

AEAMESP

Grupo de Trabalho de Manutenção

CBTU STU BH

03 de setembro de 2008

**Cobertura de Rádio Frequência no
Interior de Túneis com Repetidor**

Passivo

Aumento da Segurança

Baixo Custo

Baixa Manutenção

Sistema atual

Hoje, a linha 1 é totalmente em superfície, exceto em 3 túneis, dos quais apenas o de Waldomiro Lobo com 600m de extensão possui cabo fendido. Os outros dois menores e são atendidos pela Estação Repetidora principal, localizada no Morro do Cachimbo a 1500m de altitude, contra média de 850m do restante do trecho.

Operacionalmente, as transmissões no túnel de Waldomiro Lobo, ocorrem da seguinte forma (apenas canal de Trens):

- Na Recepção do TUE, o SCAN do rádio detecta a frequência disponível entre Trens, Emergência e Túnel, de forma automática e para por sete segundos aguardando a resposta do operador, no caso o canal do Túnel.
- Na Transmissão originada pelo operador do TUE, é necessário que haja uma seleção do canal de Túnel no console do rádio para permitir a comunicação com o CCO.

Geralmente o operador do TUE não tem necessidade de originar uma chamada no interior do túnel.

Mas em uma emergência, isto é necessário.

Será que o operador, que não utiliza esta seleção normalmente vai se lembrar dela em uma emergência?

Também consideramos que não.

Isto pode causar sérios problemas nesta situação de emergência.

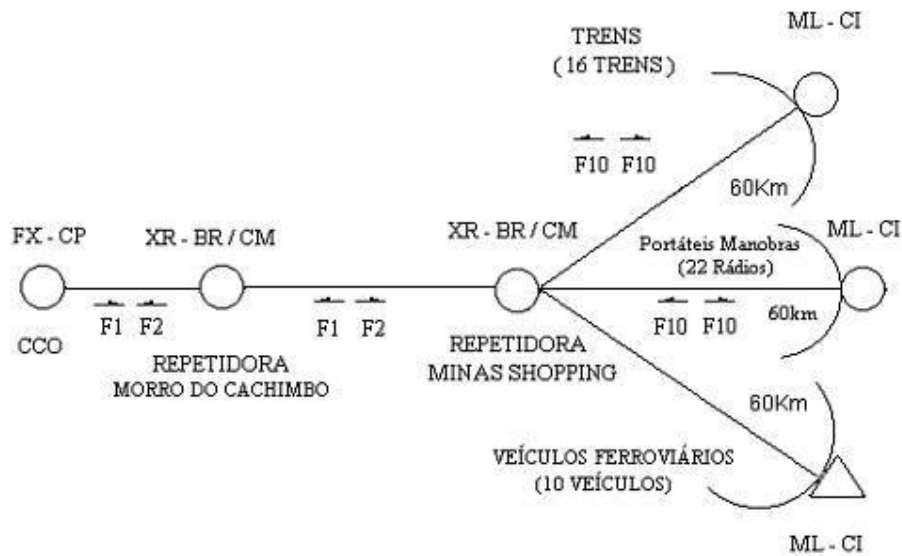
Outros problemas nesta configuração de repetidor ativo em outra frequência:

Só temos repetição no interior do túnel para o canal de Trens.

Em caso de falha no mesmo, o restante do trecho muda para o canal de Emergência, mas o TUE dentro do túnel perde comunicação com o CCO e outros TUEs.

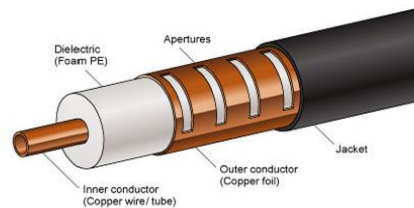
Além disto, as equipes de manutenção e segurança não têm a comunicação garantida no interior do túnel, principalmente se existe um TUE ou Veículo Ferroviário no interior do mesmo.

