

32^a

SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

IMPACTOS NO FLUXO DE
PASSAGEIROS PARA
OBRAS NO TÚNEL DA
TRANSFERÊNCIA ENTRE
CONSOLAÇÃO E PAULISTA

Dayani Larissa Gomes dos Santos

Laís Pinheiro Nunes

Leonardo Hideyoshi Ueda

Luíza Fernandes Martins

Contexto

O Metrô de São Paulo demandou a correção do greide da rampa do túnel que conecta a Linha 4 – Amarela à Linha 2 – Verde.

A obra exigirá interdições no túnel durante a operação.

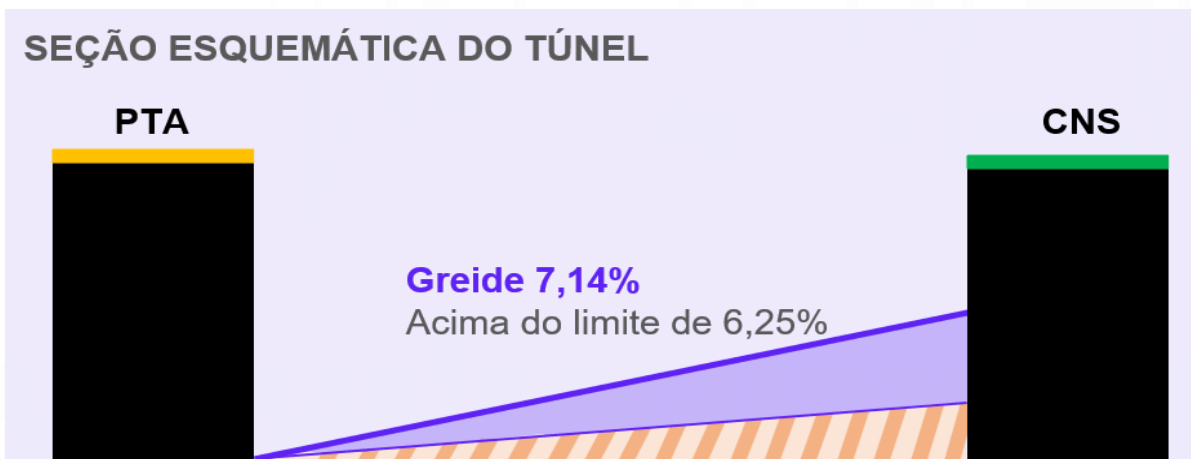
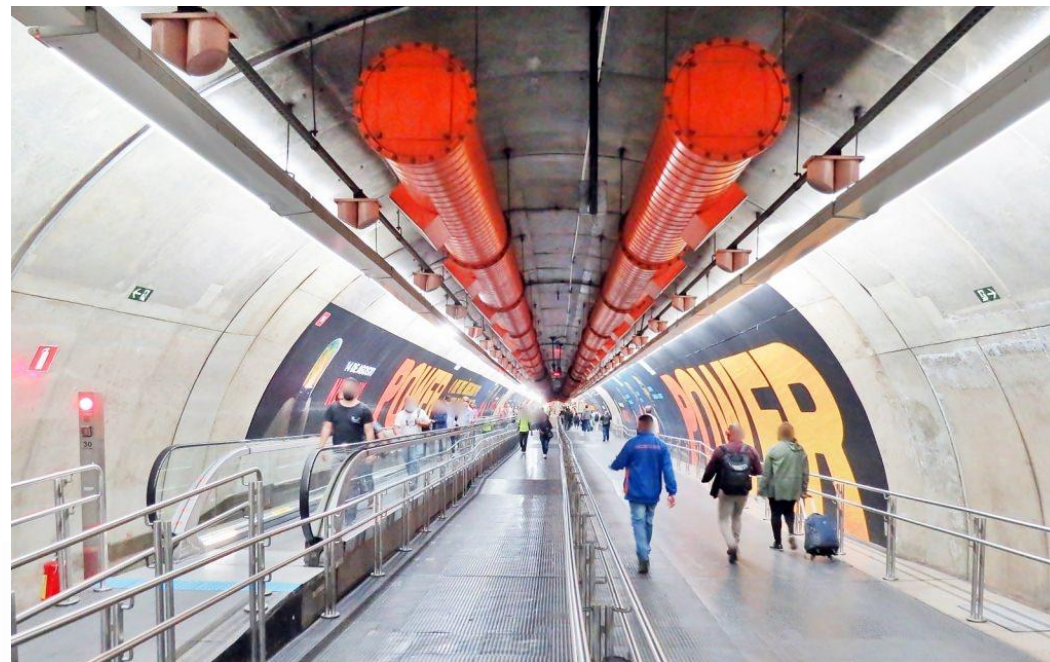


Figura 1 – Perfil longitudinal do túnel; rampa com greide de 7,14% e esteiras rolantes obrigatórias para acessibilidade



Fonte: Sergio Brisola, Descubra Sampa (20/12/2022).

