

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

*Eng° Vito Labate*

*Eng° Onisley Oliveira Pinto*

*Eng° Emmanuel Luís Anselmo Joanitti*

**21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

# AEAMESP



# **Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway***

## **Curriculum Vitae dos Apresentadores**

### ***Vito Labate***

Ex-Funcionário da Companhia do Metropolitano de São Paulo;

Consultor na elaboração de Simulações para o dimensionamento de Sistemas de Tração para metrô (SP.; RJ; DF; e BH) e ferrovias (CPTM; e Supervias).

### ***Onisley Oliveira Pinto***

Chefe da Divisão de Projetos de Sistemas Fixos e Móveis da Companhia do Metropolitano do Distrito Federal;

Engenheiro Eletricista da empresa Delta Engenharia de 2004 à 2006.



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

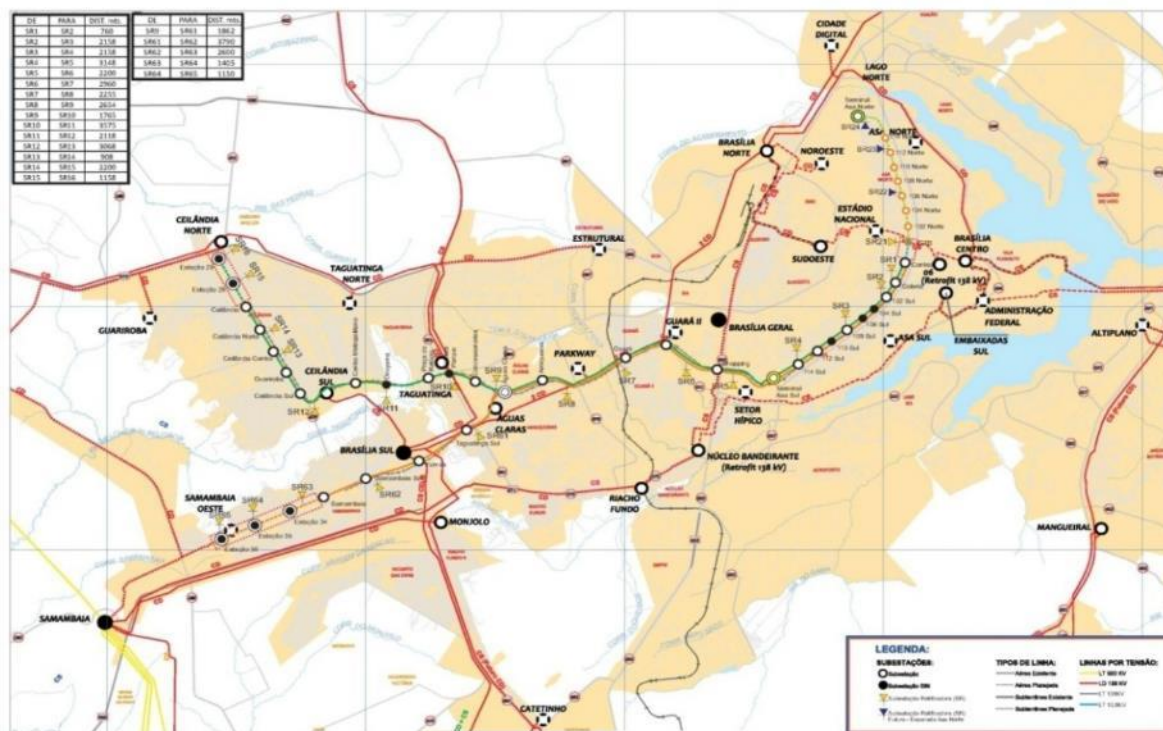
## INTRODUÇÃO

- Processo de Expansão e Modernização dos Sistemas do Metrô-DF.
- Extensão das linhas existentes: Asa Norte; Samambaia; e Ceilândia.
- Modernização dos Sistemas: Energia; Telecomunicações; e Sinalização e Controle.
- Redução do *headway* entre as estações Galeria do Trabalhador (futura) e Asa Sul (existente).



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## LOCALIZAÇÃO DAS SRs E ESTAÇÕES DO SISTEMA



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SISTEMA DE TRANSPORTE DO METRÔ DO DISTRITO FEDERAL

- Transporta aproximadamente 160 mil usuário dia.
- 24 (vinte e quatro) estações operacionais em 42 km de vias.
- Configuração das linhas em “Y”.
- Em 2012, o Metrô-DF firmou contrato com a Engevix para a elaboração do Projeto Básico da Expansão e Modernização, além da revisão do Funcional Operacional.