REDE 03 REPETIDORA DO CANAL TÚNEL



Princípios de RF - Cabo irradiante

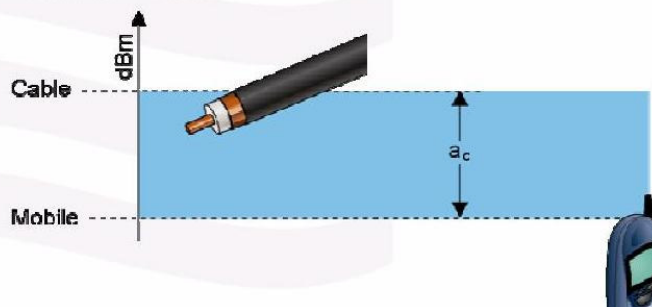
- Semelhante a um cabo coaxial rígido, mas com pequenas aberturas (slots) em seu condutor externo.
- Através destes slots, parte do sinal de RF é irradiado e recebido pelo cabo.
- Há diversos tipos de cabos, cada um aplicável a diferentes necessidades de projeto e cobertura.

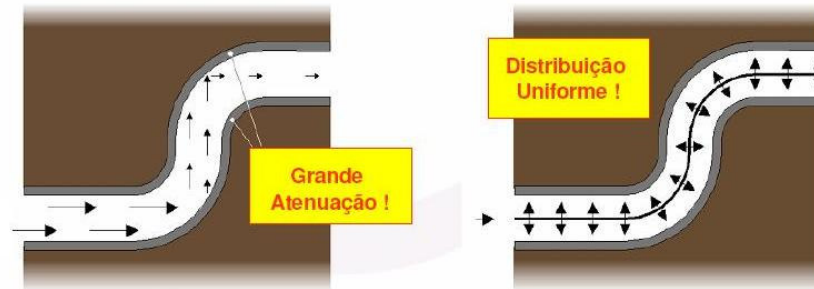


Princípios de RF - Cabo irradiante

Perda por acoplamento (a_c)

- Perda do sinal entre cabo e da antena móvel de acordo com a IEC (medida a 2m de distância): utilizar valor de catálogo da RFS a 50% ou 95%





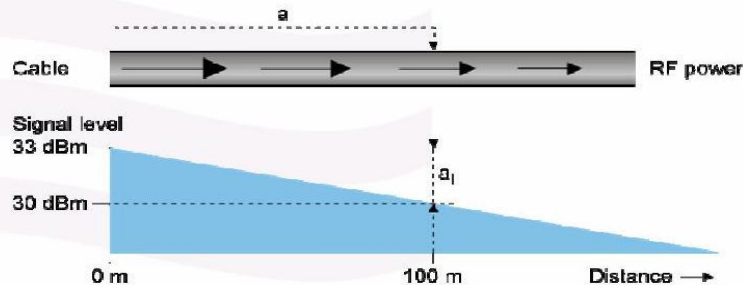
Fenômenos físicos:

- O sinal de Radio Freqüência (RF) no espaço livre perde metade de sua potência a cada dobro da distância.
- Obstáculos físicos e reflexões também atenuam ainda mais o sinal de RF.
- Quanto mais alta a faixa de freqüência, piores são as condições de propagação.

Princípios de RF - Cabo irradiante

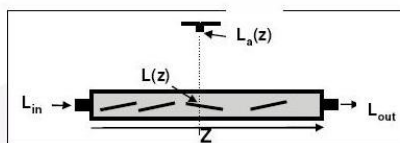
Atenuação Longitudinal (a_l)

