

PROPOSTA PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DE TRACÇÃO EM HORÁRIOS DE VALE COM A UTILIZAÇÃO DO RECURSO DE RESTRIÇÃO DE VELOCIDADE DO SISTEMA DE SINALIZAÇÃO CBTC EM TRECHOS ESPECÍFICOS DA VIA E RECUPERAÇÃO DE HEADWAY COM A REDUÇÃO DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ZONA DE MANOBRA

Walter da Costa Pinto Neto

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária



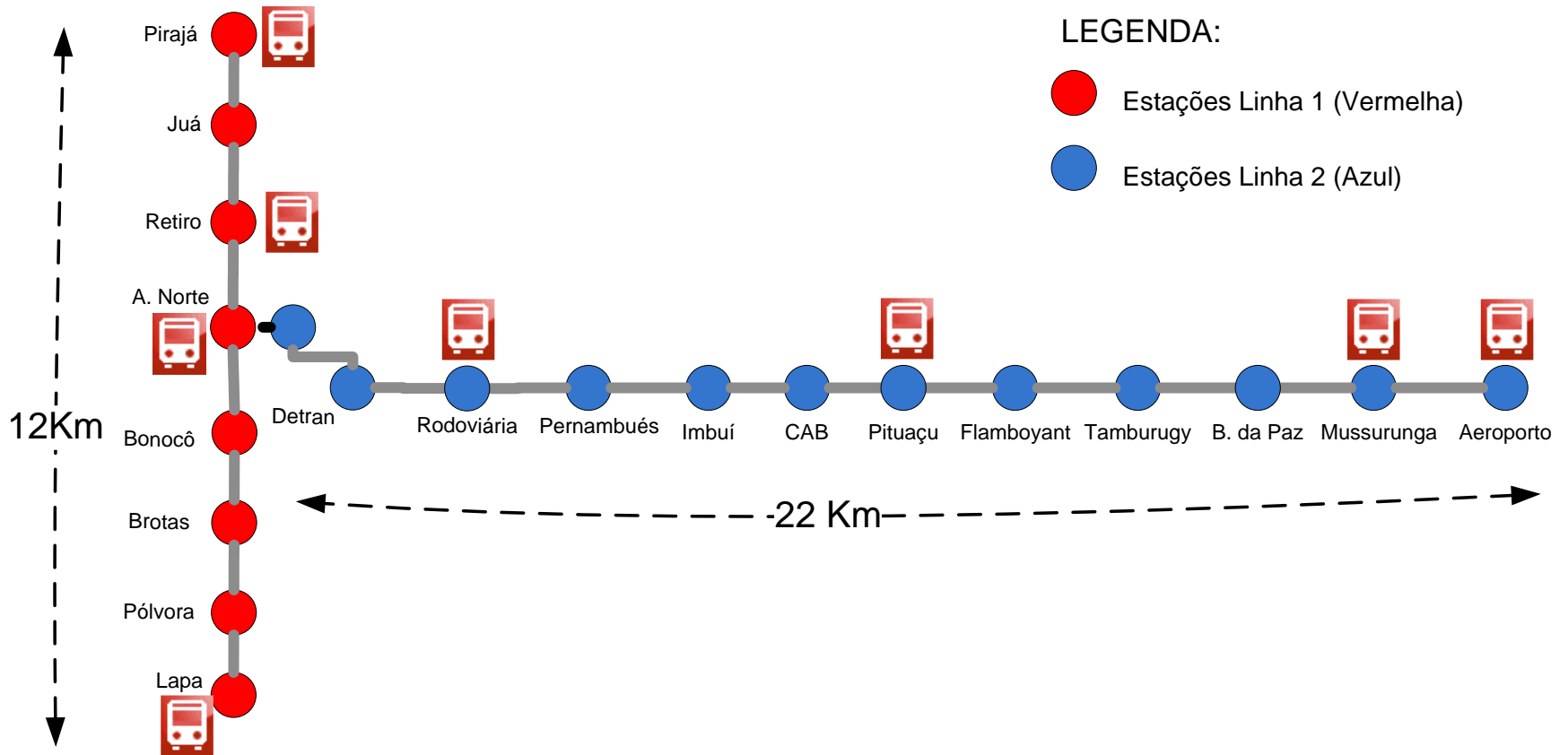
ROTEIRO

- Contexto
- Metodologia
- Testes Realizados
- Resultados



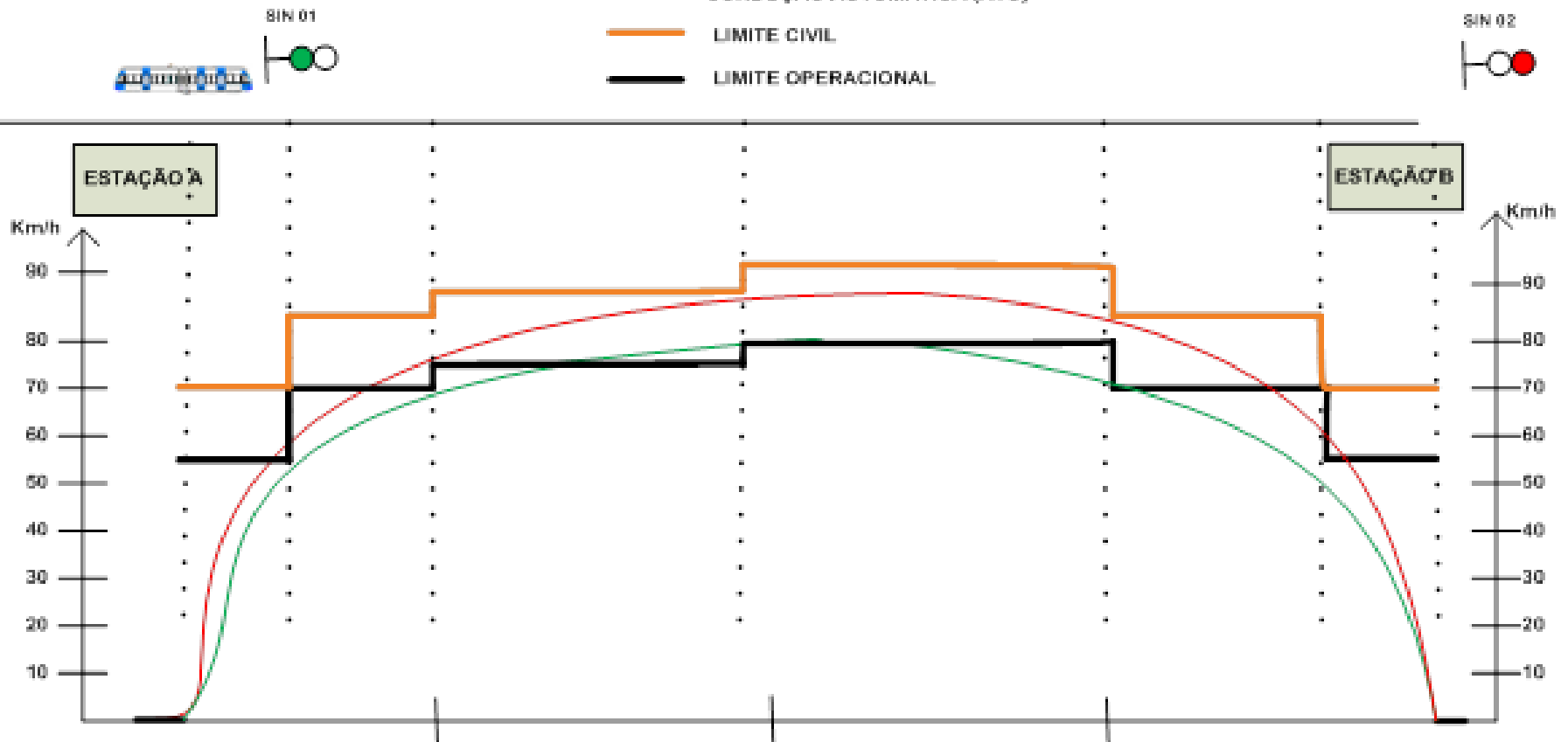
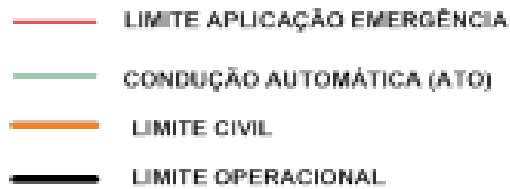
CONTEXTO

- Metrô Bahia – Linhas 1 e 2
- Redução do Consumo de Energia Elétrica (2º Maior Custo Fixo)



