

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Mauricio Romera Alves

22ª Semana de Tecnologia Metroferroviária



Instruções para a apresentação

O tempo de cada apresentação será de 30 minutos (trabalho técnico) ou 20 minutos (painel).

Lembre-se das regras de ouro:

Evite utilizar muitos slides – uma boa medida é calcular 2 minutos por tela.

Utilize pouco texto em cada tela e evite as letras em corpo miúdo.

Instruções para a apresentação

Use muitas imagens, mas evite gráficos complexos.
Se não puder evitar, reserve mais tempo nessa tela para poder explicar bem.

Nunca use tabelas complexas.

Sempre coloque títulos e legendas nos gráficos e tabelas.

Cite sempre as fontes dos dados.

(aqui é possível utilizar letras miúdas)

Instruções para a apresentação

Respeite os espaços, fontes e corpo (tamanho das letras) do modelo.

Não cubra os elementos gráficos do modelo com textos, gráficos ou fotos.

Não coloque logomarcas de empresas, especialmente sobre os elementos gráficos.

Obs: esqueça o que você viu nestas telas; elas contêm texto demais. Veja a seguir...

Regras de Ouro

- Poucos slides
 - Pouco texto e letras grandes
 - Gráficos e tabelas simples, com legendas
 - Fotos bonitas e grandes
 - Respeite o modelo
-
- Lembre-se: em apresentações, MENOS É MAIS!

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Mauricio Romera Alves

mralves@metrosp.com.br

22ª Semana de Tecnologia Metroferroviária



Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Áreas do Metrô participantes do trabalho para aumento de velocidade na Linha 3 - Vermelha

DO	GMT	MTT	EPN
			EPR
			PPA
		MTS	ENC
			OFJ
		MTR	MRL
		CNT	
	GOP	OPC	
DM	GCS	CSS	SIE

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Necessidade do Trabalho

- Aumentar a velocidade dos trens da Linha 3 na condição de baixa aderência (BX), reduzindo o tempo de viagem nessas condições.
- Na Linha 3 – Vermelha 75% da extensão é de trecho descoberto, portanto, a condição de chuva prejudicava significativamente o desempenho dessa Linha.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Solução adotada na Linha 1

- Os sistemas de freio das frotas da Linha 1 foram modernizados, resultando em um aumento da taxa garantida de frenagem em BX, a qual era de $0,835 \text{ m/s}^2$ e passou a ser de $1,0 \text{ m/s}^2$. Essa melhora na taxa foi comprovada por um estudo contratado pelo Metrô.
- O aumento da taxa possibilitou reduzir a restrição de velocidade em BX de 71% para 86%.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Taxa de frenagem garantida na Linha 3

- O Metrô adquiriu duas novas frotas de trens, frotas G e H, as quais operam na Linha 3. Essas frotas foram fabricadas com sistema de freio modernos.
- O estudo que comprovou o aumento da eficiência dos freios não foi realizado nas novas frotas, assim, seus resultados não foram estendidos para essas frotas. Para a Linha 3 foi mantida a taxa de $0,835 \text{ m/s}^2$.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Sinalização da Linha 3 - Vermelha

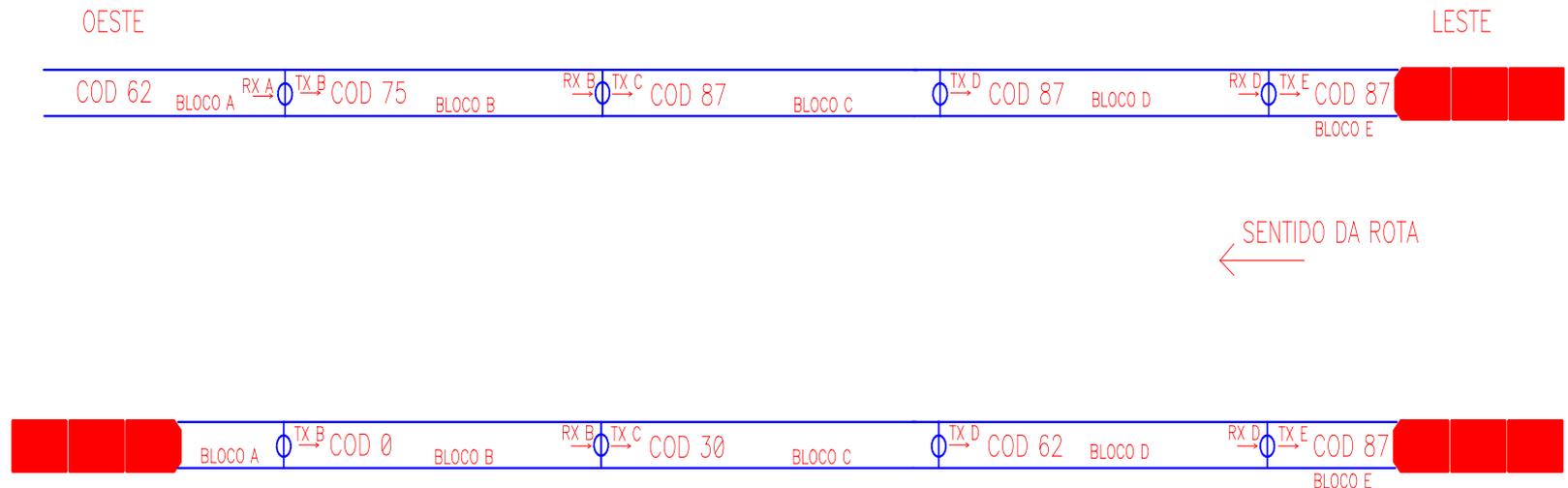
- A sinalização da Linha 3 é do tipo bloco fixo, sendo a via dividida em blocos.
- Em cada bloco é transmitido um sinal codificado, correspondente a máxima velocidade permitida nele. Quando um trem entra nesse bloco, ele recebe esse sinal e obedece ao limite de velocidade.



Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Perfis de ocupação

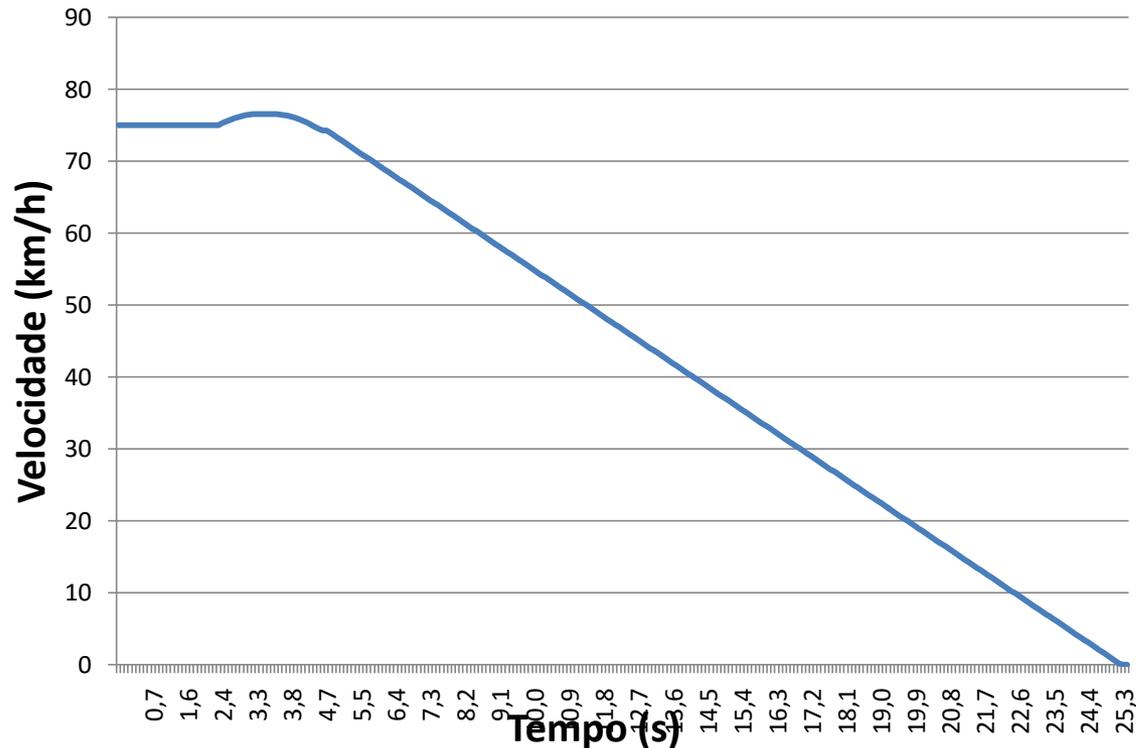
- Quando um trem ocupa o bloco A ocorre a redução de código nos blocos B, C e D.



Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Projeto dos circuitos de via e perfis de ocupação – Programa SAFEPRO

Redução de código 75 para 0



Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Parâmetros do SAFEPRO

- Códigos: 0, 10, 30, 44, 62, 75, 87 e 100 km/h
- Zona de confusão: 7 m
- Atraso para perda de código: 0,9 e 1,9 s
- Jerk: $-0,8 \text{ m/s}^3$
- Taxa de frenagem: $1,0 \text{ m/s}^2$
- Tabela aceleração x velocidade