Objetivo

Avaliar **níveis de serviço**, identificar **pontos críticos de circulação** e mensurar **impactos operacionais** dos cenários de interdição do túnel.

POR QUE IMPORTA

ANTECIPAR

Medir o impacto antes de interditar

DECIDIR

Subsidiar faseamento e cronograma

PRESERVAR

Segurança, conforto e capacidade

O que a simulação precisava demonstrar

01

Reproduzir o **comportamento do fluxo** de passageiros

02

Avaliar os **níveis de serviço (LOS)** da transferência

03

Identificar **pontos críticos de circulação**

04

Mensurar os **impactos dos cenários de interdição** solicitados



Situação Real



Representação

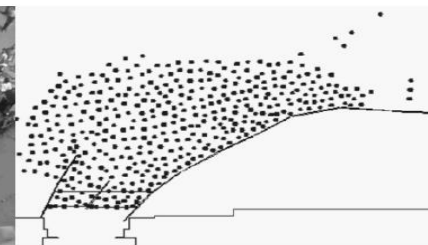


Figura 1 – Imagem e figura simulando aglomeração.

Entregar base técnica para decidir **o quê, quando e em que ordem interditar**

O Complexo

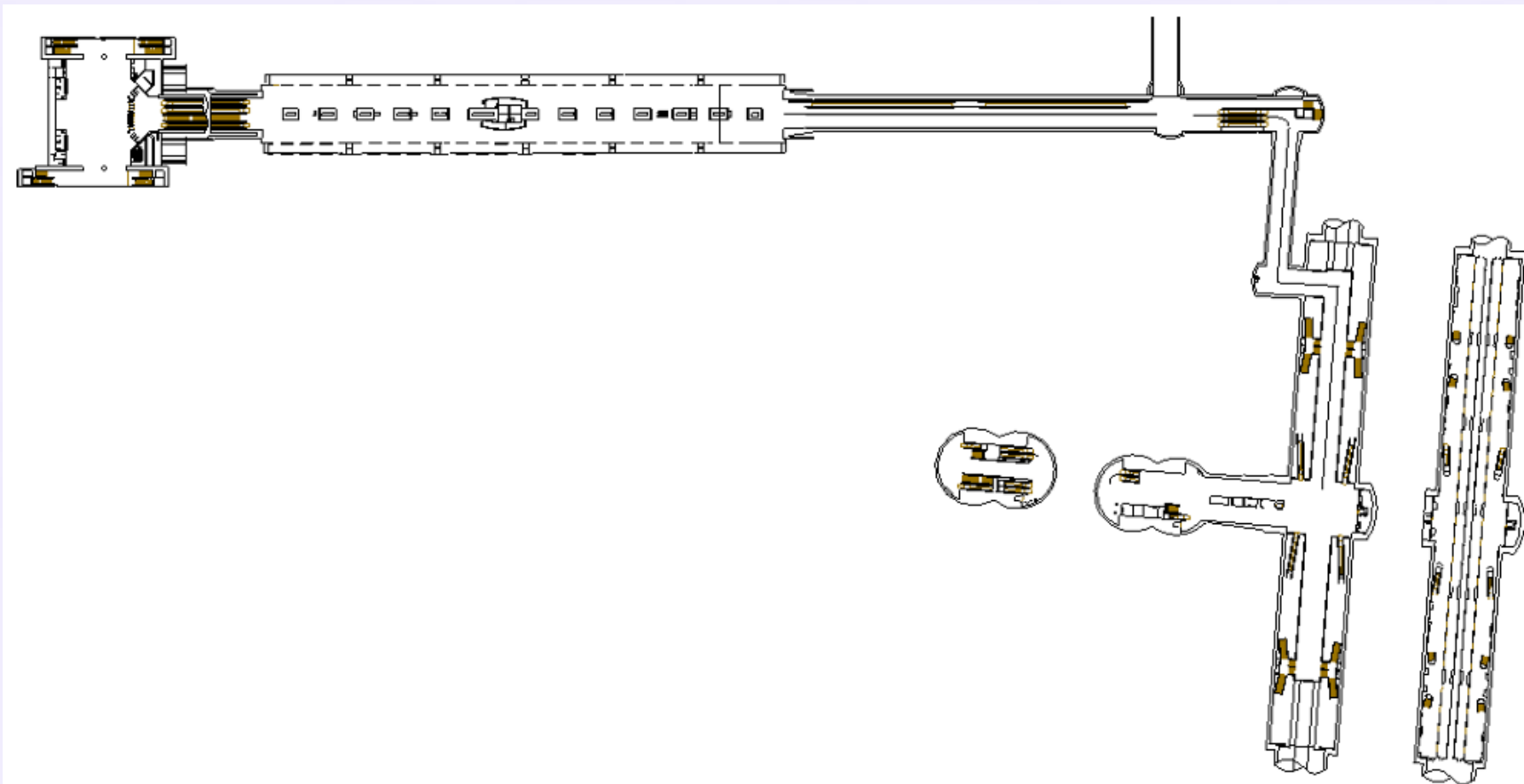


Figura 2 - Planta da estação utilizada para simulação

Como o Túnel Opera Hoje

Canais de circulação:

PM:

5 CANAIS PTA

2 CANAIS CNS

ESTEIRA

PT:

3 CANAIS PTA

4 CANAIS CNS

ESTEIRA

Legenda: canais de circulação nos picos; Canal padrão de 0,60 m (NBR 9050:2020)



Dia Referência

12/11/2024

Demanda Simulada

26.020 pass/hora

Capacidade de transporte túnel

29.880 pass/hora (8,3 pass/s)

Fluxo de Transferência

20.336 pass/hora (5,6 pass/s)

Percurso médio

3 min 06 s – 0,568 m/s

Transferência opera em

68% Da capacidade de transporte do túnel

O Planejamento da Obra

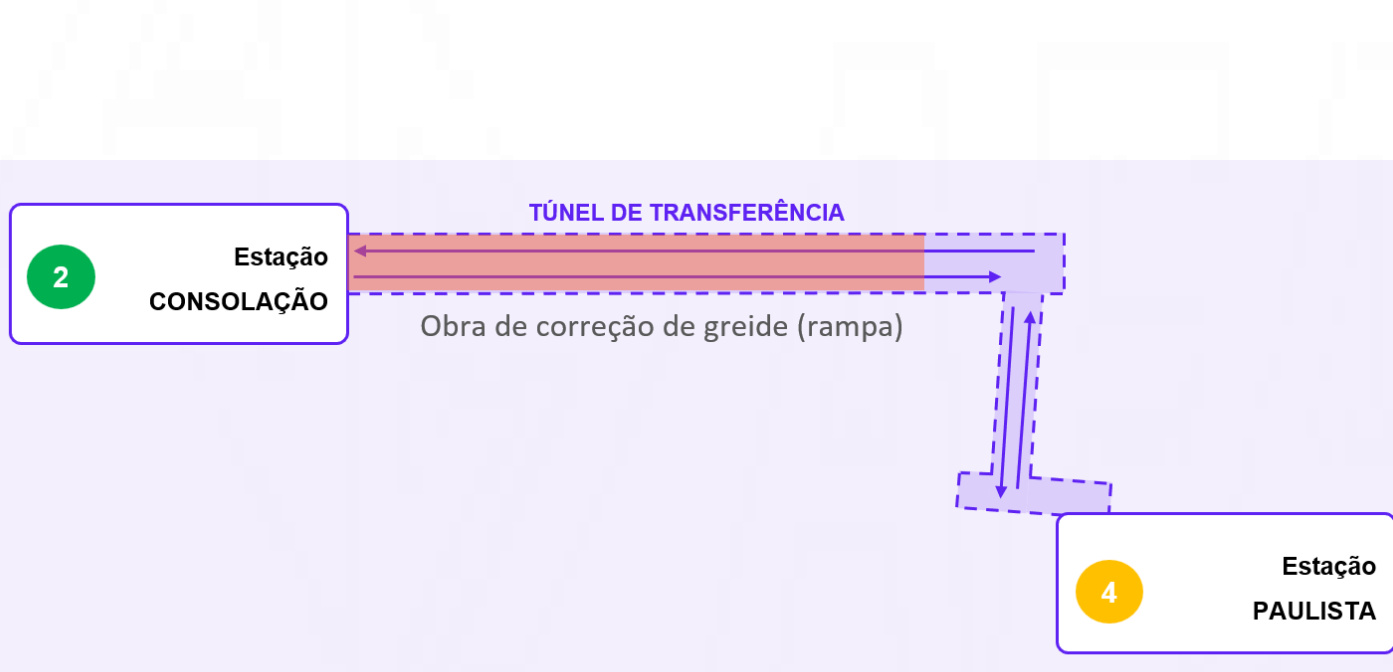
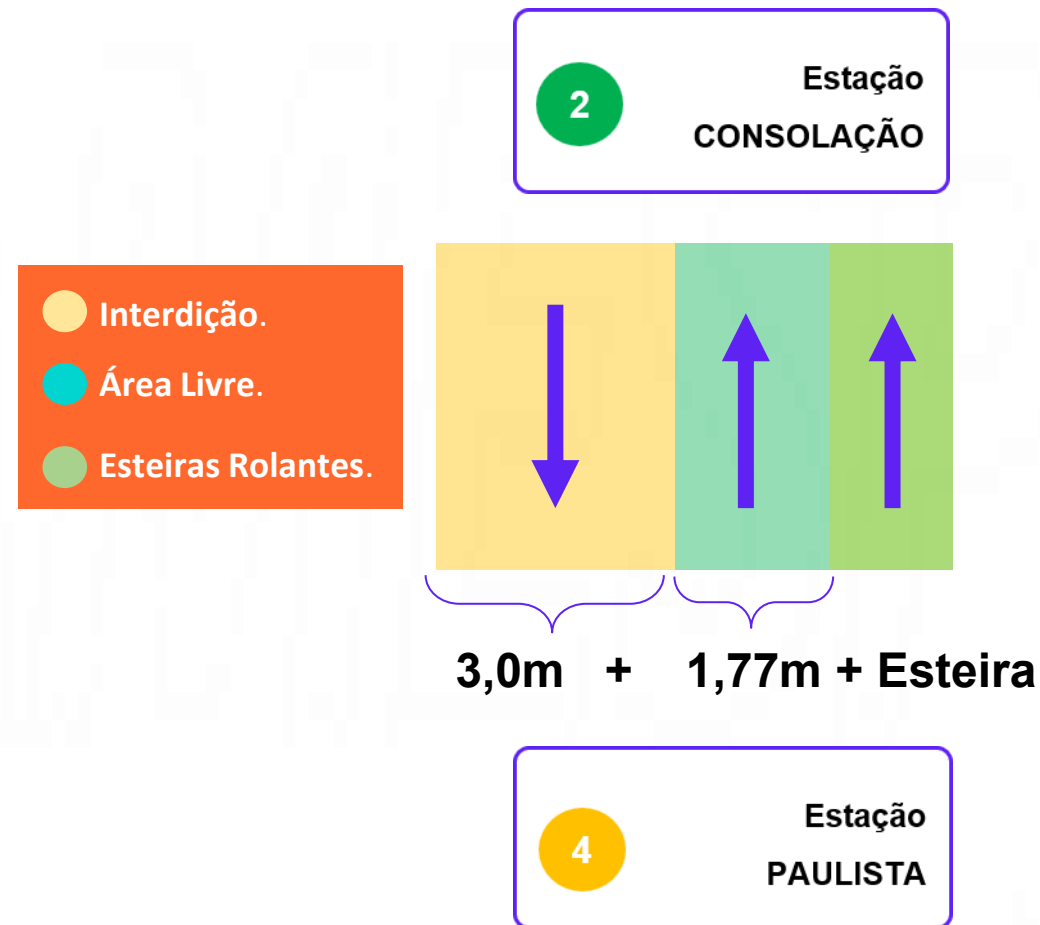