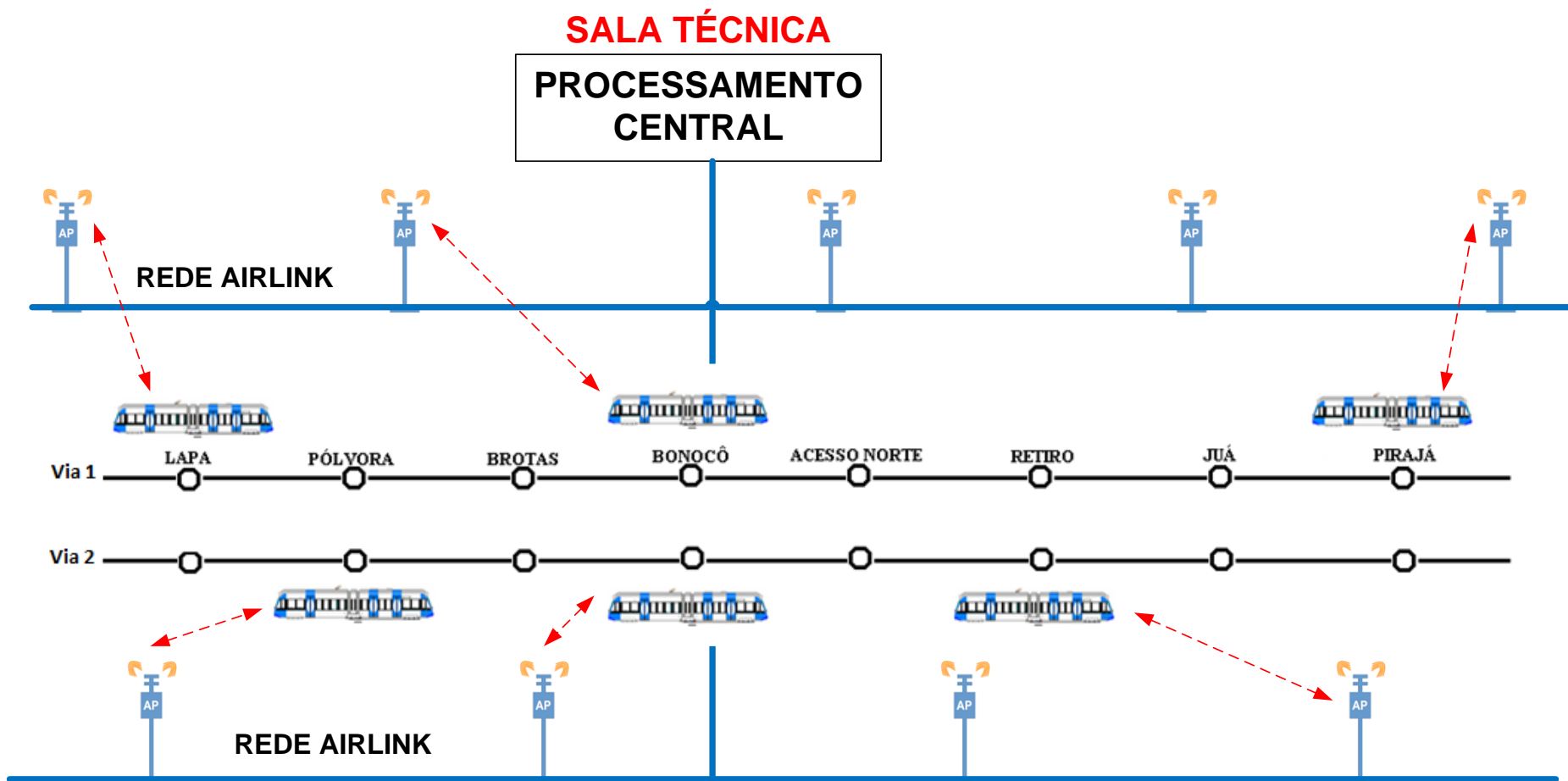
CONTEXTO

- CBTC - Base de Dados – Perfil de Velocidade da Via
- ATO – Condução Automática do Trem Entre Estações