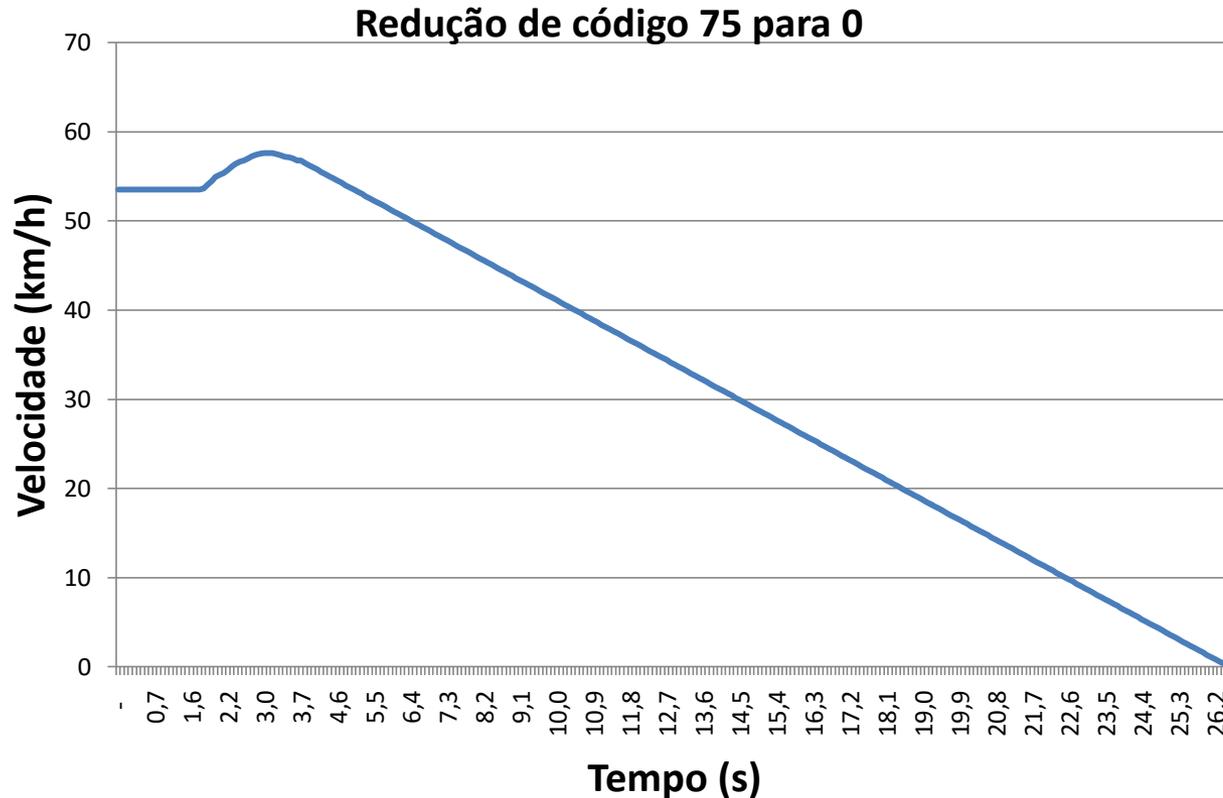
Aumento da velocidade em BX na Linha 3

- Tabela de Aceleração x Velocidade

Código	Aceleração (m/s ²)
10	1,131
30	1,138
44	1,144
62	0,971
75	0,758
87	0,531
100	0,340

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Modelo de frenagem em BX (71%)



Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Parâmetros modelo de BX (71%)

- Velocidades comandadas

Código	0	10	30	44	62	75	87	100
Velocidade Máxima de ATP (km/h)	0	8	21	32,5	46	54	61,5	71

- Zona de confusão: 7 m
- Atraso para perda de código

Código	10	30	44	62	75	87	100
Tempo (s)	1,000	1,500	1,388	1,167	1,111	1,055	1,000

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

- Taxa de frenagem: $0,695 \text{ m/s}^2$ (5/6 $0,835$)
- Jerks: $-1,43 \text{ m/s}^2$ p/ propulsão e $-0,562 \text{ m/s}^2$ p/ freio
- Tabela de aceleração x velocidade

Velocidade (km/h)	7,5	20	24,5	30,5	36,5	43	52	60	63,5	70	73,5	85
Aceleração (m/s^2)	1,360	1,360	1,360	1,360	1,280	1,200	1,145	1,076	1,036	0,943	0,914	0,700

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Condição para determinar a velocidade de BX