Figura 3 – Esquema simplificado do túnel Paulista–Consolação e área de interdição da obra.

Interdição

- Longitudinal;
- Redução de 62% da secção;



Faseamento original do Metrô

Faseamento de 4 secções no túnel

FASE 1

Rampa Lateral

Interdição do lado direito da seção

FASE 2

Rampa Central

Interdição da seção central

FASE 3

Esteira Rolante

Interdição do lado esquerdo da seção

FASE 4

Plataforma CNS

Interdição na plataforma

Cronograma inicial: 4 meses pela rampa lateral.

A simulação foi aplicada à Fase 1, a mais restritiva.

PONTO CRÍTICO

A obra começaria pelo lado contrário às esteiras, sem liberar canal algum.

Como medimos: Simulação Legion

Software Legion simula o comportamento de cada passageiro no espaço

ENTRADAS

- Matriz origem/destino;
- Demanda; Headway;
- Capacidade e lotação dos trens e
- Geometria da estação (circulações, acessos, escadas e áreas de permanência)

SAÍDAS

- Tempo de percurso
- Densidade;
- Conforto; e
- Nível de serviço

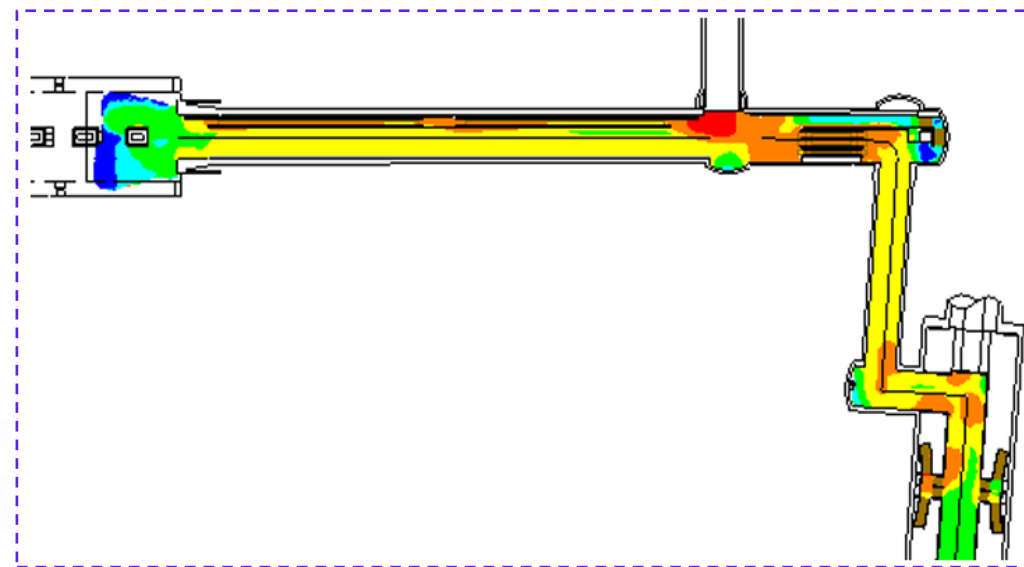


Figura 4 – Nível de Serviço (Escala de Fruin) – Densidade Média

Escala de nível de serviço (LOS) – Padrão Fruin

Faixa de operação atual do túnel: D-E (com trechos em F)

