METRÔ - DF	ENGEVIX	CODIFICAÇÃO ENGEVIX P00160/01-5K-RL-0802-1

SETOR	GERAL
ENDEREÇO	
PROPRIETÁRIO	METRÔ – DF
AUTOR DO PROJETO	PAULO ROBERTO SANTA ROSA
RESPONSÁVEL TÉCNICO	

METRÔ – DF

PAULO ROBERTO SANTA ROSA CREA N° 33092/D-MG

METRÔ - DF

SISTEMA	SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES
SUB-SISTEMA	GERAL
LOCAL	GERAL
COMPONENTES /TIPO DE DOCUMENTO	Relatório Técnico do Estudo de Propagação
AREA DE CONST.	-
CODIFICAÇÃO	**RT.4/TX.99/00.802**
REVISÃO	**2**

VISTO	DATA 23/05/13
APROVADO	DATA 29/01/15
ESCALA **S/ESC.**	ETAPA DO PROJ. BÁSICO
N MICROFILME	FOLHA 1/55

2	APROVADOD CONFORME PARECER 0008/15-TEN	29/01/15	PRSR	MS	ITF	EJM / ELM / OOP	CAC
1B	REVISADO CONFORME PARECER 0638/14-TEN	15/01/15	PRSR	MS	ITF	EJM / ELM / OOP	CAC
1A	NOVO ESTUDO COM BASE NA TECNOLOGIA TETRA	24/11/14	PRSR	MS	ITF	EJM / ELM / OOP	CAC
1	APROVADO CONFORME PARECER Nº 032/TDTE	23/11/13	PRSR	MHY	ITF	EJM / ELM / OOP	CAC
0	EMISSÃO INICIAL	23/05/13	PRSR	MHY	ITF	EJM / ELM / OOP	CAC
N°	MODIFICAÇÃO	DATA	FEITO	VISTO	APROVO	VERIF.	APROV
		CONTRATADA				**METRÔ - DF**	
R E V I S Õ E S							

SUMÁRIO

1 ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DE SINAL DE RADIOFREQUÊNCIA 5

2 DADOS INICIAIS 6

2.1 COBERTURA REQUERIDA 6

2.2 DOCUMENTAÇÃO REQUERIDA 7

3 LOCALIZAÇÃO, DADOS INICIAIS E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IRRADIANTES 7

3.1 METODOLOGIA PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IRRADIANTES 7

3.2 LOCALIZAÇÃO DAS ERB'S (SITES) CONSIDERADOS NO ESTUDO 8

3.3 SISTEMA IRRADIANTE 11

4 SOFTWARE E CAMADAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO 20

5 MODELO DE PROPAGAÇÃO E METODOLOGIA DE TRABALHO 21

6 ESTUDO TEÓRICO DE COBERTURA 22

6.1 METODOLOGIA 22

6.2 BALANÇO DE POTÊNCIA 22

6.2.1 BALANÇO COM ANTENA OMNIDIRECIONAL 23

6.2.2 BALANÇO COM ANTENA XPOL 31

6.2.3 BALANÇO COM ANTENA VPOL 38

6.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO PARA COBERTURA INDOOR EM TÚNEIS 45

6.3.1 LIMITES INDOOR 45

6.3.2 FORMULAÇÃO DE CÁLCULO 45

7 RESULTADOS E CONCLUSÕES 46

7.1 COBERTURA OUTDOOR - TERMINAL EMBARCADO 48

7.2 COBERTURA OUTDOOR - TERMINAL PORTÁTIL EXTERNO 49

7.3 COBERTURA OUTDOOR - TERMINAL PORTÁTIL NO INTERIOR DO TREM 50

7.4 NÍVEL DE SINAL PARA COBERTURA MÓVEL DENTRO DO TÚNEL - TERMINAL EMBARCADO 51

7.4.1 EM TORNO DA REGIÃO DA ESTAÇÃO CEILÂNDIA CENTRO 51

7.4.2 TÚNEL ONOYAMA..... 52

7.4.3 TÚNEL PRAÇA DO RELÓGIO - TAGUATINGA..... 52

7.4.4 TÚNEL ADICIONAL JUNTO A ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS (TÚNEL ARMÍCO) 53

7.4.5 TÚNEL ASA SUL (ZONA CENTRAL) 54

7.5 CONCLUSÕES..... 55

Objetivo

Esse relatório tem como objetivo apresentar os resultados preliminares do estudo de cobertura para o Sistema de Radiotelefonia da Companhia do Metropolitano do Distrito Federal – Metrô/DF, englobando o trecho atual em operação e as futuras extensões (Asa Norte, Ceilândia e Samambaia). Neste estão descritos os parâmetros, metodologia e critérios utilizados para poder realizar o planejamento da rede e a identificação das melhores localizações para poder oferecer a cobertura desejada. Esse estudo é preliminar e referencial e não exime do proponente fornecedor de apresentar o estudo de propagação com base no Projeto Executivo, na qual poderá apresentar mais ou menos ERBs, sendo que, para essas variações é necessário a aprovação pelo corpo técnico do Metrô/DF.

1 ESTUDO DE PROPAGAÇÃO DE SINAL DE RADIOFREQUÊNCIA

Dentre os meios de comunicação existentes no sistema de telecomunicações do Metrô/DF, o sistema de radiofrequência possibilita a comunicação direta entre o CCO (Centro de Controle Operacional) e os trens em operação. Logo, torna-se necessário garantir o bom funcionamento desse meio de comunicação em toda a área de atendimento do Metrô/DF. O estudo do nível de sinal de radiofrequência visa avaliar e auxiliar o desenvolvimento do projeto executivo do sistema de radiofrequência para os trechos das expansões e trecho atual e deve atender as normas vigentes da ANATEL.

Para esse estudo foi utilizado uma das melhores ferramentas de predição do mercado, na qual auxilia na análises radioelétricas e interpretação dos resultados obtidos

As técnicas de cálculo foram baseadas em métodos probabilísticos sob diferentes formulações que apresentam aproximações em maior ou menor grau nos resultados finais obtidos.

Foi necessário contrastar os dados obtidos de forma teórica com dados reais de campo. Desta forma realizou-se várias atividades de medidas reais, em diferentes entornos geográficos, com o objetivo de estabelecer correlações entre ambos os valores. Como consequência, foram obtidos cálculos com valores de correlação muito bons, superiores a 80%, conforme dados abaixo apresentados.

Além disso, não foi considerado neste estudo de cobertura teórico o ganho por diversidade na recepção, com o objetivo de garantir a qualidade e a confiabilidade do estudo de simulação de cobertura, já que os cenários de propagação multipercurso são impossíveis de serem simulados em um entorno urbano, e são quase que improváveis de existir em entorno rural, pois consideramos que tal critério pode tornar os resultados incorretos.

2 DADOS INICIAIS

Para a elaboração do presente estudo foi levado em consideração os seguintes critérios:

2.1 COBERTURA REQUERIDA

Requer-se a melhor e mais extensa cobertura radioelétrica, nas áreas determinadas pelo Metrô/DF.