- Perda do sinal no cabo num comprimento definido

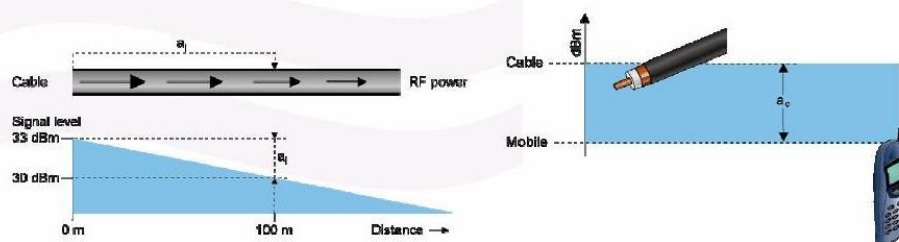


Princípios de RF - Cabo irradiante

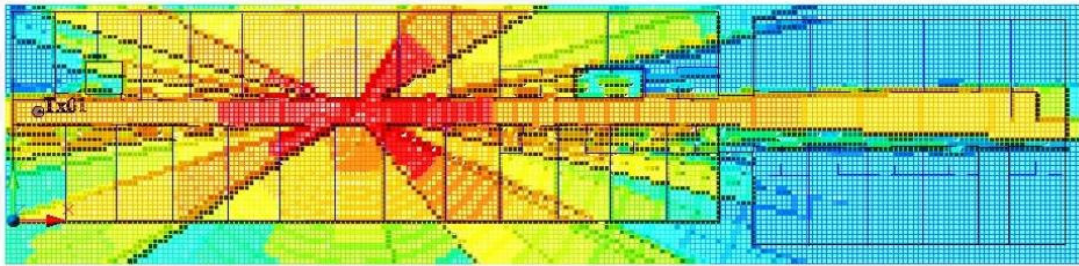
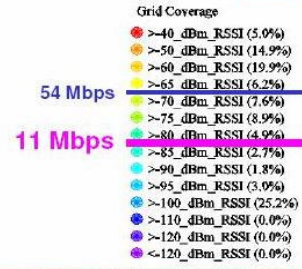
ATENUAÇÃO SISTÊMICA



- Atenuação sistêmica $a_{l_{sys}}(z) = L_{in} - L_a(z)$
- Atenuação longitudinal $a(z) = L_{in} - L(z)$
- Atenuação por acoplamento $a_c(z) = L(z) - L_a(z)$



Cobertura com a solução tradicional:
1 antena Omnidirecional

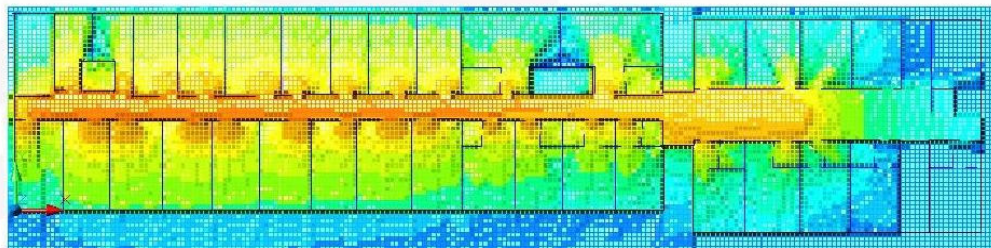
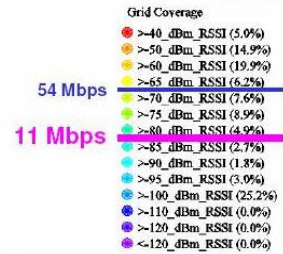


Cobertura com 1 antena omnidirecional

The Clear Choice™

55

Resultados obtidos



Cobertura utilizando cabo coaxial irradiante tipo corrugado.