A

livre

B

confortável

C

estável

D

restrito

E

próximo do limite

F

crítico

Como o túnel se comporta hoje

Nível de Serviço (Escala Fruin) – Densidade média

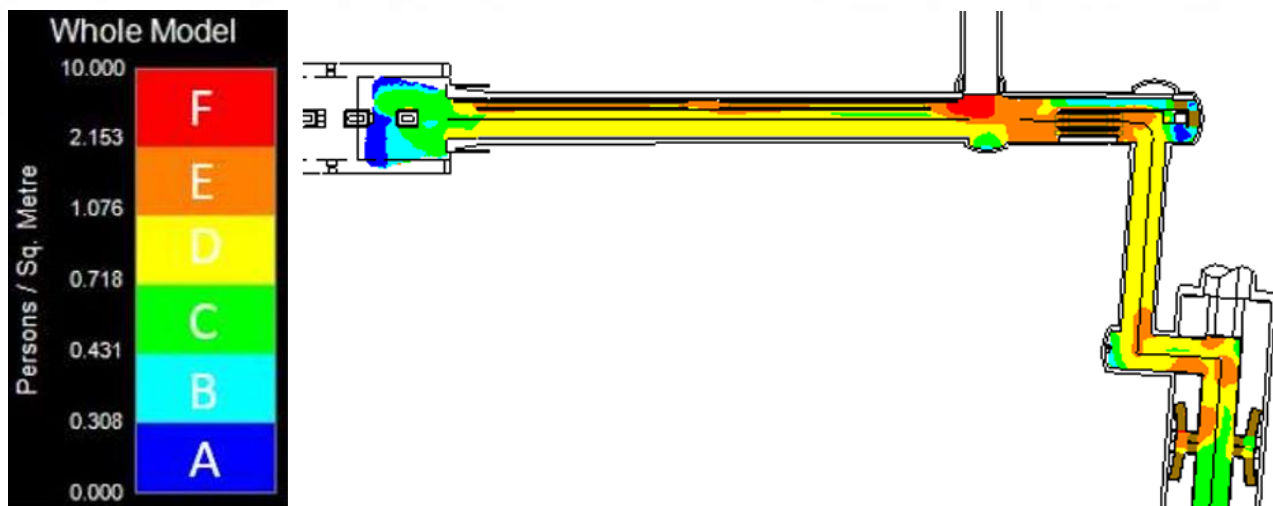


Figura 5 – Nível de Serviço (Escala de Fruin) – Densidade Média | Cenário Atual

Densidade Superior

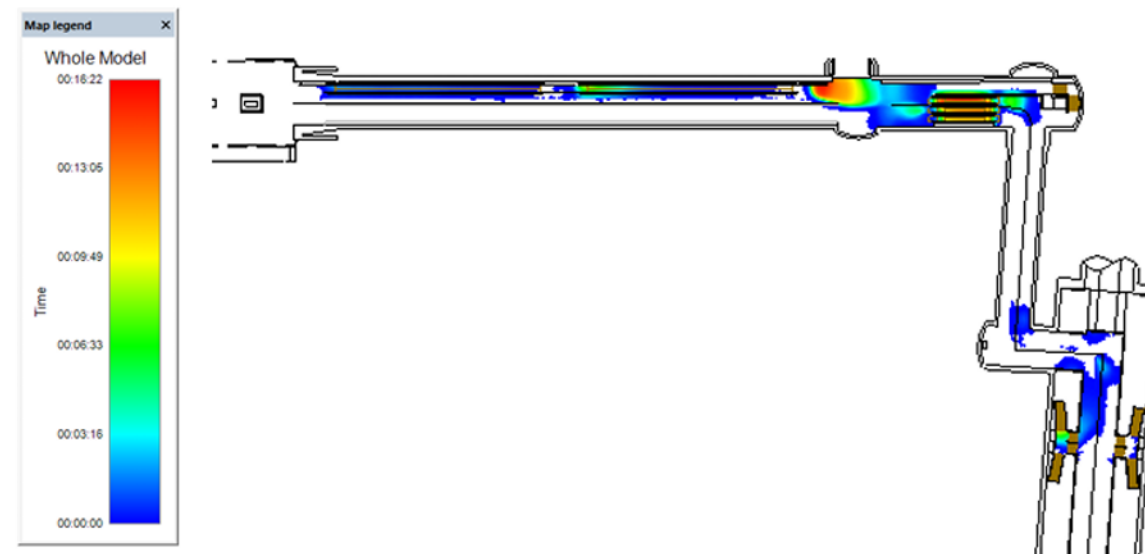
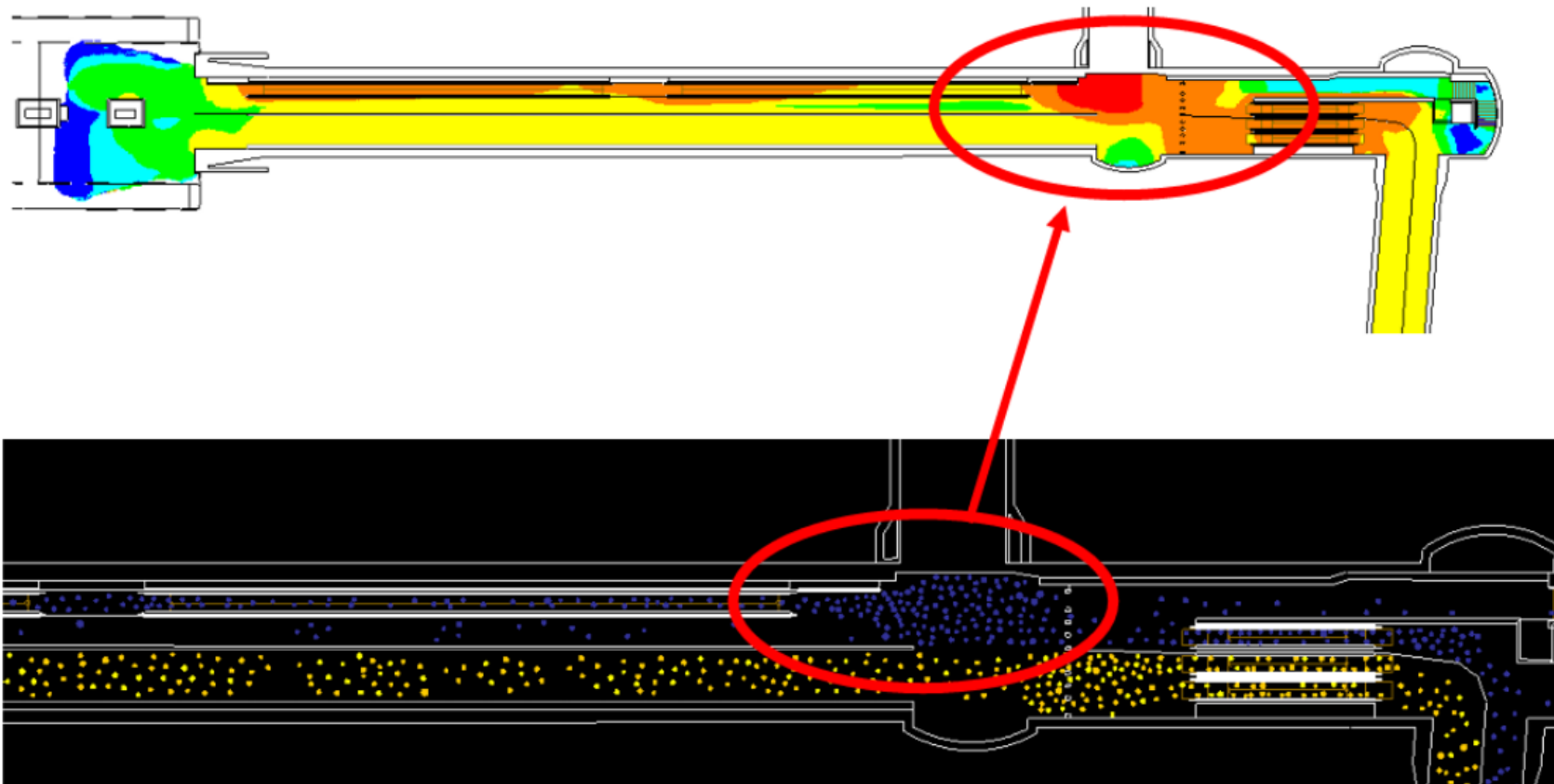


Figura 6 – Densidade Superior e Escala de Análise | Cenário Atual

- Transferência opera entre **LOS D e E**, com manchas pontuais de **LOS F**.
- As **esteiras** são obrigatórias para acessibilidade, pois a rampa é íngreme demais.

Como o túnel se comporta hoje

Nível de Serviço (Escala Fruin) – Densidade média



Visualização do perfil de uso: **filas pelo caminho de menor esforço**, bloqueiam o sentido Consolação.