Para tal os seguintes parâmetros são estabelecidos:

- Terminal portátil, a uma altura de 1,5 metros e com equipamentos de potência de 3 W.
- Terminais embarcados nos trens, a uma altura de 1,5 metros e com equipamentos de potência de 10W.
- Sensibilidade de referência: específicas do produto oferecido, ou pelo menos aqueles especificados na norma ETSI correspondente.
- Margem de desvanecimento, obtido para garantir estatisticamente uma qualidade de cobertura de 90% do tempo e 90% das localizações no perímetro da cobertura e/ou em cada uma das zonas discretas de cálculo.
- Perdas no portátil na mão devido ao corpo humano: considera-se que o corpo humano apresenta perdas de 5 dB.
- Perdas no portátil no interior do trem de 5 dB.

2.2 DOCUMENTAÇÃO REQUERIDA

Apresentamos todas as informações necessárias para verificar o cumprimento dos requisitos de qualidade e disponibilidade da cobertura radioelétrica.

Como resultado, apresentam-se os mapas do conjunto de estações rádio base da rede.

Todos os mapas contêm sobreposição de cobertura nos mapas administrativos para mostrar a cobertura obtida em cada um dos objetivos especificados.

3 LOCALIZAÇÃO, DADOS INICIAIS E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IRRADIANTES

A localização das estações que foram contempladas no estudo de cobertura, são determinadas pelas coordenadas geográficas extraídas em campo e das informações proporcionadas no documento MD.4/TX.99/00.804.

Para a realização do estudo de cobertura foi considerado a possibilidade de utilizar mastros de 15 metros de altura (12 metros de altura útil para instalar as antenas) em diferentes estações do traçado. Os resultados obtidos, portanto, ficam condicionados a confirmação da possibilidade de instalação nas ditas estações e com a altura do mastro prevista.

3.1 METODOLOGIA PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS IRRADIANTES

Para determinar o sistema irradiante mais adequado para cada uma das localizações (sites) é preciso ter em conta alguns fatores adicionais das próprias possibilidades e especificações do sistema TETRA como:

- ✓ Tipo de torre disponível e o espaço na mesma, para realizar uma disposição de antenas que ofereça o máximo rendimento sem penalizar a resistência estrutural da referida torre. Assim, não é possível, em algumas circunstâncias, posicionar antenas omnidirecionais, conformando diversidade e espaço, sobre torres estaiadas que não permitam altas cargas estruturais.

- ✓ Determinar a zona de cobertura real requerida.
- ✓ Como consideração adicional deve-se ter em conta a necessidade real de utilizar técnicas de ganhos por diversidade em função do entorno de trabalho. Como se sabe com a utilização dessas técnicas se conseguem ganhos adicionais, mas em entornos de propagação multitrajeto.

Uma vez considerados todos os pontos anteriores pode-se realizar um cálculo de cobertura preliminar, para a totalidade das estações, caracterizando as mesmas com sistemas irradiantes omnidirecionais. Com os dados obtidos se realiza uma analise sobre as zonas requeridas, e posteriormente se dimensiona o sistema irradiante e as estações com o sistema mais apropriado para obter as melhores opções sobre a zona de trabalho.

3.2 LOCALIZAÇÃO DAS ERB'S (SITES) CONSIDERADOS NO ESTUDO

Os sites considerados para o estudo são um total de 17, incluindo estações outdoor, indoor e mistas; que foram retirados da lista de sites mostrados a seguir.

- ➢ ESTAÇÕES OUTDOOR – ERBs instaladas em superfície

Nº. SITE	LOCALIZAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	ALTURA ANTENA (m)
1	CCO -70 METROS	15º50'46.82" S	48º02'11.21" W	1207	70
2	E28	15º47'52.59" S	48º07'29.14" W	1272	12
3	E35	15º52'57.64" S	48º06'17.26" W	1198	12
4	Arniqueiras	15º50'12.34" S	48º01'01.46" W	1139	12
5	Guara	15º49'35.90" S	47º59'00.37" W	1098	12

- ESTAÇÕES MISTAS – ERBs instaladas em túneis e trincheiras. A denominação de Mista decorre da necessidade de cobertura nos túneis e cobertura externa (outdoor) para atendimento aos TP's (portáteis e de viaturas) fora dos túneis e trincheiras. Essa ERB possui as seguintes conectividades: Cabo Fendido, Antena de RF externa e Rede de Transporte (Fibra Óptica) Ex: Permitir a comunicação de uma viatura estacionada próximo da estação Galeria

Nº. SITE	LOCALIZAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	ALTURA ANTENA (m)
6	CEC	15º49'21.18" S	48º06'44.18" W	1260	12
7	112	15º49'36.43" S	47º54'52.85" W	1067	10
8	108	15º49'08.56" S	47º54'14.54" W	1082	10
9	104	15º48'37.85" S	47º53'37.67" W	1093	10
10	Galeria	15º48'01.03" S	47º53'07.26" W	1097	10
11	GTB	15º47'14.21" S	47º52'51.26" W	1085	10

- ESTAÇÕES INDOOR – ERBs instaladas em túneis e trincheiras

Nº. SITE	LOCALIZAÇÃO
12	Praça Relógio
13	Adicional Praça Relógio
14	Onoyama
15	Adicional Onoyama
16	Adicional túnel ao lado de Águas Claras
17	Adicional túnel ao lado de 114

As coordenadas dos sites apresentam-se no formato DMS (graus, minutos, segundos) com Datum WGS84.

A altura das antenas é uma suposição com base na altura das torres estimadas que poderão ser utilizadas. Não obstante, deverá ser realizado a confirmação na fase final do projeto.

Na imagem seguinte mostra-se a localização dos sites outdoor/mistas com base na cartografia que utilizamos para a realização do estudo de cobertura.