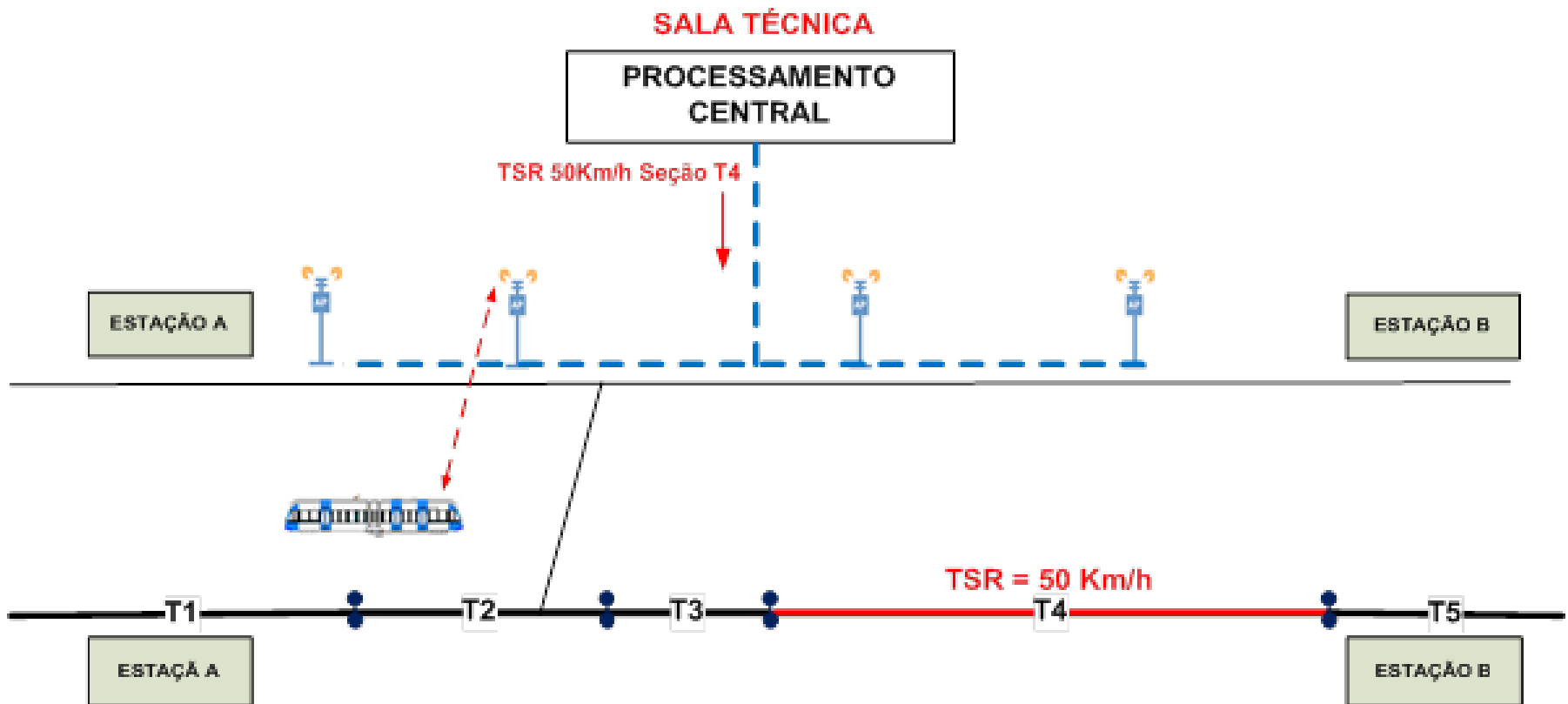
CONTEXTO

- CBTC - Comunicação Trem-Via (Rede Sem Fio)
- Comandos e Troca de Dados Trem-Via em Tempo Real



CONTEXTO

- CBTC - Comunicação Trem-Via X Restrição de Velocidade (TST - *Temporary Speed Restriction*)



METODOLOGIA

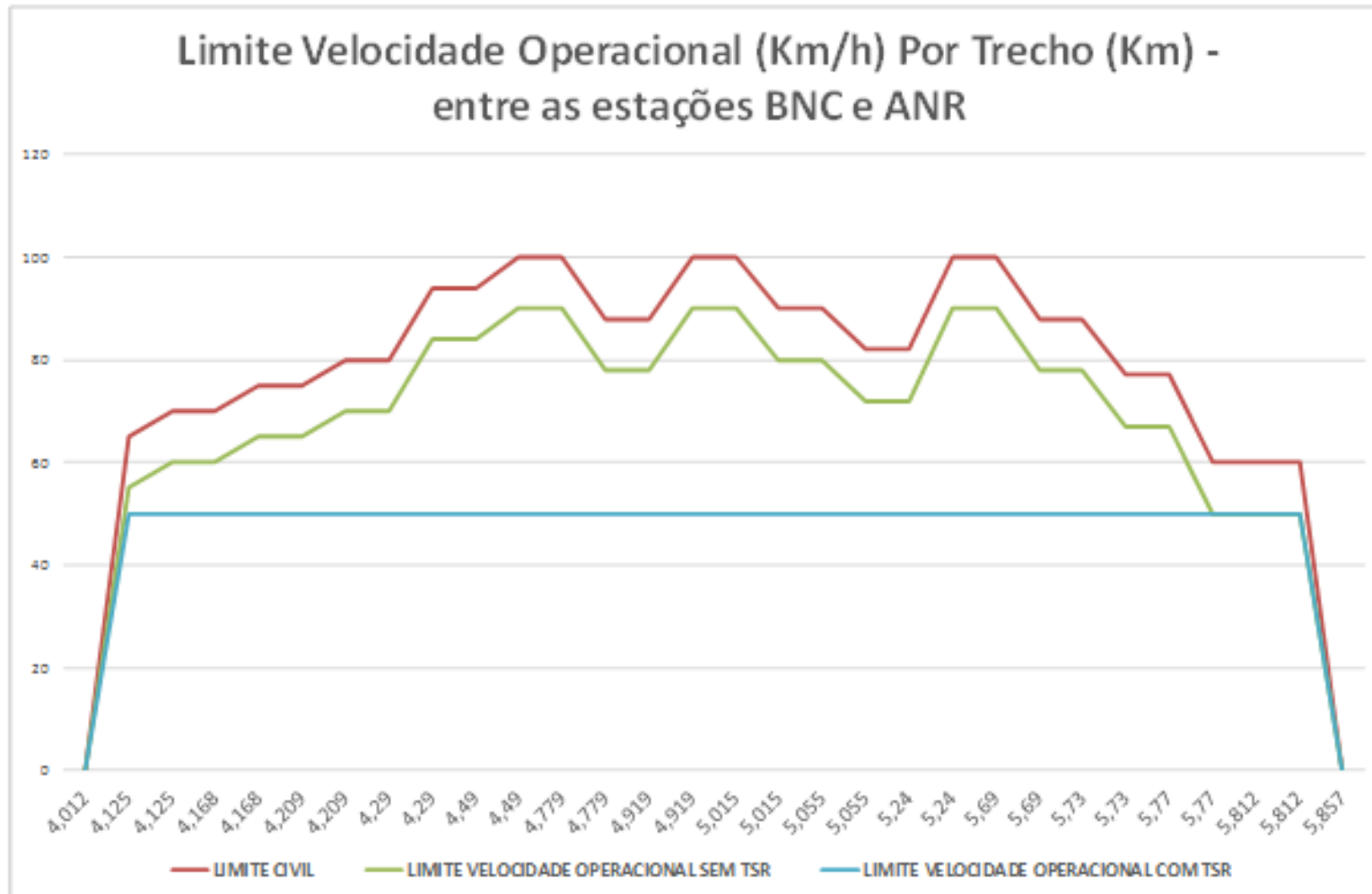
- Critério: Somatório das Variações de Velocidades Operacionais por Trecho da Linha 1 do Metrô Bahia
- Escolha do trecho Bonocô – Acesso Norte para o Estudo