Figura 7 – Representação do fluxo e leitura do mapa de LOS | Cenário Atual

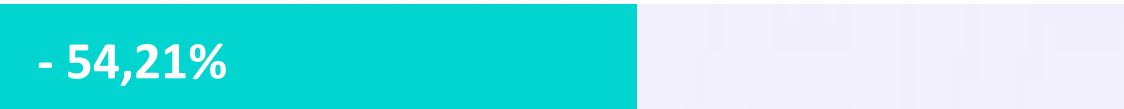
Resultados da Simulação | Cenário Projetado

Impacto do faseamento de 4 fases no túnel

Redução da seção do túnel



Queda da capacidade de transporte



Canal remanescente



Legenda: barras = perda em relação à condição atual do túnel

Marca azul = Limite mínimo de faixa livre segundo NBR 9050:2020

LOS F
Da transferência até a plataforma de Consolação

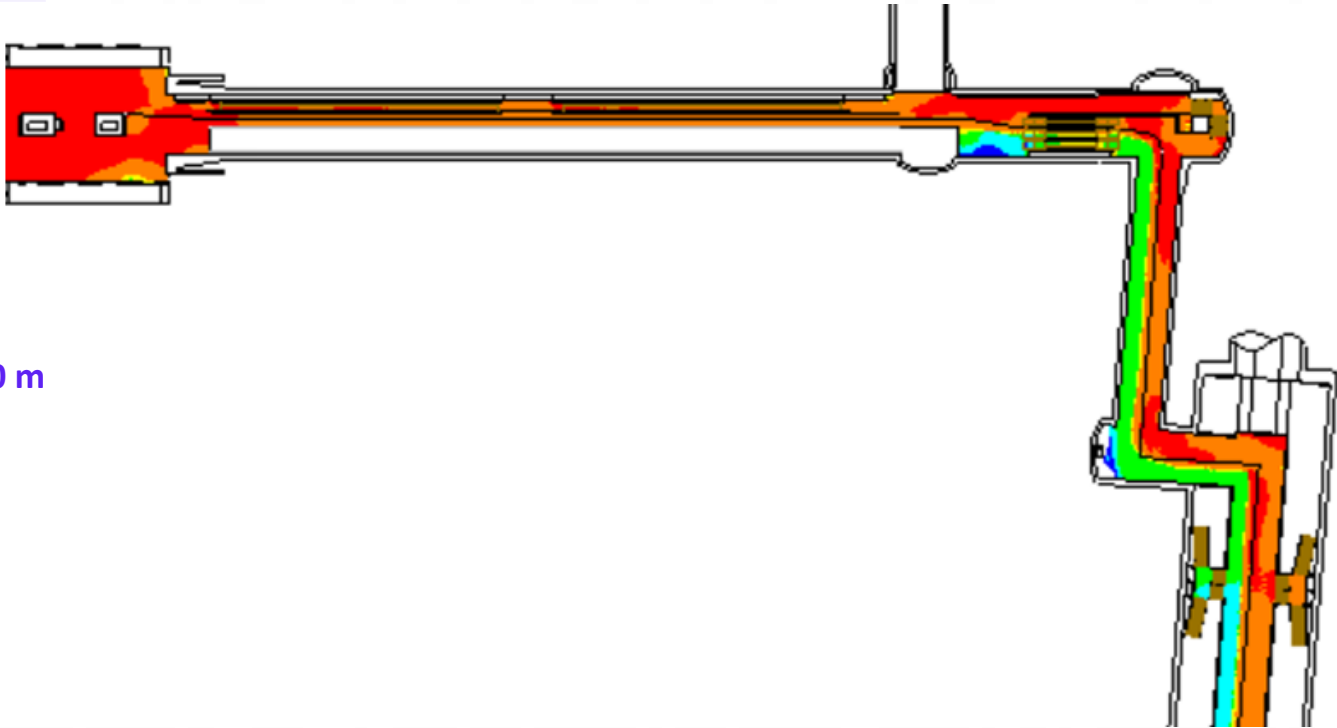


Figura 7 – Nível de Serviço (Escala de Fruin) – Densidade Média | Cenário com interdição