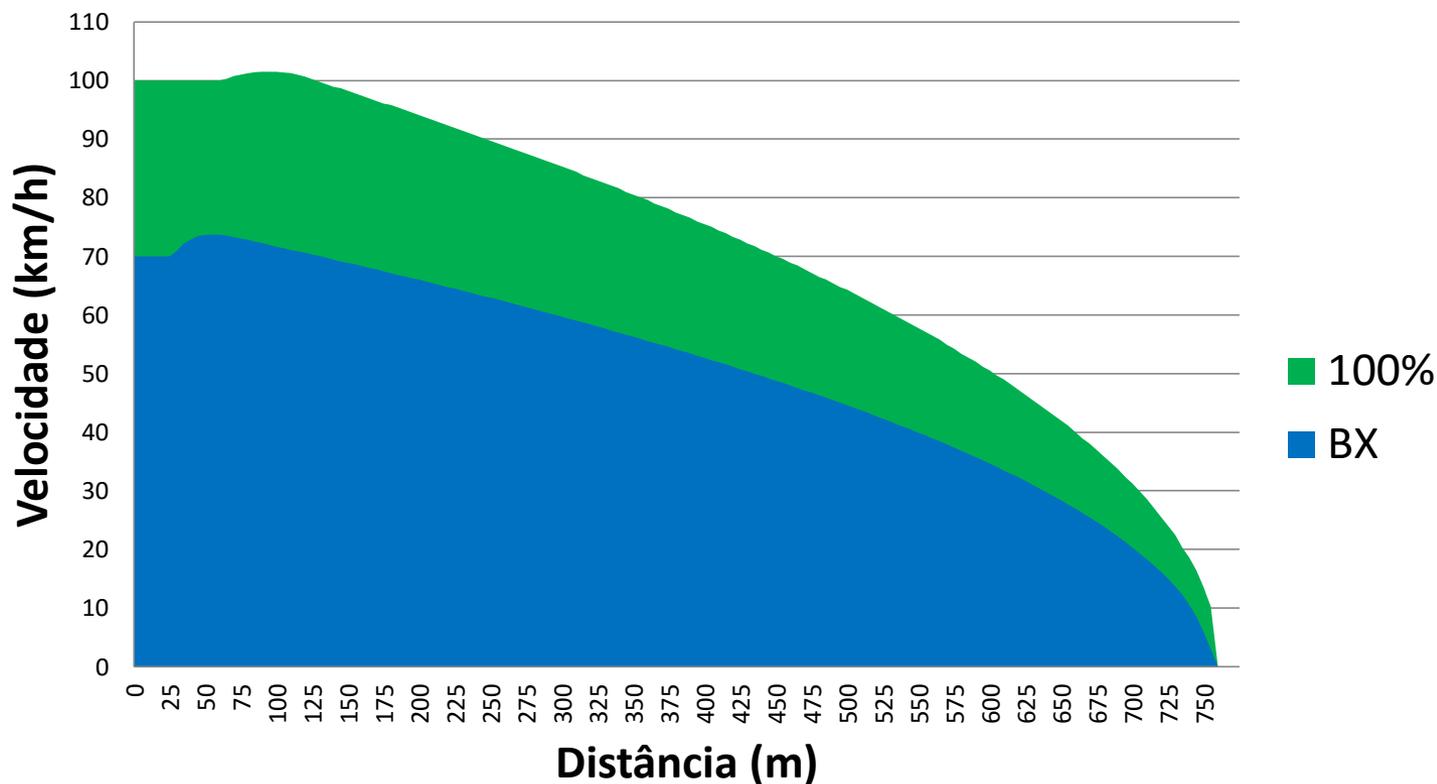
- Distância de frenagem do modelo BX nunca maior que a do modelo SAFEPRO.

Velocidades anteriores em BX

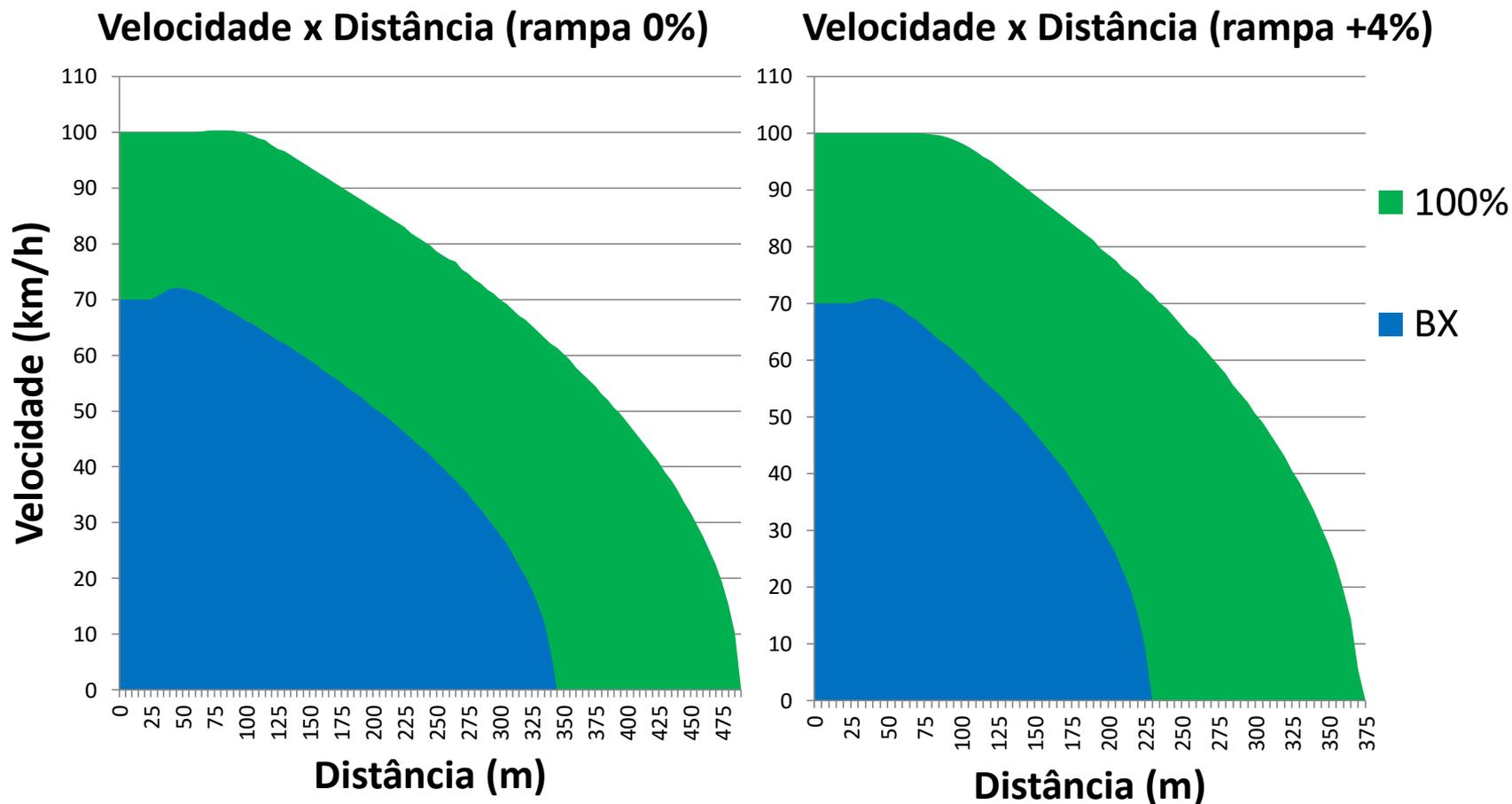
- A restrição anterior de velocidade para BX na linha 3 era de 71%, determinada para o máximo declive da via de -4%.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Velocidade x Distância (rampa -4%)