Fonte: Google Maps

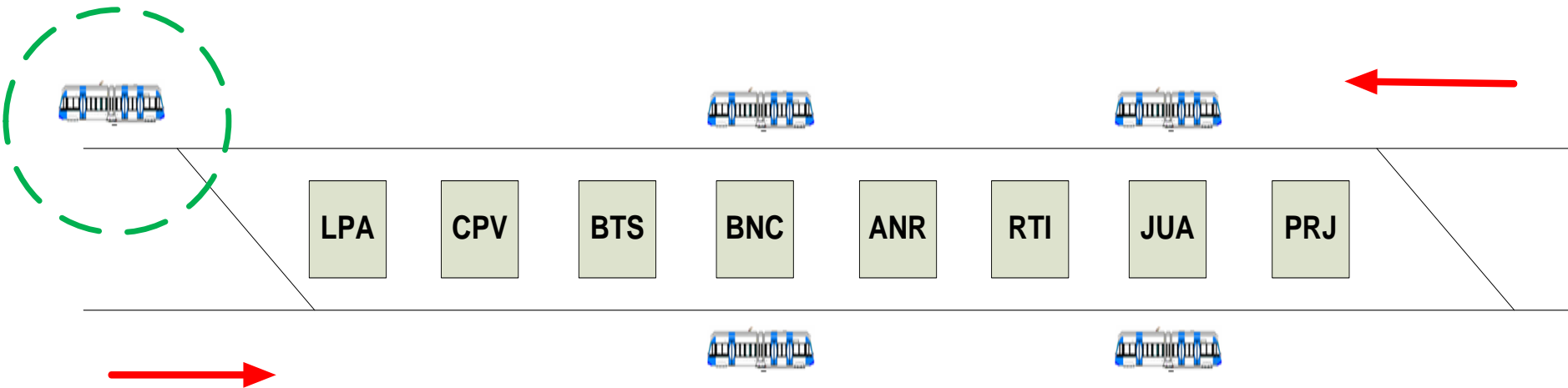
METODOLOGIA

- Escolha do trecho Bonocô – Acesso Norte para o Estudo



METODOLOGIA

- Critério: Horário Vale (5 Trens)
- Intervalo Entre Trens 7,2 min (Tabela Horária)



- Tempo Completo Total de Uma Volta = 36 min (ATO)
- Tempo de Retenção Medido em ZM (19:00 às 00:00) = 2 min e 1 seg (Tabela Horária)

METODOLOGIA

- Cálculo: Coletar Amostras de corrente (A) e tensão (V) dos registros do Trem (Cenários COM e SEM TSR de 50 Km/h)

$$E (kWh) = \sum_{x=0}^n V(x) \times I(x) \times \cos \varphi \times \Delta t (x)$$

$$E (kWh) \text{ Economizada} = \sum_{x=0}^n E (kWh) \text{ Com TSR}(x) - \sum_{x=0}^n E (kWh) \text{ Sem TSR}(x)$$

- V(x): Tensão de Linha de Tração;
- I(x): Corrente de Linha de Tração;
- $\cos\phi$ é o fator de potência (faixa de horário de medição)
- $\Delta t (x)$ é o tempo de medição da amostra
- "n" é a quantidade de amostras efetivo consumo de energia