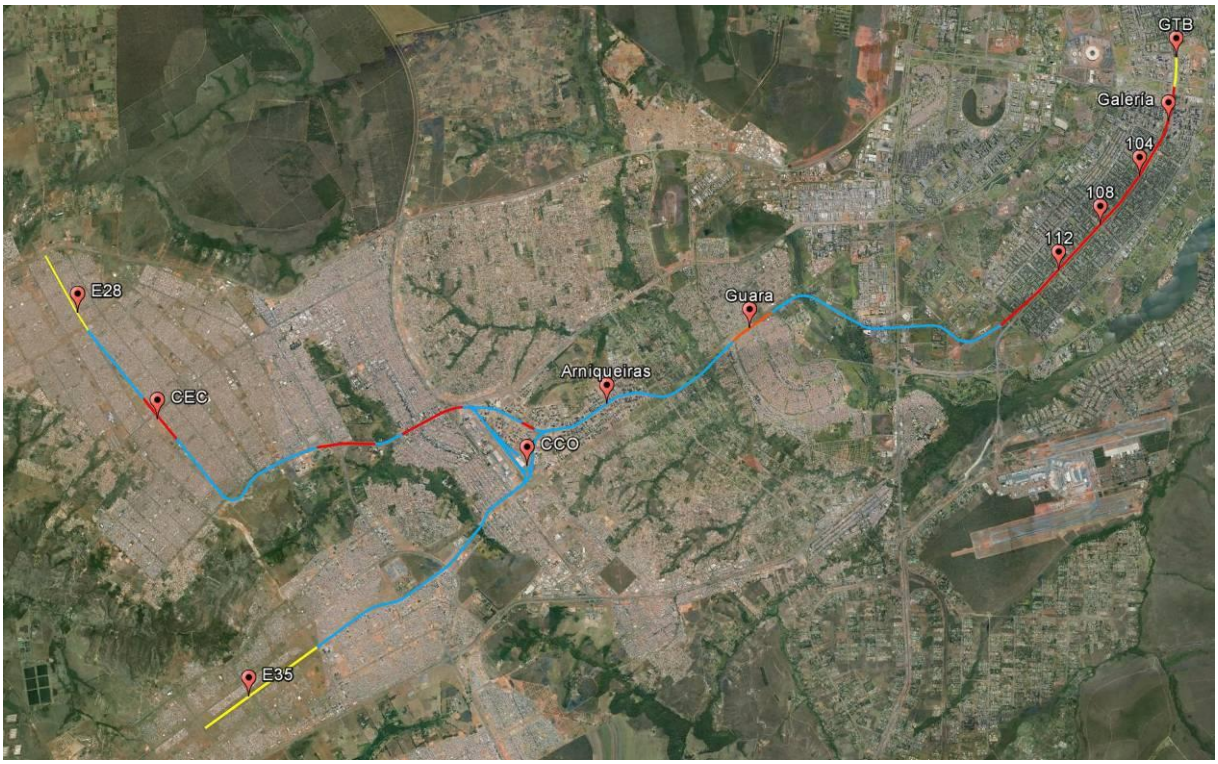


Figura 1. Sites outdoor/mistas considerados no estudo de cobertura.

Nota: azul (tramo aberto), vermelho (túnel), laranja (trincheira), amarelo (expansão)

Na imagem seguinte mostra-se as estações indoor e mistas:

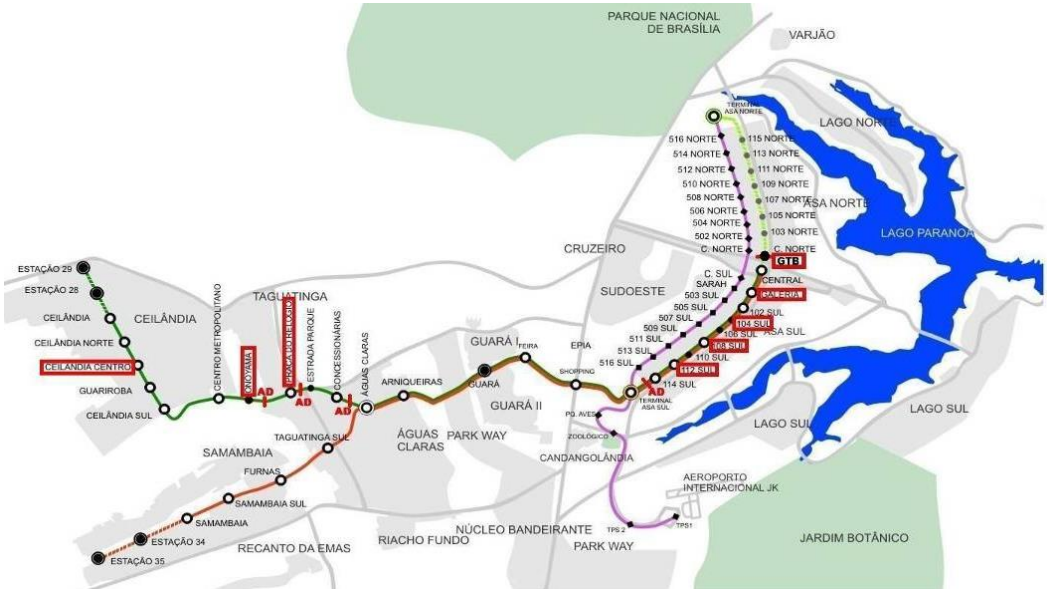


Figura 2. Sites indoor/mistas considerados no estudo de cobertura.

Para o calculo radioelétrico das ERBs, considerou-se as especificações de ERP máxima definidas na Resolução 557 da ANATEL, com base na HNMT (m) de cada site.

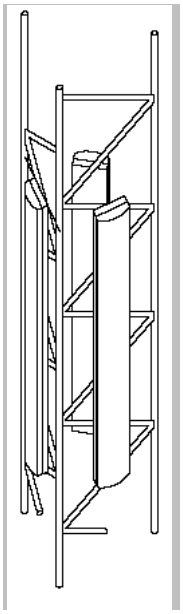
3.3 SISTEMA IRRADIANTE

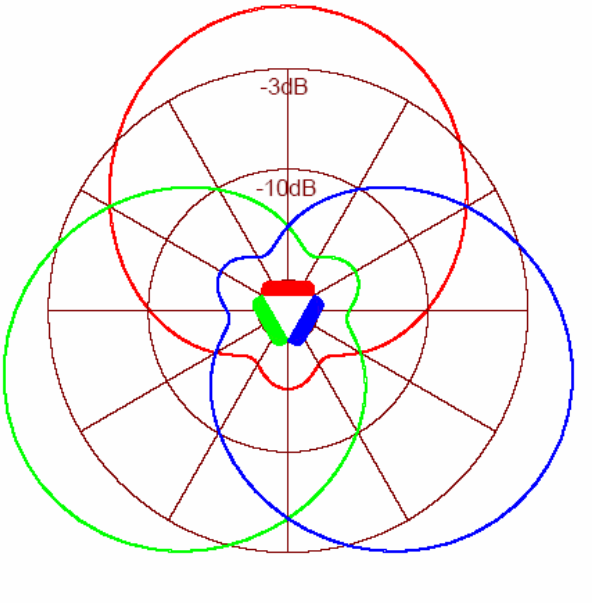
Os manuais dos equipamentos que aparecem neste documento, são colocados como informativos e como referência das características radioelétricas dos equipamentos utilizados para a realização dos cálculos. Na fase de projeto, estes equipamentos podem ser substituídos por outros de qualidade igual ou melhor.

Os sistemas irradiantes considerados foram os seguintes:

- Instalação para transmissão de uma antena omnidirecional do fabricante SKYMASTS modelo 4220.06, apresentando um ganho de 8.15 dBi. Para recepção foi considerado a utilização de três painéis setoriais modelo AT TE-143 do fabricante RYMSA de 120º de abertura que nos oferece um ganho de 11.0 dBi. Estas antenas serão instaladas no site do CCO.

  O maior ganho em recepção, nos permite melhorar substancialmente o UP-LINK obtendo um maior rendimento no sentido TERMINAL – ESTAÇÃO BASE





- 2 antenas painéis (cross polar) do fabricante SKYMASTS modelo 756.65.15 com ganho de 15dBi. São utilizadas em todos os sites outdoor, menos no CCO.
- 2 antenas painéis (polarização vertical) do fabricante SKYMASTS modelo 750.65.15 com ganho de 15 dBi que são utilizadas nas ERB's mistas.

Para cobertura indoor se considera o cabo irradiante (fendido) já existente dentro dos túneis, modelo RADIAFLEX AHF 7/17 do fabricante RFS.

As especificações técnicas destes equipamentos estão a seguir:

SKYMASTS™
communication evolution

4220.06
6dBd Glassfibre collinear antenna

The 4220 Series colinear antenna is designed for demanding applications where a durable and high performance colinear antenna is required. The centre fed dipole design and feed network gives a stable radiation pattern across a wide bandwidth, and allows tilted beam designs to be effectively employed without large pattern distortions. High quality materials and manufacturing techniques are employed to ensure that the antenna has excellent intermodulation performance, an essential characteristic for TETRA and other multi-channel communication systems. The antenna has been designed to withstand lightning strike and has a conductor through it's centre to allow a finial to be fitted to it's top cap, and is supplied as standard with a 7/16 female connector. Please note: High wind survivability of this type, verified by independent tests, also the fact that this model operates over the two main TETRA bands from 380-430MHz.