Resultados da Simulação | Cenário Projetado

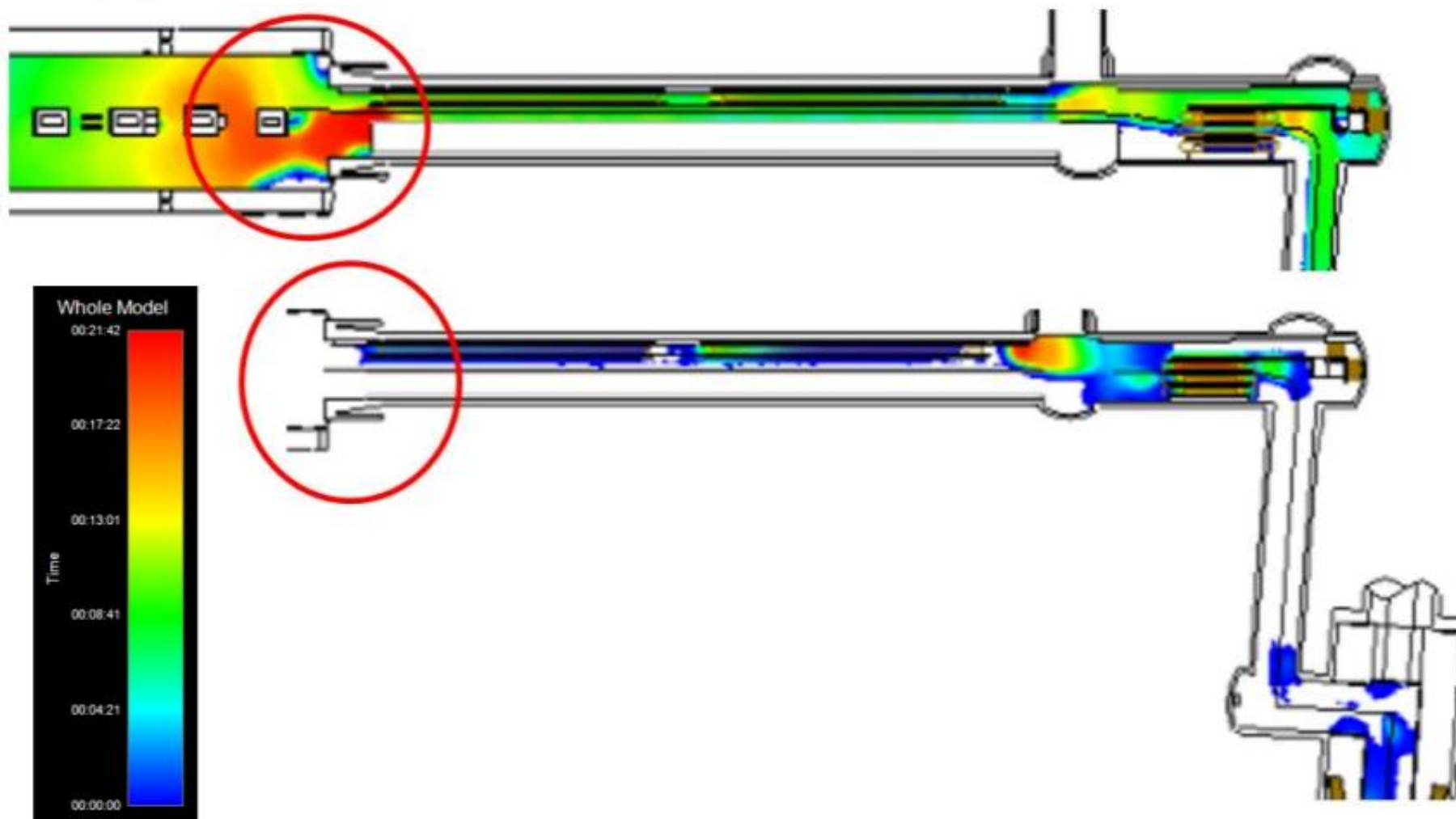


Figura 8 – Comparação dos mapas de densidade Superior | Cenário Projetado X Cenário Atual

Capacidade de Transporte **Incompatível**

Fase 1

Proposta Metrô

~14 mil pass/h

Capacidade Atual

Baseline (100%)

~30 mil pass/h

A demanda **supera** a capacidade máxima

- 2 canais da esteira rolante (somente no sentido CNS)
- 2 canais da rampa fixa com largura total de 1,78 m
- 1 seria usado para CNS e 1 seria usado para ir para PTA

O estudo foi instrumento de renegociação do faseamento e data da obra com o objetivo de **mitigar os impactos** aos clientes.

Principais Impactos Mapeados

01

Queda **abrupta** no nível de serviço da transferência

02

Desligamento de **escadas** rolantes

03

Tempo de evacuação não compatível com as **normas de segurança**

04

Desligamento das **esteiras** rolantes;

05

Retenção de clientes na plataforma de Consolação – Impacto no intervalo programado

06

Aumento do **risco** de acidentes;

07

Desligamento de **escadas** rolantes

08

Não cumprimento da **NBR de acessibilidade**

Conclusões

Decisões de intervenção precisam preservar a capacidade operacional e a qualidade do serviço ao passageiro.

A simulação computacional se mostrou eficaz para antecipar impactos e integrar planejamento e operação

32^a

SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

OBRIGADO(A)!

Dayani Larissa Gomes dos Santos – dayani.santos@motiva.com.br

Laís Pinheiro Nunes – lais.nunes@motiva.com.br

Leonardo Hideyoshi Ueda – leonardo.ueda@motiva.com.br

Luíza Fernandes Martins – luiza.martins@motiva.com.br



13ª Edição
Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP TRILHOS
Associação Nacional dos Transportadores
de Passageiros sobre Trilhos

TIC TRENS

 **AEAMESP**
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