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA

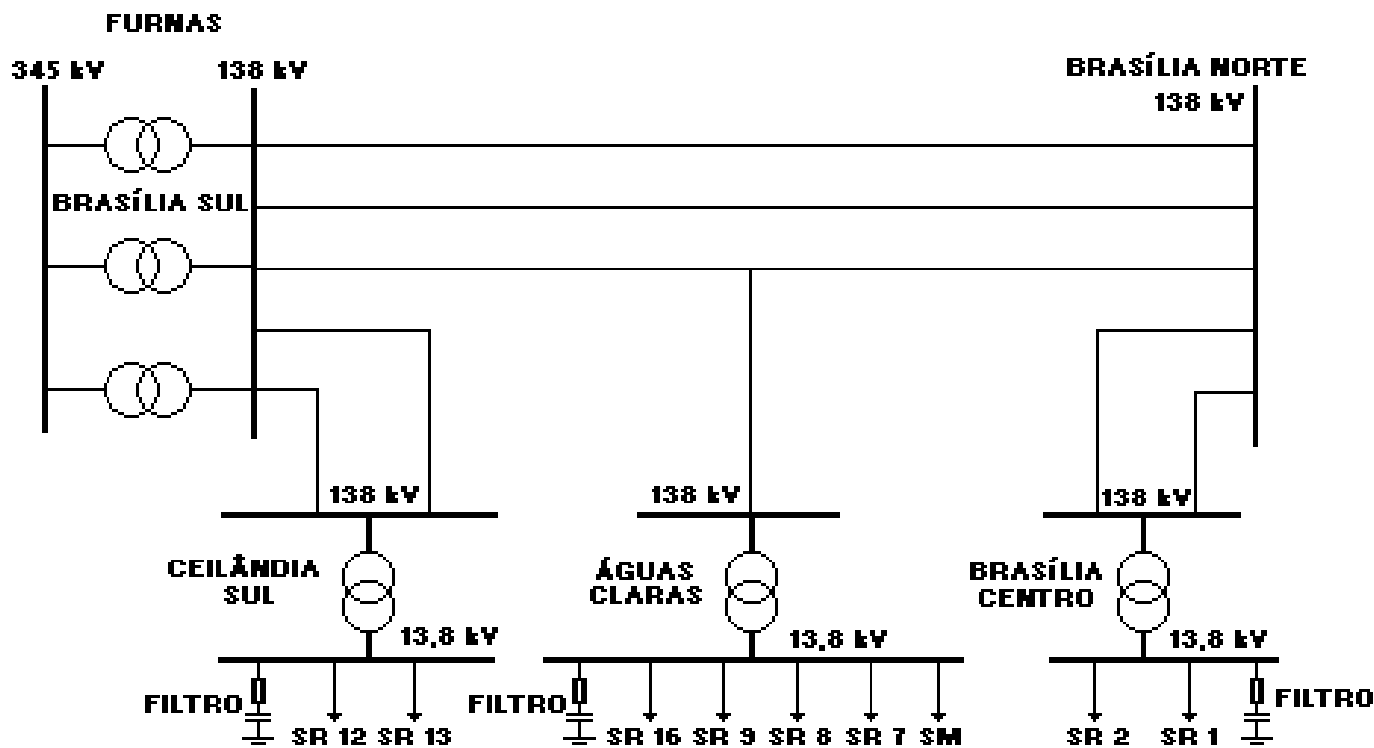
- Dois tipos de cargas atendidas:
  - Tração Elétrica em 750 Vcc; e
  - Estações de Passageiros 380/220 Vca.
- Características de sobrecarga dos transformadores de tração:
  - 150% durante 2 horas; e
  - 300% durante 1 minuto.
- Dados Elétricos
  - Corrente nominal do Terceiro Trilho: 2900 A; e
  - Tensão mínima admissível no Terceiro Trilho: 500 Vcc a 900 Vcc.