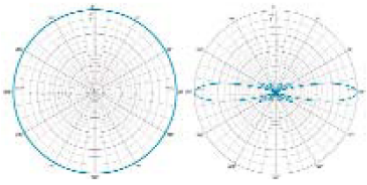


Electrical & mechanical specifications

Frequency range	380 - 430 MHz
Input impedance	50Ω
VSWR	<1.5:1
H Plane ripple	< ±0.5 dB
Maximum input power	300 W CW
Polarisation	Vertical
Forward gain	6 dBd (8.15dBi)
3 dB Beamwidth	**E Plane** 16°
Available beamtilts	0° - 6° - 8° & 12°
Intermodulation	-153dBc (3rd order), 2 x Tx@43dBm
Lightning protection	To withstand 2.5 x 10^6 A^2 pulse
	All metallic parts DC grounded
Connection	Fixed 7/16 DIN socket in base
Dipoles	38mm dia. brass tube
Dipole feeds	PTFE dielectric coaxial cable
Shroud	GRP tube (grey,RAL7035) 53mm dia.
Mounting section	Aluminium alloy tube 63.5mm dia. Alocrom 1000
Typical weight	8.1kg
Typical length	2.85m
Maximum wind loading @ 45m/s	230N
Survival wind speed	350km/h

Free space radiation patterns

H-Plane E-Plane



Mounting accessories



CSB
Welded Aluminium Colinear Standoff



2140/2141
Galvanised steel parallel clamp to 120mm

Standard stock models

Stock code	Frequency
4220.06-405-T0	380-430MHz-0°
4220.06-405-T6	380-430MHz-6°
4220.06-405-T8	380-430MHz-8°
4220.06-405-T12	380-430MHz-12°

ROHS This product is RoHS compliant

SKYMASTS communication evolution
Skymasts Antennas Ltd., Equilibrium House, Mansion Close, Moulton Park Industrial Estate, Northampton, NN3 6RU, England.
Telephone +44(0)1604 494132 fax +44(0)1604 494133 email info@skymasts.com web www.skymasts.com

Figura 3. Especificações técnicas antena Skymasts 4220.06

AT TE-143
SPECIFICATIONS

VERTICAL POLARIZATION ANTENNA
11 dBi
380-470 MHz
H 120º V 19º
0º-10º MECHANICAL TILT ADJUSTABLE*

Electrical Characteristics

Antenna model	AT TE-143
Frequency range (MHz)	380-470
Impedance	50 ohms
VSWR	<1.5:1
Polarization	Vertical
Gain (dBi)	>11
3 dB horizontal beamwidth (deg)	120º±10º
3 dB vertical beamwidth (deg)	19º±3º
Front to back ratio (dB) @ 180º±20º	>16
Maximum power (W)	250
Passive intermodulation prodcts (dBc)	-150 (2x43 dBm)
Conector	DIN 7/16 female (optional N female)
Positon of connectors	At the geometrical center of the reflector



Environmental and mechanical characteristics

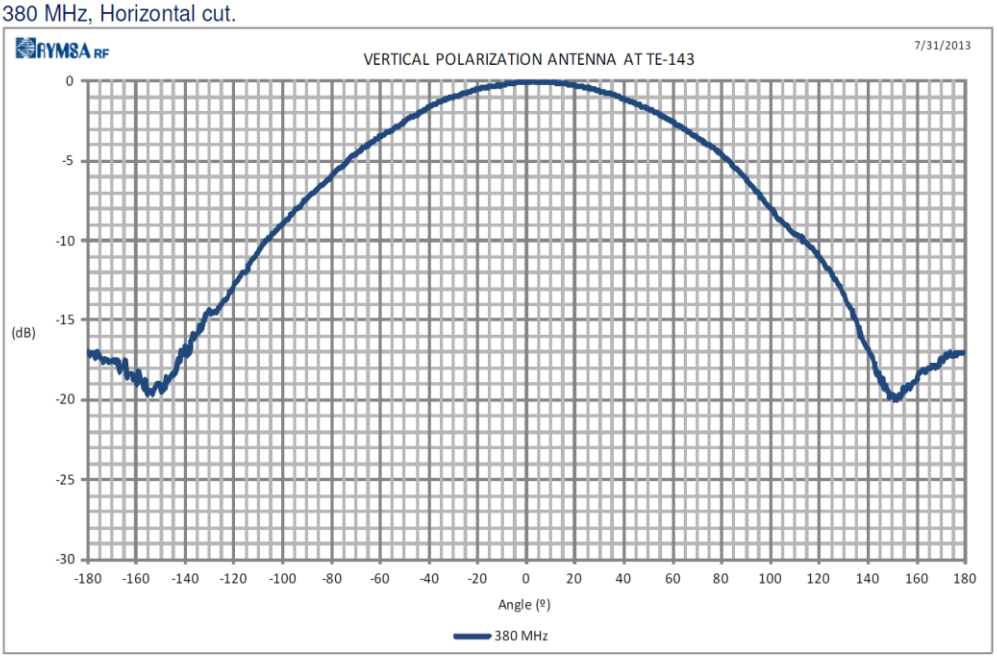
Dimensions (mm)	1850 x 315 x 200
Maximum wind speed (km/h)	200 km/h
Frontal wind loadl (N) @160 (km/h)	1050
Lateral wind load (N) @160 (km/h)	450
Weight (Kg) (w/o mounting hardware)	8.5
Pipe supporting diameter (mm)	50 a 100
Colour of radome	Grey
Temperature range (ºC)	-55º to +60º
Humidity	100 %