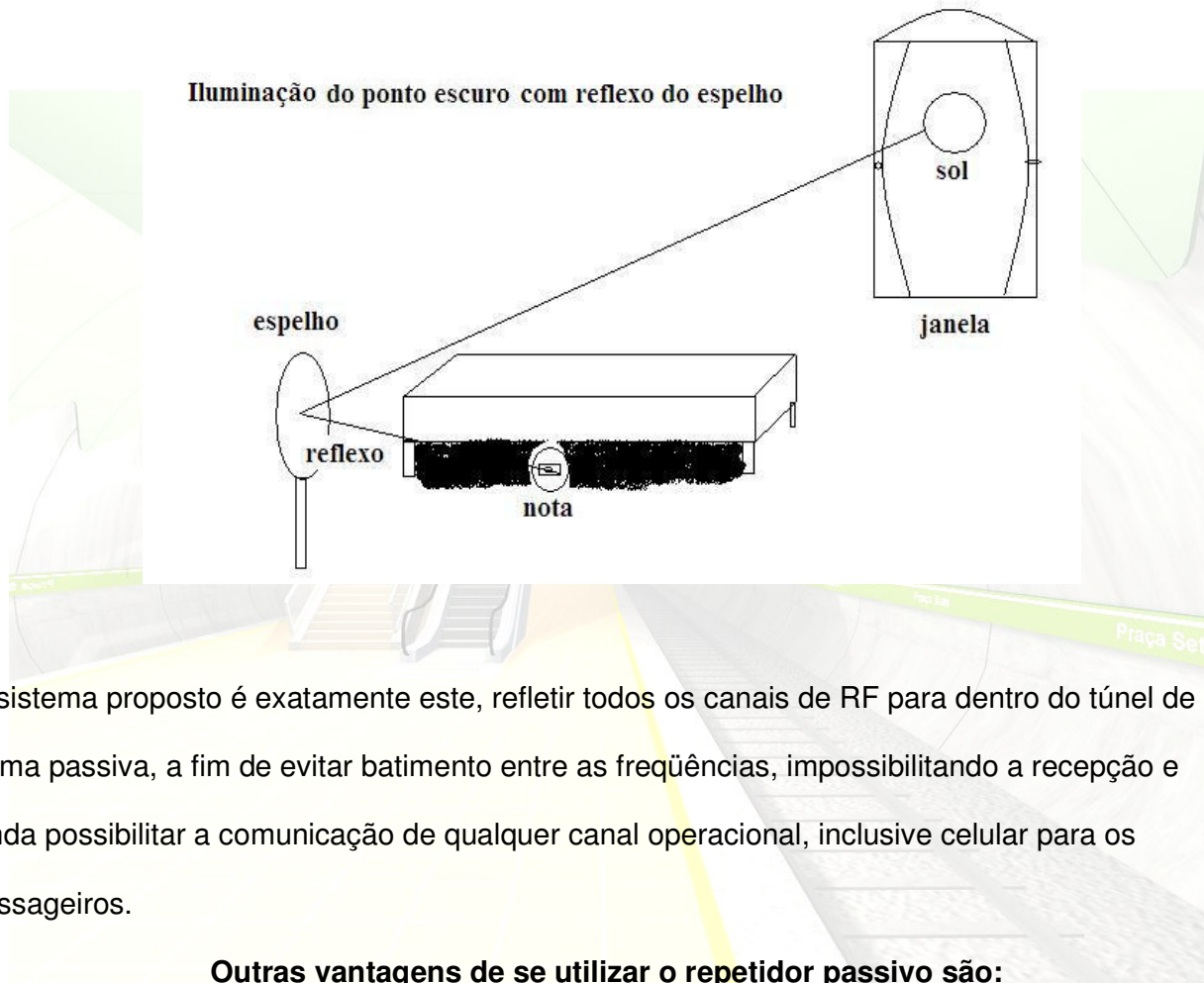
The Clear Choice™

58

SOLUÇÃO ENCONTRADA – EXPLICAÇÃO SIMPLIFICADA

Se uma nota de R\$100,00 cai em baixo da cama e a não enxergamos, pois está escuro lá em baixo, ficamos sem a nota?

Quando temos luz do sol entrando pela janela de casa ou a própria luz do quarto e temos um pequeno espelho, não é possível refletir a luz para enxergarmos a nota em baixo da cama?