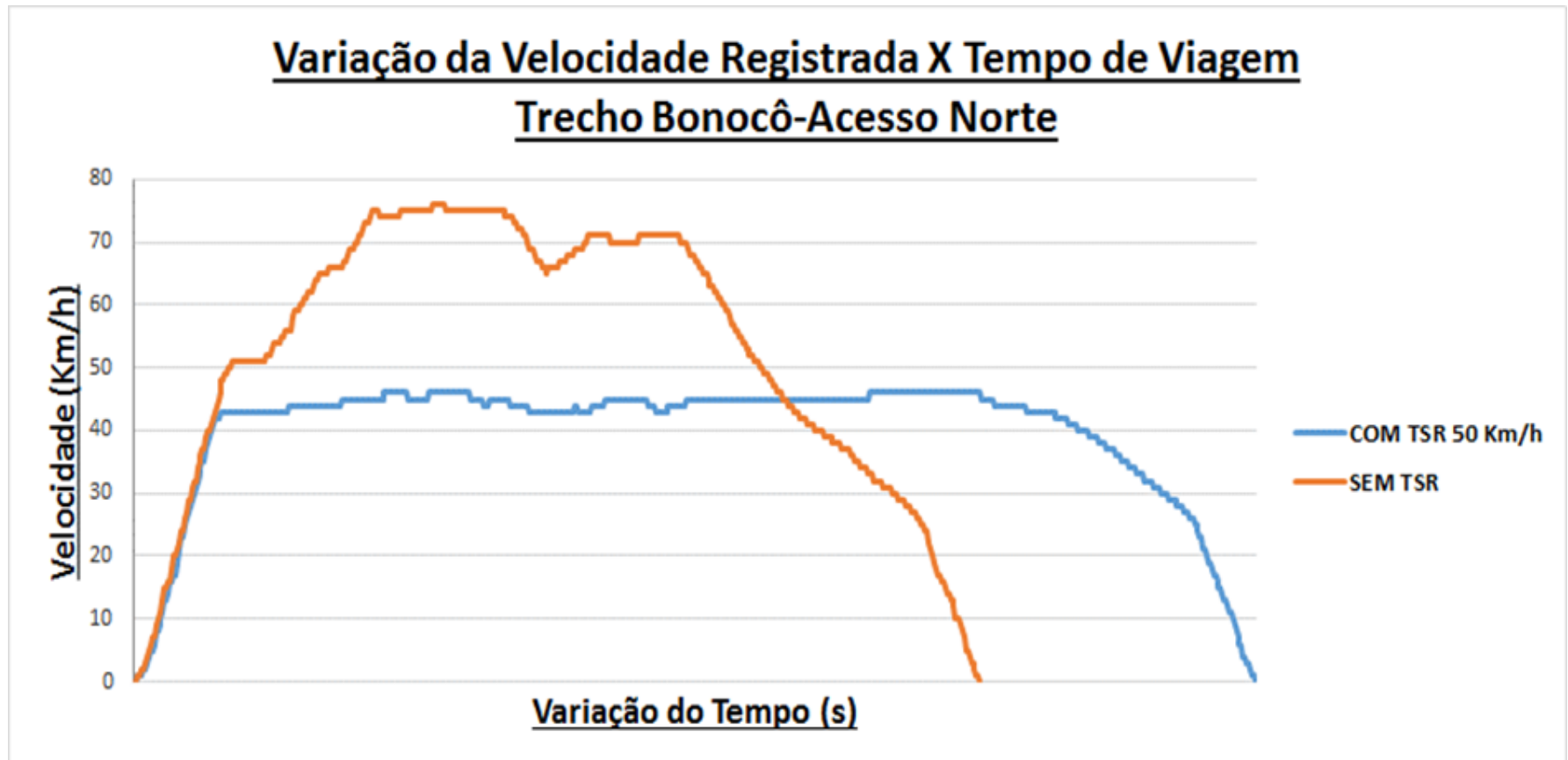
TESTES REALIZADOS

- Circulação no Trecho Bonocô – Acesso Norte
- Cenários COM e SEM TSR de 50 Km/h



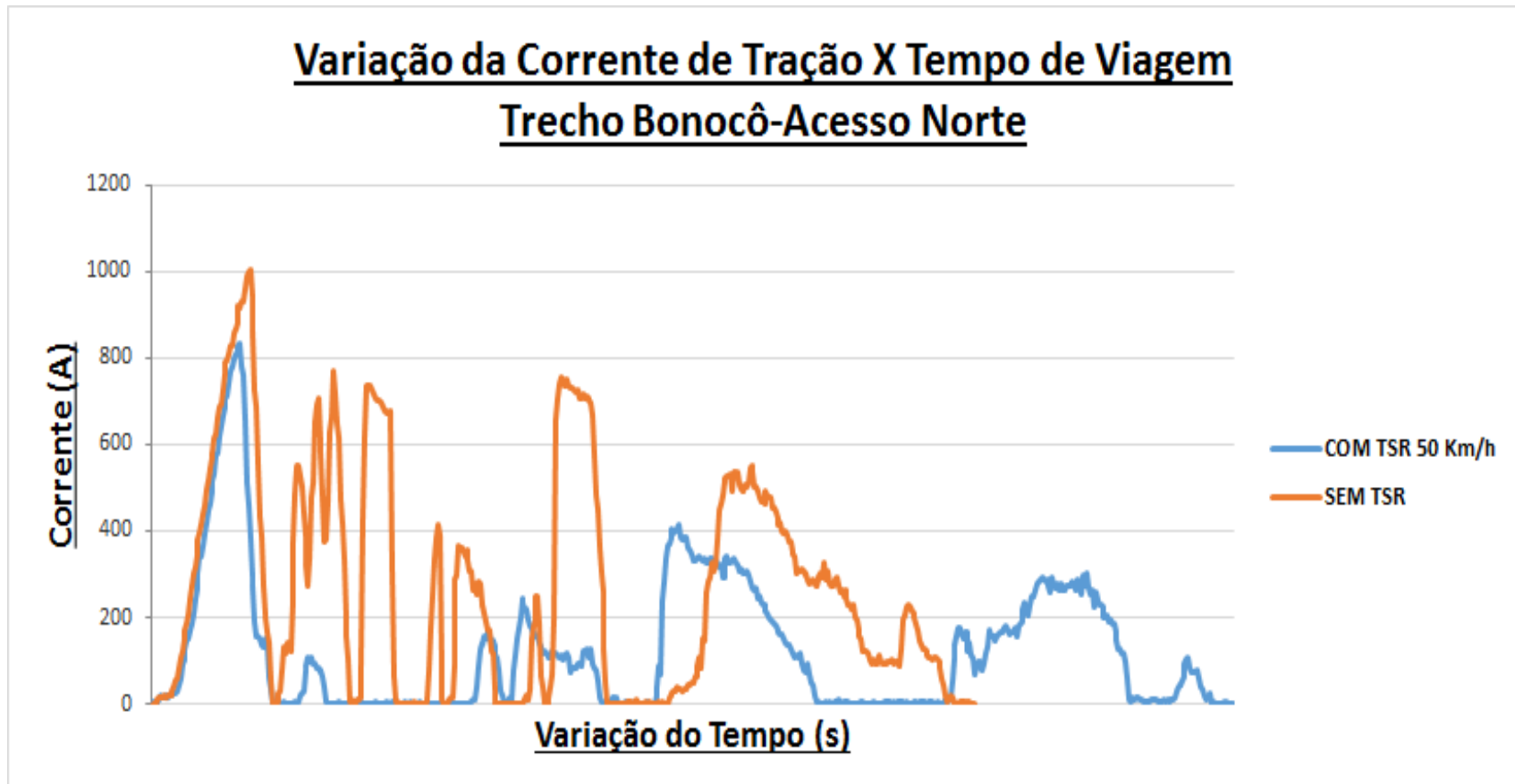
TESTES REALIZADOS

- Variação da Velocidade Medida – Cenários COM e SEM TSR de 50 Km/h



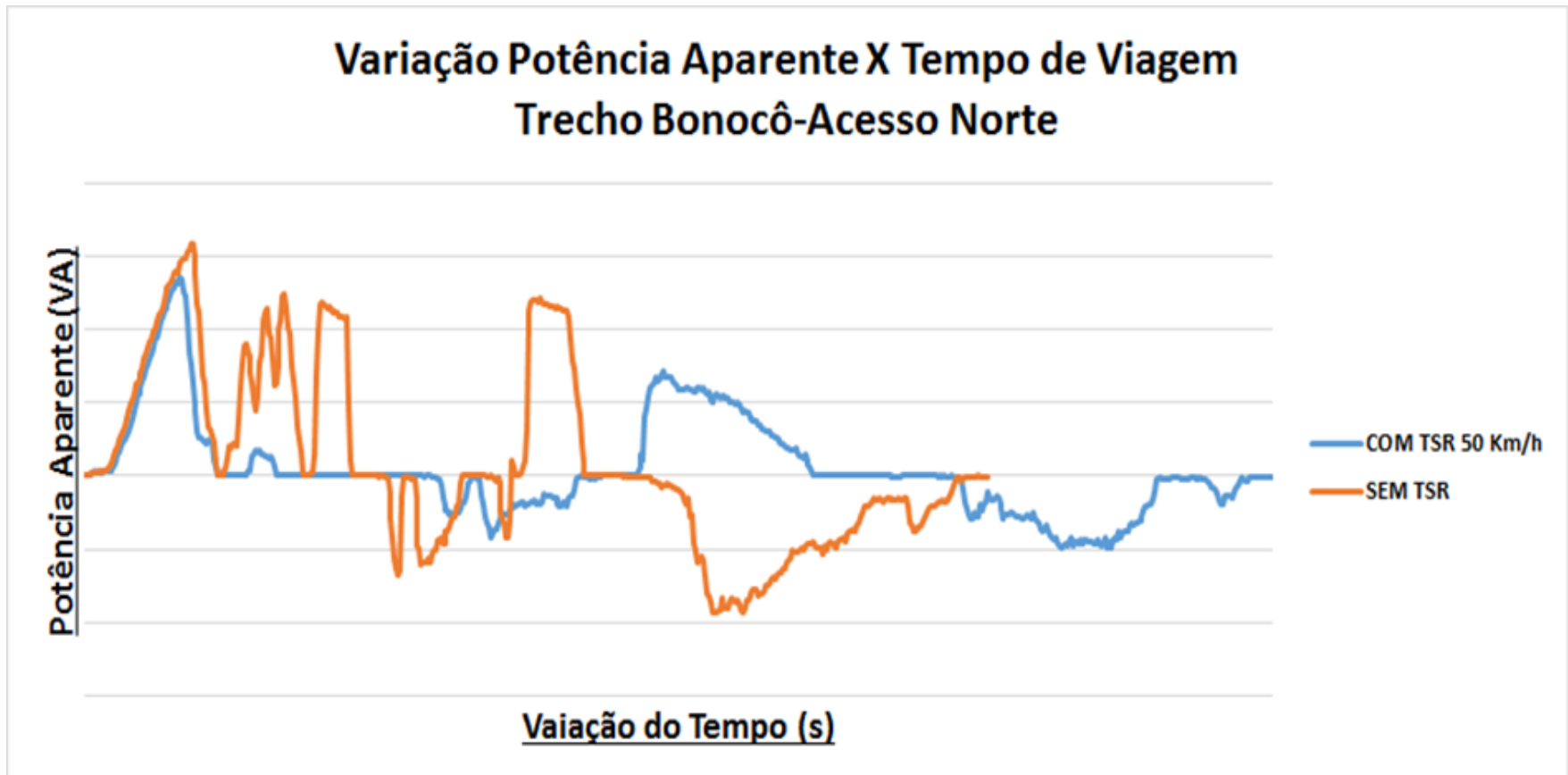
TESTES REALIZADOS

- Variação da Corrente Medida – Cenários COM e SEM TSR de 50 Km/h



TESTES REALIZADOS

- Variação da Potência Medida – Cenários COM e SEM TSR de 50 Km/h



RESULTADOS

Trecho BNC - ANR	SEM TSR	COM TSR (50 Km/h)	DIFERENÇA	
Tempo entre Estações	2 min 07 seg	2 min 46 seg	39 seg	
Velocidade Média	52,96 Km/h	39,89 Km/h	13,07 Km/h	24%
Quantidade Amostras	185	239	54	
Consumo Energia Trecho (Um Trem em ATO)	18,7 kWh	11,64 kWh	7,06 kWh	38%
Tempo de Retenção em ZM	2 min 01 seg	1 min 22 seg	39 seg	

Número de Trens em Circulação	Tempo de Aplicação da TSR no Horário Vale (em minutos)	kWh economizado (mês)	R\$ economizado (mês)	R\$ economizado (ano)	R\$ economizado (5 anos)	R\$ economizado (10 anos)
5	120	3.531,02	1.271,17	R\$ 15.254,00	R\$ 76.269,99	R\$ 152.539,97
5	240	7.062,04	2.542,33	R\$ 30.507,99	R\$ 152.539,97	R\$ 305.079,95