*With optional “downtilt” kit available

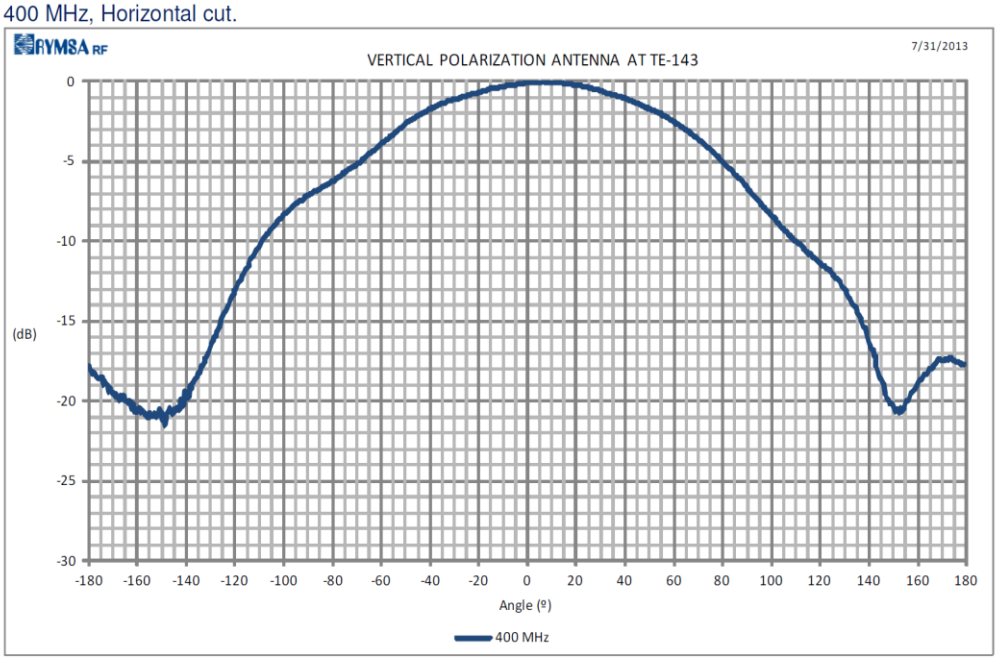
RYMSA RF

1. **Typical measured radiation patterns. Horizontal cuts:**

380 MHz, Horizontal cut.



400 MHz, Horizontal cut.



RYMSA RF

Figura 4. Especificações técnicas antena Rymsa AT TE-143

SKYMASTS™
communication evolution

756.65.15
Cross polar UHF 65º panel antenna

The 756 antennas have been designed with TETRA applications in mind. The antennas are characterised by outstanding electrical & mechanical performance. The high quality radiating elements are fed through a feed network whose flexible design enables electrical downtilt of the main beam. The robust design of the 756, which includes advanced drainage & ventilation capabilities, makes these antennas ideally suited for use in all environments and weather conditions. Tough corrosion proof aluminium is used extensively in their construction, including the support members. The antenna is protected by a radome made of high quality waterproof PVC based plastic. Available in 65º, 90º and 120º beamwidths.

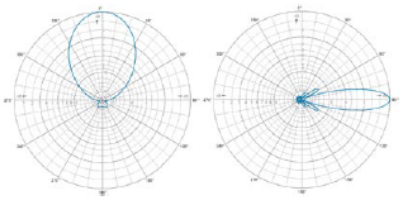
Electrical & mechanical specifications



Frequency range	380-410MHz, 410-430MHz, 450-470MHz
Input impedance	50Ω
Return loss	<1.5:1
Front to back ratio	>25dB
Maximum input power	2 x 250W
Isolation between inputs	>27dB
Forward gain	15dBi
3 dB Beamwidth	**H Plane** 65º
	E Plane 18º
Downtilt available	**Electrical** up to 15º **Mechanical** up to 22º
Polarisation	±45º
Cross polar discrimination	>30dB
Intermodulation	**3rd Order** -153dBc **5th Order** -175dBc (2 x Tx @ 43dBm)
Connection	7/16 din Female
Radome	Light Grey PVC
Radiator	Brass nickel plate
Dipole feed	141 conformable coaxial cable
Lightning protection	Direct Grounded
Mounting brackets	To suit tubes 38-115mm diameter
Typical weight	15kg
Typical size	1910x330x150mm
Typical wind loading @45m/s	813N
Survival wind speed	75m/s

Free space radiation patterns

H-Plane E-Plane



Mounting accessories

756.7010
Tilt Bracket Assembly
0 - 22º in 1º steps

Standard stock models

Stock code	Frequency
756.65.15.00-390	380-400MHz
756.65.15.00-420	410-430MHz
756.65.15.00-460	450-470MHz

Figura 5. Especificações técnicas antena Skymasts 756.65.15

SKYMASTS™
communication evolution

750.65.15
Vertically polarised UHF 65° panel antenna

The 750 antennas have been designed with TETRA applications in mind. The antennas are characterised by outstanding electrical & mechanical performance. The high quality radiating elements are fed through a feed network whose flexible design enables electrical downtilt of the main beam. The robust design of the 750, which includes advanced drainage & ventilation capabilities, makes these antennas ideally suited for use in all environments and weather conditions. Tough corrosion proof aluminium is used extensively in their construction, including the support members. The antenna is protected by a radome made of high quality waterproof PVC based plastic. Available in 65°, 90° and 120° beamwidths.

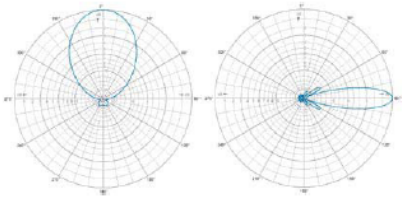
Electrical & mechanical specifications



Frequency range	380-410MHz, 410-430MHz, 450-470MHz
Input impedance	50Ω
Return loss	<1.5:1
Front to back ratio	>20dB
Maximum input power	250W
Forward gain	15dBi
3 dB Beamwidth	**H Plane** 65°
	E Plane 19°
Downtilt available	**Electrical** up to 15° **Mechanical** up to 22°
Polarisation	Vertical
Cross polar discrimination	30dB
Intermodulation	**3rd Order** -153dBc **5th Order** -175dBc
	(2 x Tx @ 43dBm
Connection	7/16 din Female
Radome	Light Grey PVC
Radiator	Brass nickel plate
Dipole feed	141 conformable coaxial cable
Lightning protection	Direct Grounded
Mounting brackets	To suit tubes 38-115mm diameter
Typical weight	15kg
Typical size	1910x330x150mm
Typical wind loading @45m/s	813N
Survival wind speed	75m/s