Aumento da velocidade em BX na Linha 3



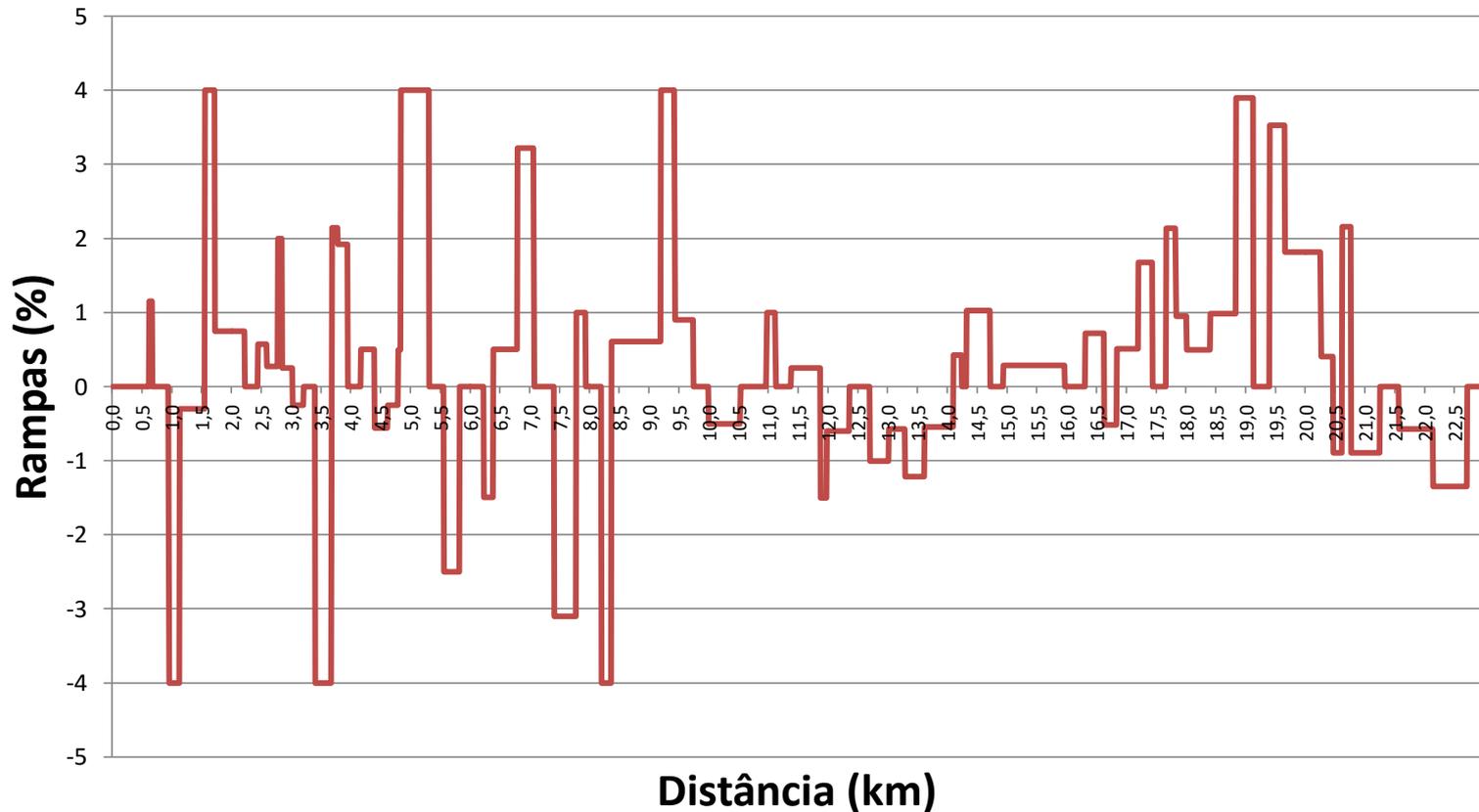
Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Distâncias de frenagem para BX 71%