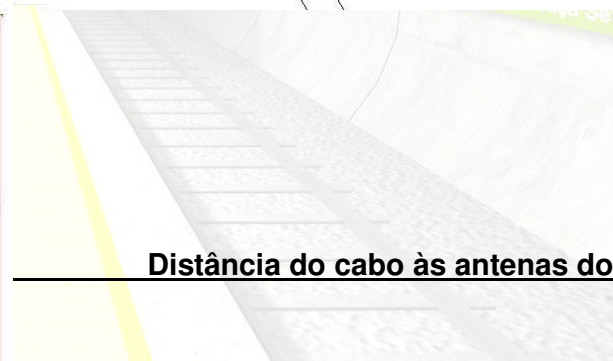
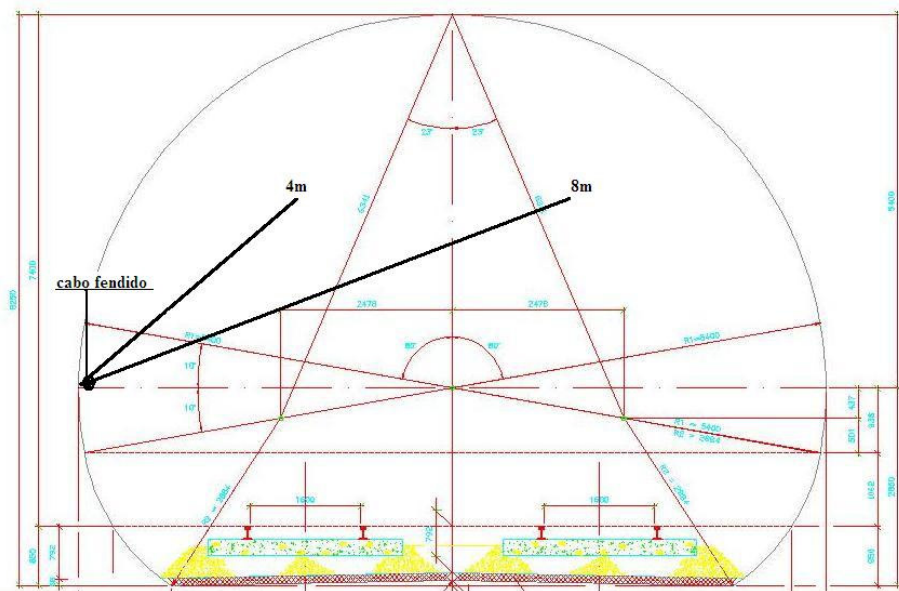
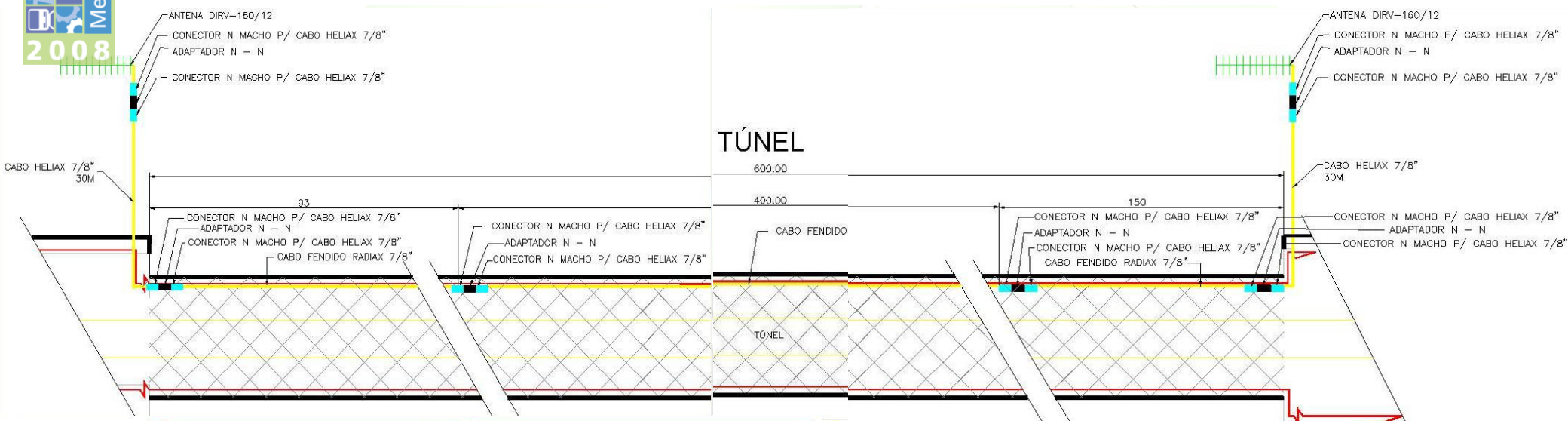
O sistema proposto é exatamente este, refletir todos os canais de RF para dentro do túnel de forma passiva, a fim de evitar batimento entre as frequências, impossibilitando a recepção e ainda possibilitar a comunicação de qualquer canal operacional, inclusive celular para os passageiros.