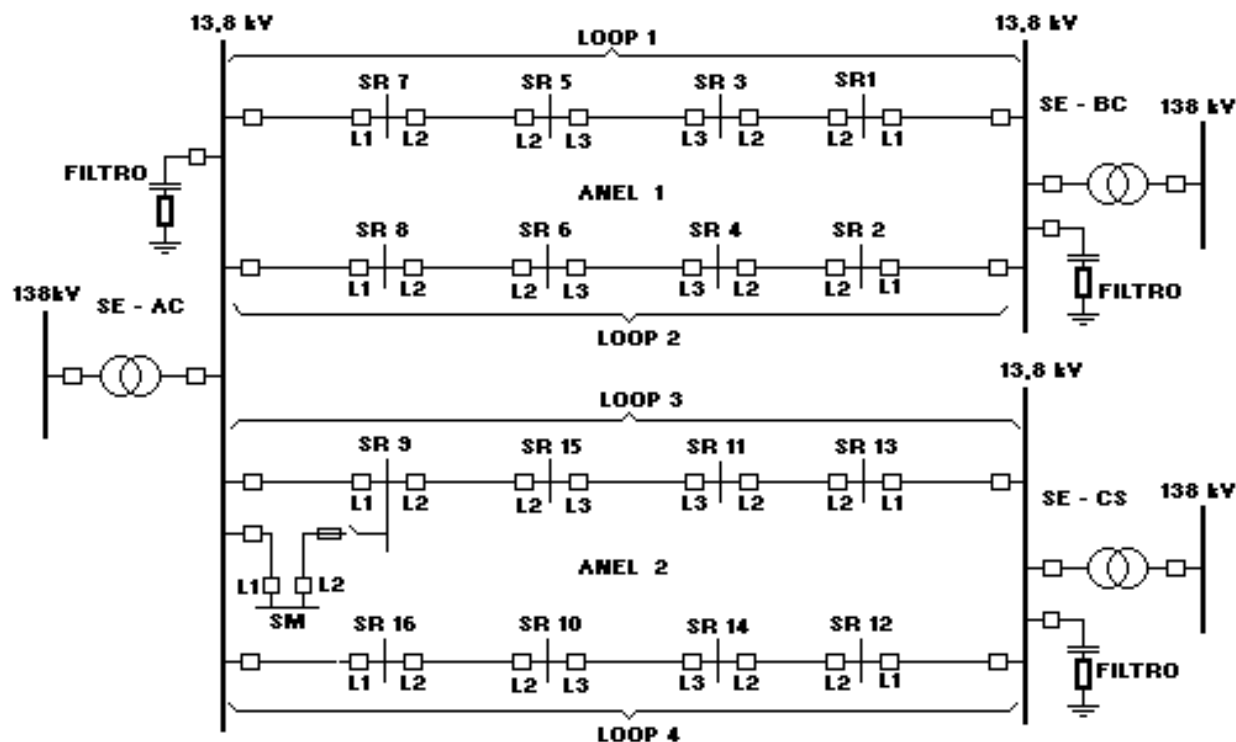
# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

DIAGRAMA DA ALIMENTAÇÃO PRIMÁRIA DO SISTEMA DE ENERGIA



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

DIAGRAMA DA REDE DE ALIMENTAÇÃO EM 13,8 kV





# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## ESTUDO DE CASO

- Necessidade de verificação da capacidade de suprimento de energia para a nova configuração com *headway* reduzido.
- Avaliação do comportamento do sistema em função das novas características das cargas (trens com ar condicionado).



# **Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway***

## **METODOLOGIA DE ANÁLISE**

- Simulação de marcha dos trens.
- Elaboração da grade horária.
- Simulação Elétrica.
- Análise das simulações.
- Propostas de soluções.



# **Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway***

## **SIMULAÇÃO DE MARCHA**

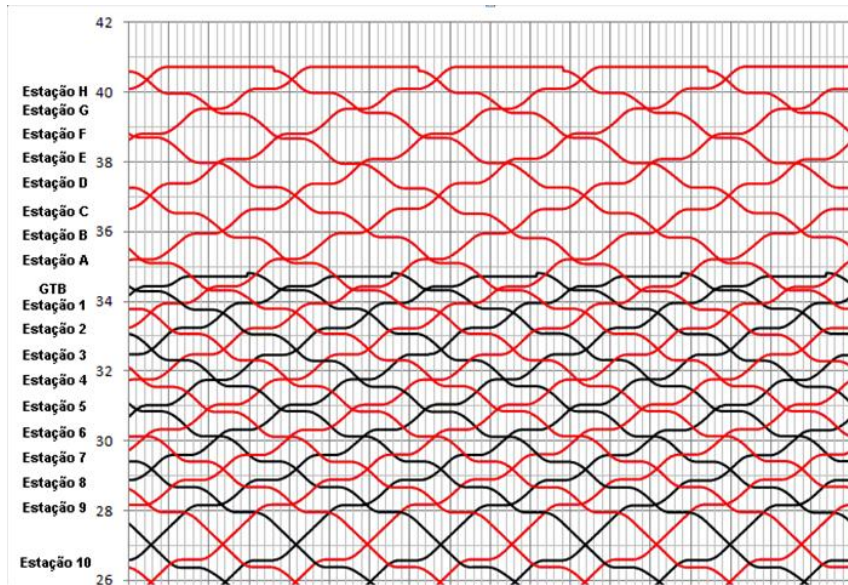
- Modelagem das cargas.
- Elaboração do plano geométrico da via.
- Processo iterativo de cálculo em função do deslocamento do trem.
- Elaboração de planilha de resultados.