Free space radiation patterns

H-Plane E-Plane



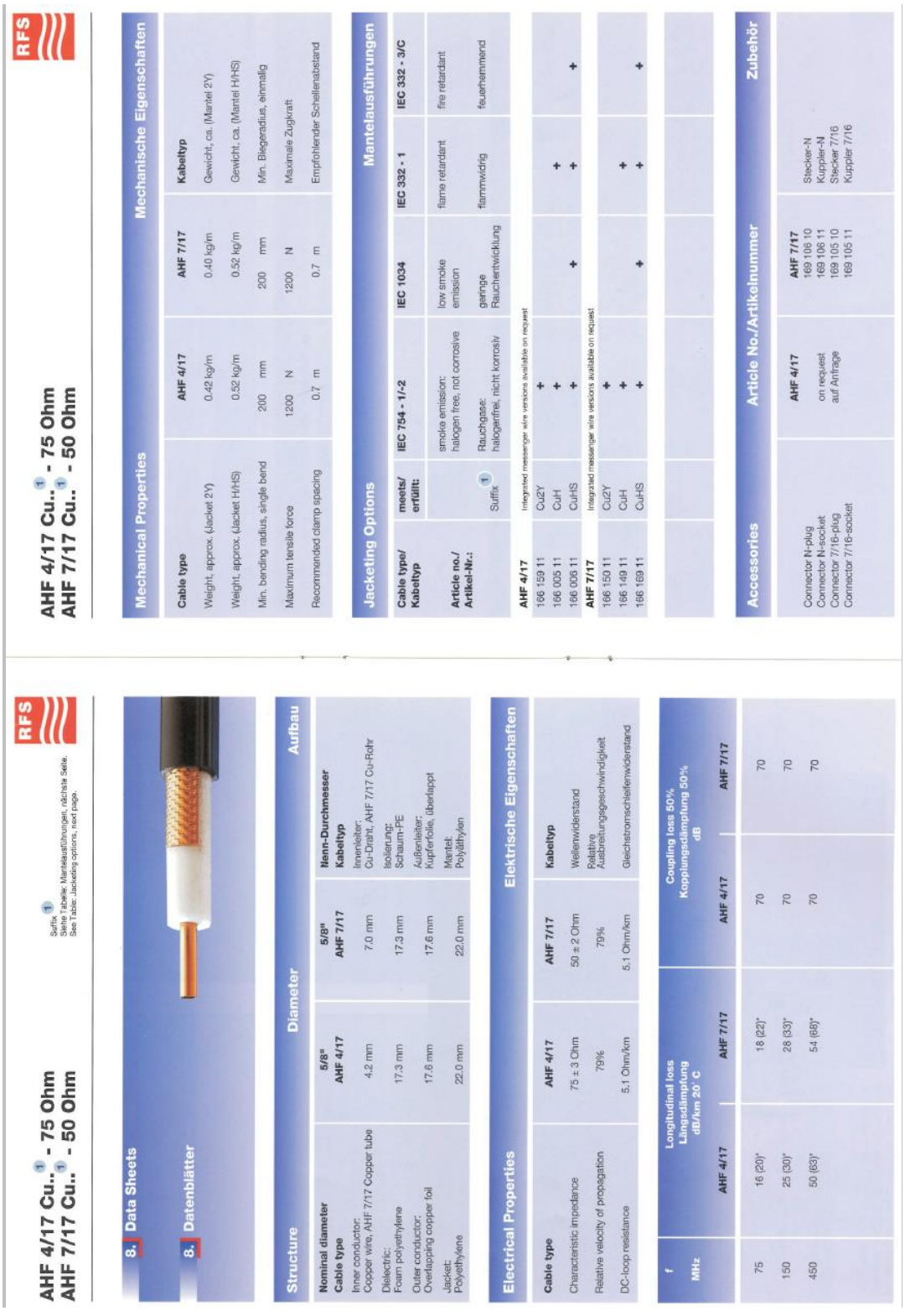
Mounting accessories

756.7010
Tilt Bracket Assembly
0 - 22° in 1° steps

Standard stock models

Stock code	Frequency
750.65.15.00-390	380-400MHz
750.65.15.00-420	410-430MHz
750.65.15.00-460	450-470MHz

Figura 6. Especificações técnicas antena Skymasts 750.65.15



AHF 4/17 Cu.. [1] - 75 Ohm
AHF 7/17 Cu.. [1] - 50 Ohm

8. Data Sheets
8. Datenblätter

Suffix [1]
Siehe Tabelle: Mantelausführungen, nächste Seite.
See Table: Jacketing options, next page.

Structure — **Diameter** — **Aufbau**

Nominal diameter	5/8" AHF 4/17	5/8" AHF 7/17	Nenn-Durchmesser
Cable type			Kabeltyp
Inner conductor: Copper wire, AHF 7/17 Copper tube	4.2 mm	7.0 mm	Innenleiter: Cu-Draht, AHF 7/17 Cu-Rohr
Dielectric: Foam polyethylene	17.3 mm	17.3 mm	Isolierung: Schaum-PE
Outer conductor: Overlapping copper foil	17.6 mm	17.6 mm	Außenleiter: Kupferfolie, überlappt
Jacket: Polyethylene	22.0 mm	22.0 mm	Mantel: Polyäthylen

Electrical Properties — **Elektrische Eigenschaften**

Cable type	AHF 4/17	AHF 7/17	Kabeltyp
Characteristic impedance	75 ± 3 Ohm	50 ± 2 Ohm	Wellenwiderstand
Relative velocity of propagation	79%	79%	Relative Ausbreitungsgeschwindigkeit
DC-loop resistance	5.1 Ohm/km	5.1 Ohm/km	Gleichstromschleifenwiderstand

f MHz	Longitudinal loss Längsdämpfung dB/km 20° C		Coupling loss 50% Kopplungsdämpfung 50% dB	
	AHF 4/17	AHF 7/17	AHF 4/17	AHF 7/17
75	16 (20)*	18 (22)*	70	70
150	25 (30)*	28 (33)*	70	70
450	50 (63)*	54 (68)*	70	70

AHF 4/17 Cu.. [1] - 75 Ohm
AHF 7/17 Cu.. [1] - 50 Ohm

Mechanical Properties — **Mechanische Eigenschaften**

Cable type	AHF 4/17	AHF 7/17	Kabeltyp
Weight, approx. (Jacket 2Y)	0.42 kg/m	0.40 kg/m	Gewicht, ca. (Mantel 2Y)
Weight, approx. (Jacket H/HS)	0.52 kg/m	0.52 kg/m	Gewicht, ca. (Mantel H/HS)
Min. bending radius, single bend	200 mm	200 mm	Min. Biegeradius, einmalig
Maximum tensile force	1200 N	1200 N	Maximale Zugkraft
Recommended clamp spacing	0.7 m	0.7 m	Empfohlener Schellenabstand

Jacketing Options — **Mantelausführungen**

Cable type/ Kabeltyp	meets/ erfüllt:	IEC 754 - 1/-2	IEC 1034	IEC 332 - 1	IEC 332 - 3/C
Article no./ Artikel-Nr.:		smoke emission: halogen free, not corrosive	low smoke emission	flame retardant	fire retardant
	Suffix [1]	Rauchgase: halogenfrei, nicht korrosiv	geringe Rauchentwicklung	flammwidrig	feuerhemmend
AHF 4/17	Integrated messenger wire versions available on request				
166 159 11	Cu2Y	+			
166 005 11	CuH	+		+	
166 006 11	CuHS	+	+	+	+
AHF 7/17	Integrated messenger wire versions available on request				
166 150 11	Cu2Y	+			
166 149 11	CuH	+		+	
166 169 11	CuHS	+	+	+	+

Accessories — **Article No./Artikelnummer** — **Zubehör**

	AHF 4/17	AHF 7/17	
Connector N-plug	on request	169 106 10	Stecker-N
Connector N-socket	auf Anfrage	169 106 11	Kuppler-N
Connector 7/16-plug		169 105 10	Stecker 7/16
Connector 7/16-socket		169 105 11	Kuppler 7/16

Figura 7. Especificações técnicas do cabo RADIAFLEX AHF 7/17

Na continuação, se apresentam os esquemas de conexão das ERB's indoor e mistas. Ressaltamos que o meio de comunicação (dados e voz) das ERBs (SBS),

figuras 8 e 9, são efetivadas através do par do cabo de fibra óptica específico para essa aplicação no Sistema de Radiotelefonia, não sendo neste estudo objeto de detalhamento.