Código (km/h)	Velocidade BX (km/h)	Distância rampa -4% (m)	
		SAFEPRO	BX
100	71,0	761,7	759,5
87	64,5	602,9	594,7
75	54,0	483,7	477,2
62	46,0	368,6	365,1
44	32,5	227,0	214,3
30	21,0	123,6	112,4
10	8,0	36,9	36,5

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Rampas da Via 2 da Linha 3

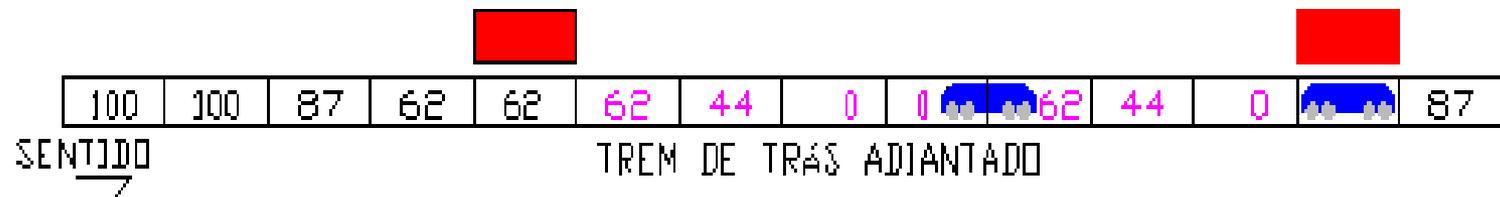
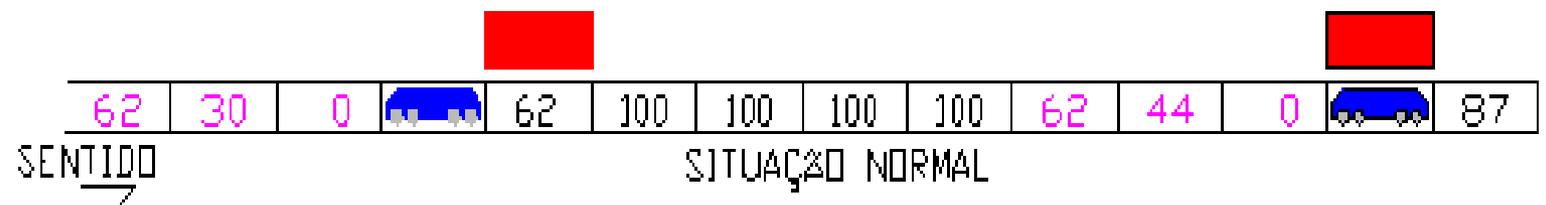
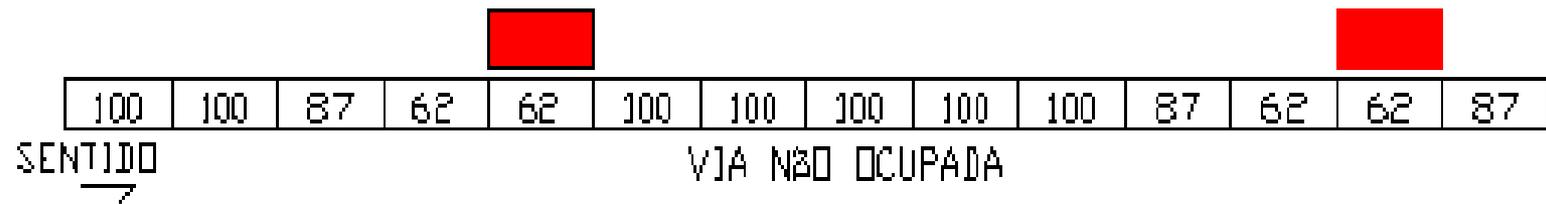


Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Condições para determinação das novas velocidades de BX

- Taxa garantida de frenagem em baixa aderência mantida em $0,835 \text{ m/s}^2$.
- A distância entre o ponto de parada do trem em BX e um circuito de via ocupado deve ser maior que 20 m.
- A distância entre o ponto de parada do trem em BX e um bloqueio fechado deve ser maior que 10 m.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3