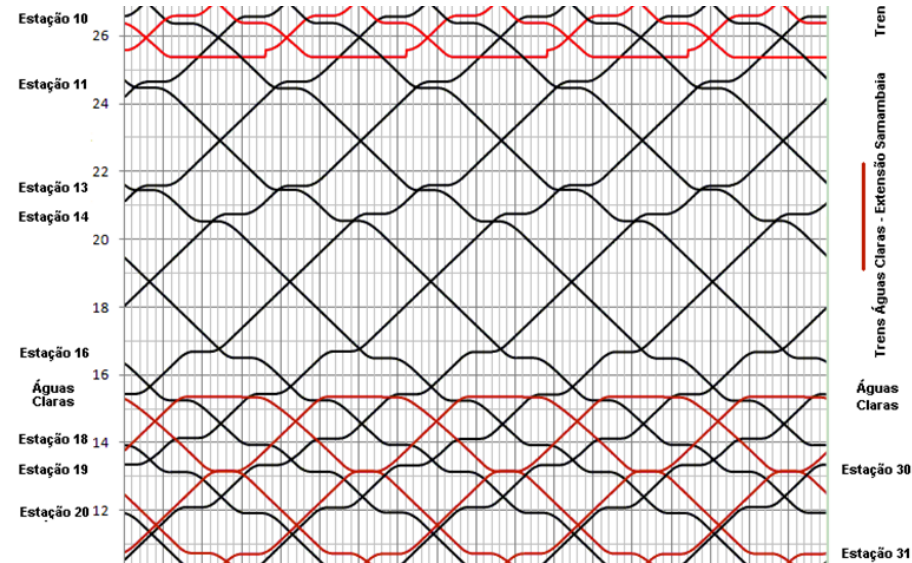
# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## GRADE HORÁRIA

- Elaboração do programa horário com base na curva “Posição Trem x Tempo”.



Trens Terminal Asa Norte - Estação Asa Sul  
Trens CTB - Extensão Cellândia



Tren  
Trens Águas Claras - Extensão Samambaia  
Águas Claras  
Estação 30  
Estação 31

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Representação da rede elétrica por um circuito elétrico equivalente.
- Definição dos Cenários:
  - Trecho entre Ceilândia e Asa Norte; e
  - Trecho entre Águas Claras e Samambaia.
- Simulação com o Sistema Íntegro e em Contingência (perda de uma SR).



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Configuração Básica
  - Potências

SR	Sistema íntegro	Sistema degradado	Potência nominal	Sobrecarga adm. 150%
6	2737,7 kW	4661,3 kW	3500 kW	5250 kW
5	4507,3 kW	6493,2 kW	4000 kW	6000 kW
4	6369,8 kW	8784,3 kW	4000 kW	6000 kW
3	6886,8 kW	9716,0 kW	5500 kW	8250 kW
2	4453,6 kW	6652,6 kW	5500 kW	8250 kW
1	3688,0 kW	5668,1 kW	3500 kW	5250 kW
21	4716,0 kW	6062,7 kW	5500 kW	8250 kW

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Configuração Básica
  - Tensões

Caso Simulado	Tensão mínima
Sistema Integro	664,2 V
SR6 fora	649,0 V
SR5 fora	550,0 V
SR4 fora	<b>531,8 V</b>
SR3 fora	600,9 V
SR2 fora	663,0 V
SR1 fora	663,8 V
SR21 fora	649,6 V



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Configuração Básica
  - Correntes

Alimentador da SR	Sistema íntegro	Sistema degradado
16	1401,9 A	2482,5 A
15	1683,5 A	2441,3A
14	1297,3 A	2176,9 A
13	1799,1 A	2371,4 A
12	1658,1 A	3131,2 A
11	1533,1 A	2557,7 A
10	1688,4 A	2605,3 A
65	1341,3 A	2112 A
64	1412,1 A	2607,2 A
63	2023,3 A	2797,6 A
62	1813,3 A	2641,7 A
61	1396,7 A	2186 A
9	2169,2 A	3154,6 A