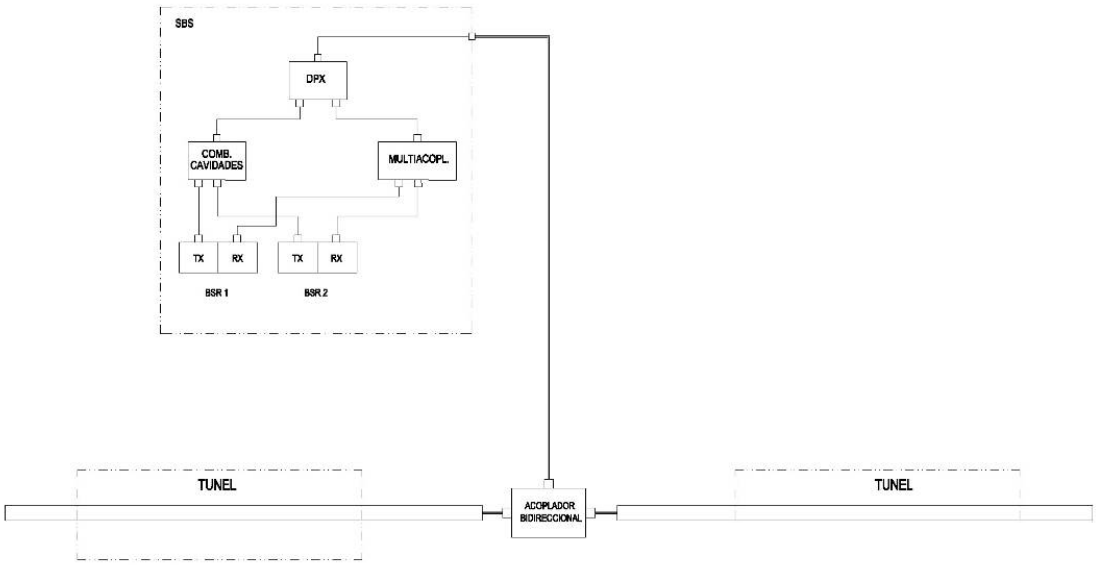


Figura 8. Esquema estação indoor

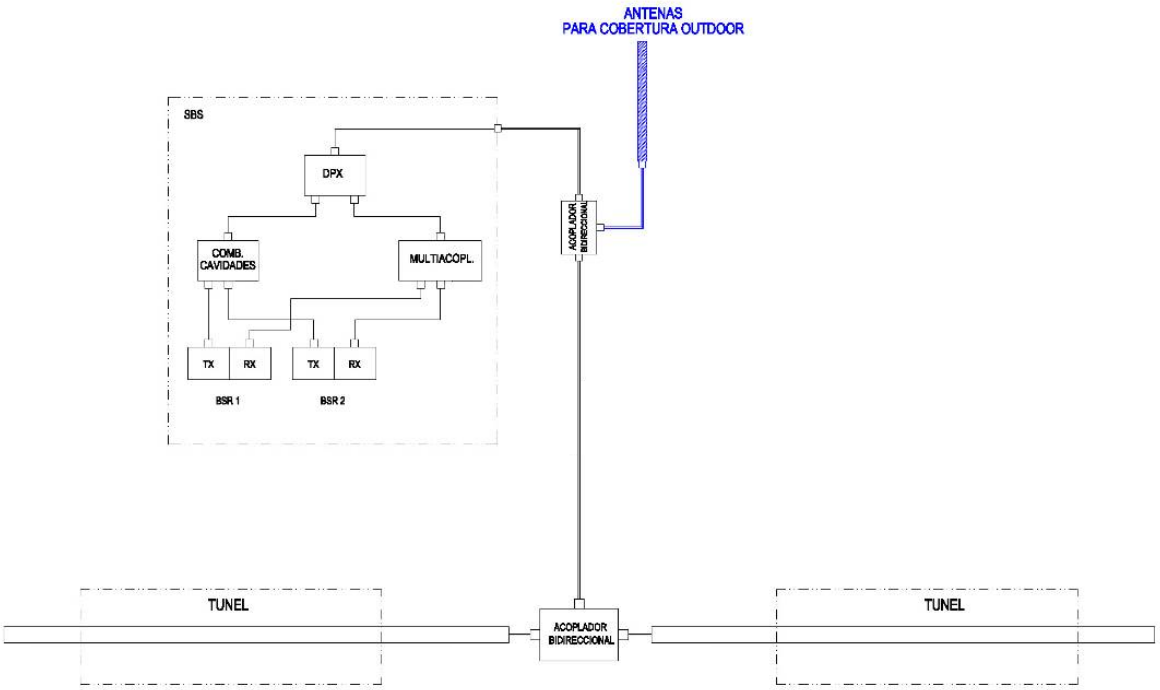


Figura 9. Esquema estação mista.

4 SOFTWARE E CAMADAS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO

O software utilizado na simulação radioelétrica administra as camadas cartográficas que se necessitam para realizar o cálculo (modelos digitais de terreno, imagens ráster, camadas de uso do solo, camadas de edifícios, arquivos vetoriais, etc). O sistema integra vários modelos de propagação o que permite modelar o cálculo dentro do entorno, considerando a tecnologia de rádio requerida pelo projeto. O software também permite interações físicas como a curvatura terrestre e a atenuação climática, e incorpora atenuação linear de ocupação do terreno.

É possível, por exemplo, definir até 20 tipos distintos de usos do solo podendo obter a melhor predição da propagação através de edifícios ou árvores e a reflexão na água tanto na simulação ponto a ponto como na simulação de cobertura de área (ponto a multiponto).

Para a realização deste estudo de cobertura contou-se com algumas bases de dados cartográficas adaptadas especificamente para a ferramenta de planejamento radioelétrico. Desta forma, através dos seguintes arquivos foi gerado um modelo digital da área geográfica de interesse:

- ✓ Modelo Digital do Terreno (D.T.M).
- ✓ Cartografia Raster
- ✓ Clutter de usos do Solo
- ✓ Vetores

Mediante utilização das diferentes camadas que gerencia o software se consegue altos níveis de correlação entre o resultado teórico e os dados de campo.

5 MODELO DE PROPAGAÇÃO E METODOLOGIA DE TRABALHO

O estudo foi realizado levando em conta um raio de 15 Km ao redor de cada ponto. Os cálculos estão baseados no modelo de propagação **ITU-R 525**. A correção por difração foi realizada considerando o modelo geométrico de **Deygout, método 1994** para difração em obstáculos múltiplos tipo cuchillo (método geométrico). Foram consideradas ainda atenuações por trajeto do tipo **Standar.** Não foram consideradas atenuações produzidas por gases (água e oxigênio) já que a recomendação UIT-R P.676 não as considera nesta banda de frequências.