Outras vantagens de se utilizar o repetidor passivo são:

A redução da manutenção preventiva e corretiva pela inexistência de elementos ativos como o rádio;

O aumento da segurança por não existirem falhas destes mesmos elementos ativos.

Projeto de instalação do Sistema de Repetição Passiva no Túnel Ferroviário



Distância do cabo às antenas dos TUEs

Tabela de cálculos para o sistema proposto

Cabo - Modelo		RCF12-50J		Cabo - Modelo		RLKL78-50J	
metros		600,00		600,00		600,00	
Atenuação longitudinal dB		18,90		8,88		8,88	
Equipamento				Equipamento			
Output Power dBm		-36,00		-36,00		-36,00	
Perdas - cabo (jumpers)				Perdas - cabo (jumpers)			
Longitudinal loss 100m / dB		3,15		1,48		1,48	
Coupling Loss 50% / dB		59,00		56,00		56,00	
Coupling Loss 90% / dB		71,00		63,00		63,00	
Atenuação dos jumpers / dB		0,00		0,00		0,00	
Atenuação Splitter		0,00		0,00		0,00	
Fator de segurança dB		6,00		6,00		6,00	
Distância do cabo	Total Loss System / dBm		Distância do cabo	Total Loss System / dBm			
	50.00%	95.00%		50.00%	95.00%		
2m	-119,90	-131,90	2m	-106,88	-113,88		
4m	-122,90	-134,90	4m	-109,88	-116,88		
8m	-125,90	-137,90	8m	-112,88	-119,88		
16m	-128,90	-140,90	16m	-115,88	-122,88		
32m	-131,90	-143,90	32m	-118,88	-125,88		
64m	-134,90	-146,90	64m	-121,88	-128,88		
108m	-137,90	-149,90	108m	-124,88	-131,88		

Conclusão

É uma solução simples, relativamente fácil de ser implementada, com custo de instalação baixo e manutenção praticamente inexistente, por não utilizar elementos ativos. Além disso, permite o tráfego de vários canais simultaneamente, o que aumenta bastante a relação custo benefício.

Mas o fator principal de nossa análise é o aumento da segurança na operação do tráfego de TUEs, pela eliminação de funções a serem executadas, tornando o sistema imune a este tipo de falha humana, principalmente em situações de emergência.

As únicas exigências são: um sinal de radiofrequência relativamente forte nas antenas, podendo funcionar com apenas uma, a utilização de antenas, cabos e conectores de boa qualidade e um projeto cuidadoso.

Esta mesma solução adotamos nas estações de Central onde ocorre o bloqueio do sinal de radiofrequência por ser uma estação subterrânea e Vilarinho onde a grande cobertura metálica do teto da estação e a construção de um Shopping, promovem também este bloqueio para os rádios portáteis da Operação, Segurança e Manutenção.

Currículo sucinto

Carlos Augusto Sant'Ana Paixão CBTU STU BH – Metrô BH

- Técnico em Eletrônica pela ETFMG 1978;
- Curso de Engenharia de Telecomunicações na PUC MG incompleto;

Trabalho na Auso Eletrônica e Telecomunicações, fabricante de rádios VHF, UHF, SHF e Ondas Portadoras de alta tensão de 1979 a 1981 nas áreas de implantação, controle de qualidade e assistência técnica.

Trabalho na Seicom Serviços de Engenharia e Instalação de Comunicações de 1981 a 1984, implantando sistemas em todo o país e Plataformas de Petróleo.

Trabalha atualmente no Metrô BH desde 1984, na Gerência de Engenharia e Planejamento de Manutenção, sendo responsável pelo Sistema de Radiocomunicações, Sistema de Transmissão Óptico, Alimentação de Emergência e auxiliando em outros sistemas.

Participou de vários cursos e seminários no Brasil e Estados Unidos, Bélgica, China e Emirados Árabes Unidos.

Belo Horizonte, 27 de agosto de 2008.