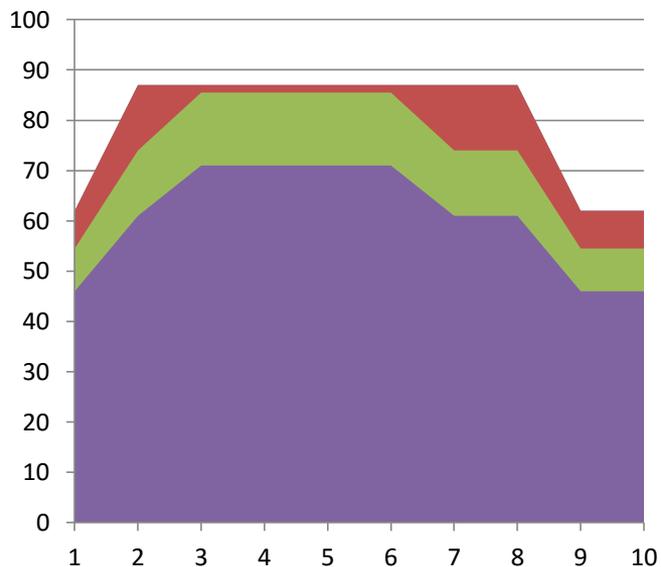
Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Alterações nas velocidade em BX da Linha 3

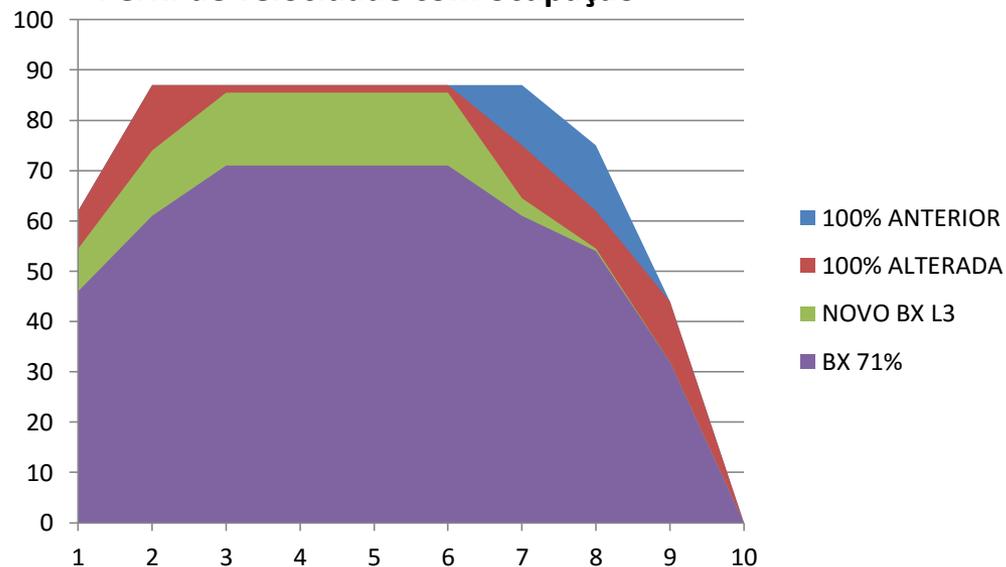
- Reduzir as restrições de velocidade apenas para os códigos de velocidade 62, 75, 87 e 100 km/h.
- Nos trechos de declive acentuado, passar parte da restrição para via, introduzindo restrição na via somente em perfis de ocupação.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Perfil de velocidade sem ocupação



Perfil de velocidade com ocupação



Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Ferramenta desenvolvida

- Para determinar as novas velocidades de baixa aderência e as modificações necessárias na sinalização de via, foi desenvolvido um novo programa, o qual simula o SAFEPRO e o modelo BX para toda uma via /sentido.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Listagem do simulador

Circuito de saída	Cota do início da redução	Código	Ponto de parada SAFEPRO	Ponto de parada do Modelo BX	Diferença SAFEPRO Modelo BX	Folga SAFEPRO	Folga Modelo BX -20m
TAT 2W05	55089,2	62	55330,9	55332,9	-2,0	111,1	89,1
TAT 2W05	55089,2	44	55241,1	55206,7	34,4	23,6	
TAT 2W06	54912,6	100	55413,2	55416,1	-2,9	28,8	5,9
TAT 2W06	54912,6	87	55310,8	55314,8	-4,0	131,2	107,2
TAT 2W06	54912,6	75	55235,1	55238,3	-3,2	29,6	6,4
TAT 2W06	54912,6	62	55160,2	55165,2	-5,0	104,5	79,5
TAT 2W06	54912,6	44	55066,1	55031,0	35,1	23,1	
TAT 2W07	54736,3	100	55245,3	55252,1	-6,8	19,4	-7,4
TAT 2W07	54736,3	87	55139,4	55146,1	-6,7	125,3	98,6
TAT 2W07	54736,3	75	55060,2	55064,3	-4,1	29,0	4,9
TAT 2W07	54736,3	62	54983,9	54988,9	-5,0	105,3	80,3
TAT 2W07	54736,3	44	54889,8	54854,7	35,1	22,8	
TAT 2W08	54561,5	62	54804,9	54807,2	-2,3	107,7	85,4
TAT 2W08	54561,5	44	54710,6	54673,8	36,8	25,7	