5	360	10.593,05	3.813,50	R\$ 45.761,99	R\$ 228.809,96	R\$ 457.619,92
5	480	14.124,07	5.084,67	R\$ 61.015,99	R\$ 305.079,95	R\$ 610.159,89

RESULTADOS

- E se não houver Tempo de Retenção na ZM?
- Possível Desde que Não Ultrapasse Headway Contratual (10 minutos)
- Compensação da TSR/Headway possível no Tempo de Prestação de Serviço (<30 seg) em Horários Vale.

Faixa de Horário	DIAS ÚTEIS	Entradas Passageiros por Minuto	Porcentagem de Entradas
5 às 6	VALE	13	1,59%
6 às 7	VALE	68	5,17%
7 às 8	PICO	149	8,90%
8 às 9	VALE	161	8,49%
9 às 10	VALE	96	4,86%
10 às 11	VALE	78	4,29%
11 às 12	VALE	74	4,59%
12 às 13	VALE	100	5,89%
13 às 14	VALE	101	5,80%
14 às 15	VALE	94	5,02%
15 às 16	VALE	95	5,63%
16 às 17	VALE	128	7,88%
17 às 18	VALE ATÉ 17:30 / PICO APÓS 17:30	197	11,52%
18 às 19	PICO ATÉ 18:30 / VALE APÓS 18:30	197	10,14%
19 às 20	VALE	197	4,47%
20 às 21	VALE	52	2,36%
21 às 22	VALE	37	1,96%
22 às 23	VALE	29	1,17%
23 às 0	VALE	9	0,27%

Fonte: Dados Operacionais – Metrô Bahia

5,76%

RESULTADOS

Número de Trens em Circulação	Tempo de Aplicação da TSR no Horário Vale (em minutos)	kWh economizado (mês)	R\$ economizado (mês)	R\$ economizado (ano)	R\$ economizado (5 anos)	R\$ economizado (10 anos)