8	1696,6 A	2359,4 A
7	1651,7 A	2347 A
6	1227,6 A	2745,2 A
5	3295,9 A	4776,3 A
4	2389,5 A	4395,9 A
3	2917,8 A	5201,1 A
2	2732,1 A	4948,6 A
1	1950,6 A	3516,6 A
21	2157,9 A	3004 A
22	1724,9 A	2872,1 A
23	1641,3 A	2778,1 A
24	1329,8 A	2366,4 A

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Configuração com Reforço
- Potências

SR	Sistema íntegro	Sistema degradado	Caso (SR fora)	Potência nominal	Sobrecarga adm. 150%
6	2498,2 kW	3554,3 kW	SR05	3500 kW	5250 kW
5	3124,6 kW	4149,9 kW	SR1X	4000 kW	6000 kW
1X	3685 kW	5133,2 kW	SR04	5500 kW	8250 kW
4	3218,3 kW	4803,4 kW	SR1X	4000 kW	6000 kW
2X	3715,2 kW	5280,7 kW	SR03	5500 kW	8250 kW
3	3551 kW	5223,4 kW	SR2X	5500 kW	8250 kW
3X	3426,6 kW	4677,3 kW	SR02	5500 kW	8250 kW
2	3142,2 kW	4618,4 kW	SR3X	5500 kW	8250 kW
1	2879,5 kW	4430,2 kW	SR21	3500 kW	5250 kW
21	4662 kW	-	-	5500 kW	8250 kW
22	4185,2 kW	-	-	5500 kW	8250 kW
23	3242,5 kW	-	-	5500 kW	8250 kW
24	2271,2 kW	-	-	5500 kW	8250 kW

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Configuração Básica
  - Tensões

Caso Simulado	Tensão mínima
Sistema Integro	727,1 V
SR9 fora	675,1 V
SR8 fora	709 V
SR7 fora	653,4 V
SR6 fora	654,7 V
SR5 fora	659,4 V
SR1X fora	690,9 V
SR4 fora	726,8 V
SR2X fora	727 V
SR3 fora	727 V
SR3X fora	727,1 V
SR2 fora	727,1 V
SR1 fora	727,1 V
SR21 fora	660,7 V

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## SIMULAÇÃO ELÉTRICA

- Configuração Básica
  - Correntes

Alimentador da SR	Sistema íntegro	Sistema degradado	Caso (SR fora)
8	1689,5 A	2326,3 A	SR09
7	1625,3 A	2253 A	SR06
6	1252,5 A	1963,1 A	SR07
5	2200 A	3040,7 A	SR1X
1X	2084,1 A	3321,3 A	SR05
4	2162,2 A	2871,3 A	SR2X
2X	1800,5 A	2905,4 A	SR03
3	2291,8 A	2928,6 A	SR3X

3X	1752,4 A	2547,4 A	SR03
2	1760,6 A	2690,1 A	SR01
1	1705,2 A	3283,2 A	SR21
21	2234,8 A	-	-
22	1883,9 A	-	-
23	2094 A	-	-
24	1283,9 A	-	-

# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## CONSIDERAÇÕES

- Após a simulação com novas SRs os níveis de tensão se elevaram a valores adequados.
- Mesmo após a inserção das novas SRs alguns valores de corrente permaneceram superiores à capacidade nominal do terceiro trilho (2900 A).
- Optou-se por não inserir novas SRs pelos seguintes motivos:
  - A superação do valor nominal é pequena;
  - Os resultados da simulação são conservativos; e
  - Deve-se avaliar, previamente à inserção de novas SRs, a capacidade térmica do Terceiro Trilho.



# Expansão do Metrô do Distrito Federal – Adequação do Sistema Elétrico às Extensões da Linha e à Redução do *Headway*

## CONCLUSÃO

- O acréscimo das 3 subestações ao sistema soluciona problemas de queda de tensão e potência elevada encontrados na simulação inicial.
- As subestações seriam instaladas em estações já construídas, ou seja, é desejável que haja economia de espaço físico. Sugere-se, portanto, considerar a possibilidade de instalação da SR com apenas um grupo transformador retificador.
- Em relação a superação da corrente nominal do Terceiro Trilho em alguns trechos, mesmo após o reforço de três novas subestações, recomenda-se que seja realizado um estudo da capacidade térmica destes elementos. Caso realmente sejam necessárias providências, recomenda-se reforçar os condutores existentes.



# Obrigado







PRÊMIO  
TECNOLOGIA &  
DESENVOLVIMENTO  
METROFERROVIÁRIOS  
2015