Código não existe no circuito

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Novas velocidades de BX na Linha 3

Código de Via (km/h)	Nova Velocidade em BX (km/h)	Redução na Velocidade (%)
100	85,5	85,5
87	74,0	85,1
75	64,5	87,1
62	54,5	87,9
44	32,5	73,9
30	21	70,0
10	8	80,0

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Alterações realizadas na via

- Para permitir a operação em BX com as novas restrições de velocidade, as simulações realizadas com o simulador desenvolvido para esse trabalho e com o simulador SAFEPRO adaptado para a taxa de BX, indicaram a necessidade de modificação em 49 pontos da via.

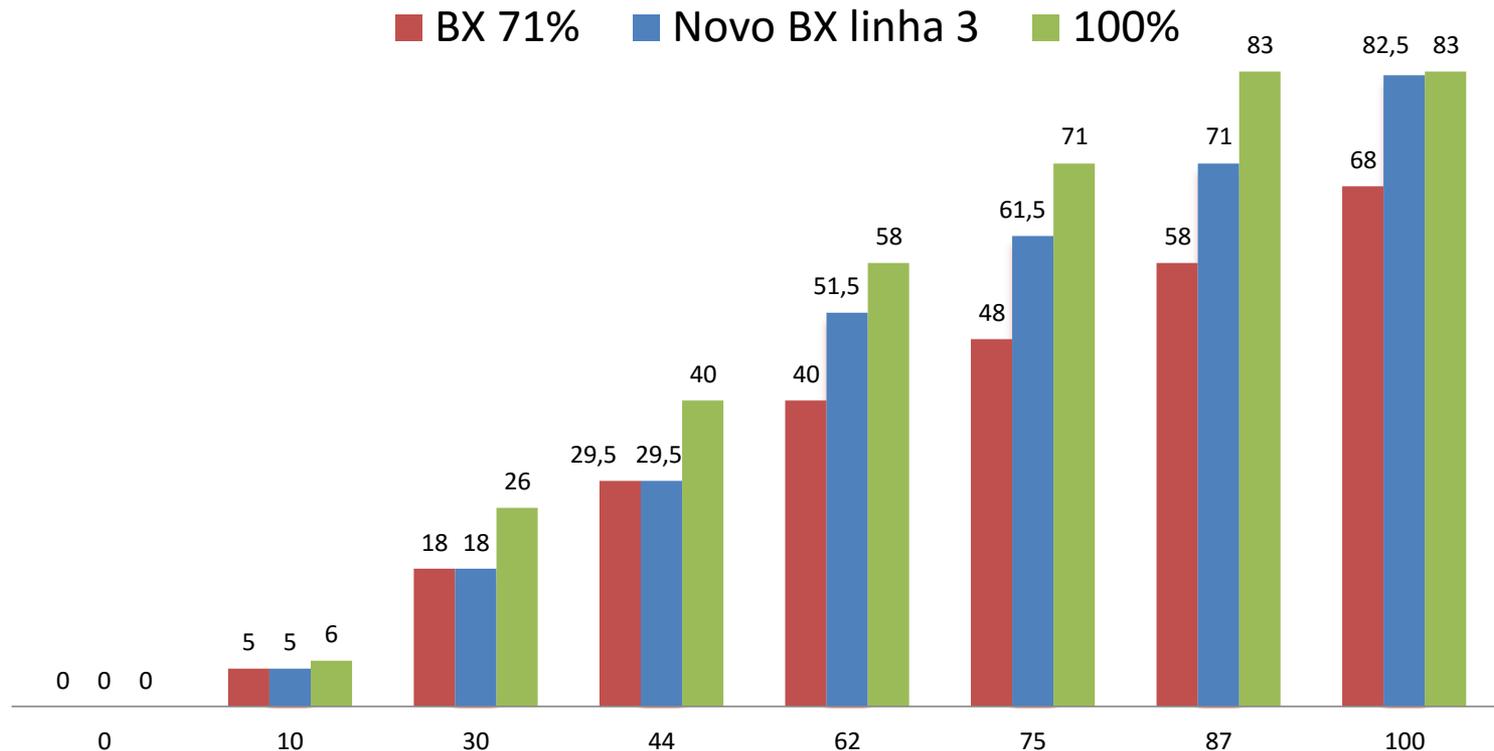
Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Testes realizados

- Em todos os circuitos onde a folga simulada para as novas velocidades foi menor que 50 m, foi realizado o teste Q300, tendo sido realizado esse teste em 52 pontos da via, em 18 acessos, de NOV/15 a JAN/16.

Aumento da velocidade em BX na Linha 3

Aumento de velocidade do trem



Aumento da velocidade em BX na Linha 3



Obrigado