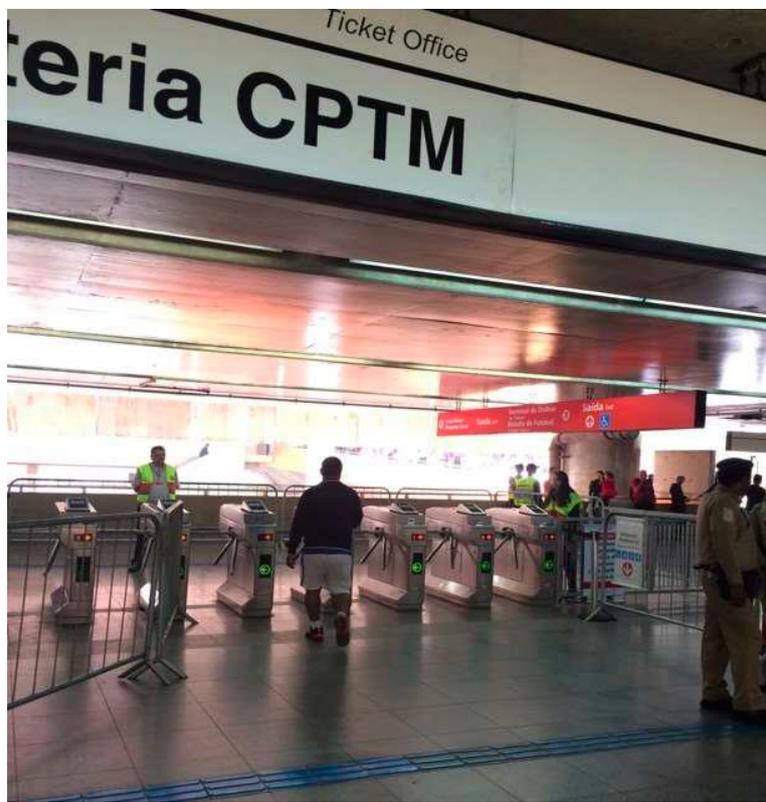


Figura 31 – nova linha de bloqueios em “L” após implantação



AEAMESP



Os novos bloqueios em “L” foram essenciais para o desenvolvimento do modelo no cenário nos dias de jogos, principalmente na saída do evento e acesso à estação, pois dão maior vazão quando o público está chegando ao estádio, já que a estação recebe uma demanda mais concentrada se comparada com a chegada que é sempre mais diluída.

6. Conclusões

Os modelos desenvolvidos para o cenário de dias de jogos na Arena Corinthians e também para o ano de 2014 indicaram a insuficiência da linha de bloqueios atual. Após o desenvolvimento de alternativas, a sugestão de nova linha de bloqueios mais apropriada indicada pelo estudo foi implantada na estação e já utilizada durante os jogos da Copa do Mundo, recentemente ocorridos na Arena Corinthians, facilitando o acesso de usuários na estação na saída do evento.

O estudo foi essencial para definir as estratégias de operação da Estação Corinthians-Itaquera durante os jogos da Copa do Mundo de Futebol, a principal alteração física na estação, a nova linha de bloqueios em “L”, foi considerada como premissa fundamental para o bom desempenho, tendo sido instalada antes dos eventos testes para avaliação de seu funcionamento.

Especialmente porque, a partir da análise da infraestrutura existente, foi possível constatar que sem o gerenciamento adequado a estação não tem capacidade para atender à demanda prevista de espectadores na saída de grandes eventos. Desta maneira, tem-se que situações nas quais previstos acúmulos de espectadores é recomendável que sejam realizadas operações especiais que garantam acúmulos em locais abertos, com alternativas de evacuação em situações de emergência, uma vez que não são recomendáveis grandes acúmulos de pessoas em áreas confinadas.

Além da intervenção na linha de bloqueios, foi possível identificar que no cenário 2025, quando da integração de um novo serviço de transporte sobre trilhos, a estação precisará de adequações de maior monta. Demonstrando, portanto, como a modelagem do fluxo de usuários nas estações pode ser uma ferramenta útil para o planejamento de novos serviços e estações.



AEAMESP



7. Referências bibliográficas

LEGION SPACEWORKS. User Guide. Londres. 2013

CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos. P3: Modelagem dinâmica das estações:

Corinthians-Itaquera. São Paulo. 2014.

CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos. P7: Estudo de fluxo de multidão da estação

Corinthians-Itaquera. São Paulo. 2014.