6	120	4.237,22	1.525,40	R\$ 18.304,80	R\$ 91.523,98	R\$ 183.047,97
6	240	8.474,44	3.050,80	R\$ 36.609,59	R\$ 183.047,97	R\$ 366.095,93
6	360	12.711,66	4.576,20	R\$ 54.914,39	R\$ 274.571,95	R\$ 549.143,90
6	480	16.948,89	6.101,60	R\$ 73.219,19	R\$ 366.095,93	R\$ 732.191,87

Número de Trens em Circulação	Tempo de Aplicação da TSR no Horário Vale (em minutos)	kWh economizado (mês)	R\$ economizado (mês)	R\$ economizado (ano)	R\$ economizado (5 anos)	R\$ economizado (10 anos)
7	120	4.943,43	1.779,63	R\$ 21.355,60	R\$ 106.777,98	R\$ 213.555,96
7	240	9.886,85	3.559,27	R\$ 42.711,19	R\$ 213.555,96	R\$ 427.111,92
7	360	14.830,28	5.338,90	R\$ 64.066,79	R\$ 320.333,94	R\$ 640.667,88
7	480	19.773,70	7.118,53	R\$ 85.422,38	R\$ 427.111,92	R\$ 854.223,85

RESULTADOS

- O Estudo Mostrou que a Utilização de TSRs em Trechos Específicos Pode Reduzir o Consumo de Energia Elétrica
- Cenários de Trabalhos Futuros



OBRIGADO!

- Walter da Costa Pinto Neto (Analista Engenharia CCR Metrô Bahia)
- E-mail: walter.neto@grupoccr.com.br
- Telefones: (71) 996180655 (Corporativo) / (71) 988072195 (Pessoal)