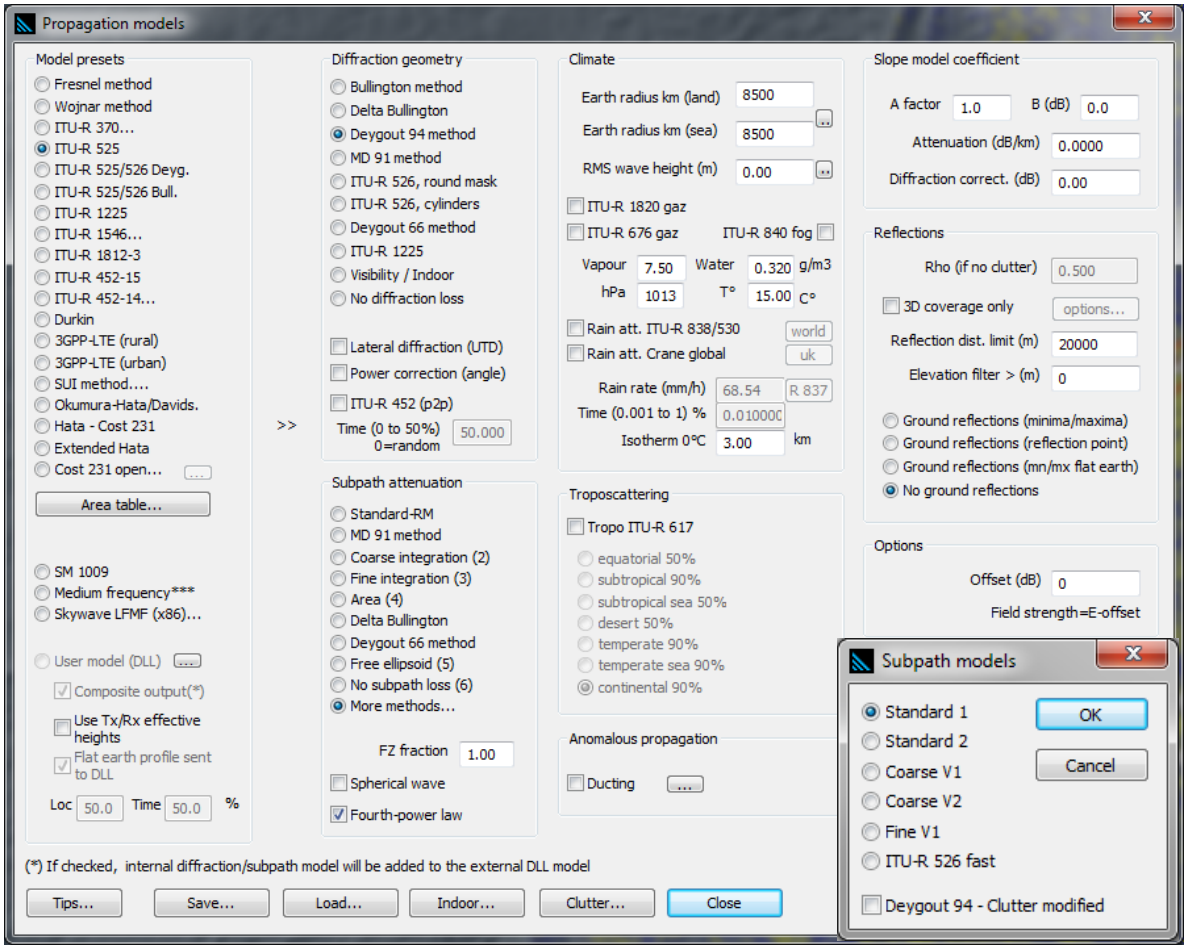


Figura 10. Parametrização do modelo de propagação considerado

6 ESTUDO TEÓRICO DE COBERTURA

6.1 METODOLOGIA

Na fase inicial realizam-se os cálculos para a totalidade das estações conhecidas, caracterizando as estações com sistemas radiantes omnidirecionais. Posteriormente realiza-se uma pré-seleção das localizações que oferecem melhor cobertura, ou cobertura sobre as zonas requeridas, e posteriormente em fases seguintes, em função dos resultados obtidos, dimensiona-se o sistema radiante e as estações com o sistema mais apropriado para obter as melhores prestações do sistema sobre a zona de trabalho.

6.2 BALANÇO DE POTÊNCIA

Para a realização do estudo de cobertura, o primeiro passo consiste na elaboração de um balanço de potência com o objetivo de estabelecer as máximas perdas de sinal que vamos permitir tanto para a conexão ascendente quanto para a descendente. Das perdas máximas deduziremos os patamares **mínimos** que vamos considerar na representação gráfica do estudo. É preciso destacar que, apesar de que na caracterização das estações consideram-se os parâmetros exatos das mesmas, para o cálculo do balanço é considerado o mais restritivo dos casos. Os balanços de potência são descritos nos subitens a seguir com base nas antenas utilizadas e com base nos seguintes parâmetros:

- Potência da Estação Base: Considera-se uma potência de saída em condições ambientais normais (de acordo com os regulamentos EN 300 394-1 de +15 a +35ºC e uma humidade relativa de 5 a 75%): 40 W (46.02 dBm).
- Sensibilidade da Estação Base: Considera-se o caso mais restritivo tendo em conta a sensibilidade dinâmica de -106 dBm.
- Sistema de Combinação: Se considera um combinador de cavidades de 2 portadoras com perdas estimadas de 2.5 dB.

- Antenas dos terminais embarcados: Considera-se que nos veículos o ganho efetivo das antenas é de 2.15 dBi (0 dBd) a uma altura de 1.5 m.
- Potência de saída do terminal portátil: Considera-se uma potência de saída de 3 W (34.77 dBm).
- Potência de saída do terminal embarcado nos trens: Considera-se uma potência de saída de 10 W (40 dBm).
- Sensibilidade do terminal portátil: Considera-se uma sensibilidade dinâmica de -103 dBm.
- Frequência: Considera-se um valor de frequência media de 400 MHz.
- Separação de canal de transmissão e recepção: 10 MHz.
- Margem de desvanecimento estatístico 90%L/90%T de 13.05 dB.

Notas:



Cabe destacar que no balanço são considerados sensibilidades dinâmicas tanto da infraestrutura (-106 dBm) como dos terminais móveis (-103 dBm) e portáteis (-103 dBm) já que se trata de obter um nível de limite de desempenho mais próximo da realidade e não em condições de laboratório como seria se utilizássemos a sensibilidade estática (-115 dBm, -112 dBm).

6.2.1 BALANÇO COM ANTENA OMNIDIRECIONAL

- Antena da Estação Base: Consiste uma antena omnidirecional do fabricante SKYMASTS modelo 4220.06, apresentando um ganho de 8.15 dBi para transmissão. Para recepção foi considerado a utilização de três painéis setoriais modelo AT TE-143 do fabricante RYMSA que nos oferece um ganho de 11.0 dBi.
- Cabo Coaxial: Considera-se um tipo de cabo coaxial de 7/8” com perdas estimadas de 2.49 dB/100m para 400 MHz. No pior caso se considera uma distância máxima de 90m.
- Outras perdas: Consideram-se perdas adicionais devido ao sensor de potência, conectores, etc. de um total de 1.5 dB.

DADOS DE INFRAESTRUTURA E DOS TERMINAIS

EB TRANSMISSÃO	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Frequência de Tx	400.0000	MHz			
Potência de Saída Tx [Ptx BS]	46.02	dBm	Potência em W:	40	W
Combinador	2.5	dB			
Perdas do Cabo Tx	2.24	dB	Comprimento do Cabo:	90	M
			Tipo do cabo: Heliax 7/8" / Avg. perdas @ 400Mhz por 100m	2.49	dB/100m
Perdas em conectores (Tx & Rx)	1.00	dB			
Ganho da Antena Tx	8.15	dBi	Antena: Omni Skymasts 4220.06		
Outras perdas em Tx	0.50	dB	Sensor de potência		
EB RECEPÇÃO	**DADOS**		**OBSERVAÇÕES**		
Frequência de Rx	390.0000	MHz			
Sensibilidade Rx [Srx BS]	-103.50	dBm	Dinâmica		
Perdas do Cabo Rx	2.24	dB	Comprimento do Cabo:	90	M
			Tipo do cabo: Heliax 7/8" / Avg. perdas @ 400Mhz por 100m	2.49	dB/100m
Ganho da Antena Rx	11.00	dBi	Antena: Panel RYMSA AT TE-143		

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	DADOS		OBSERVAÇÕES
Fator de correção Estatístico	13.05	dB	90% L e T

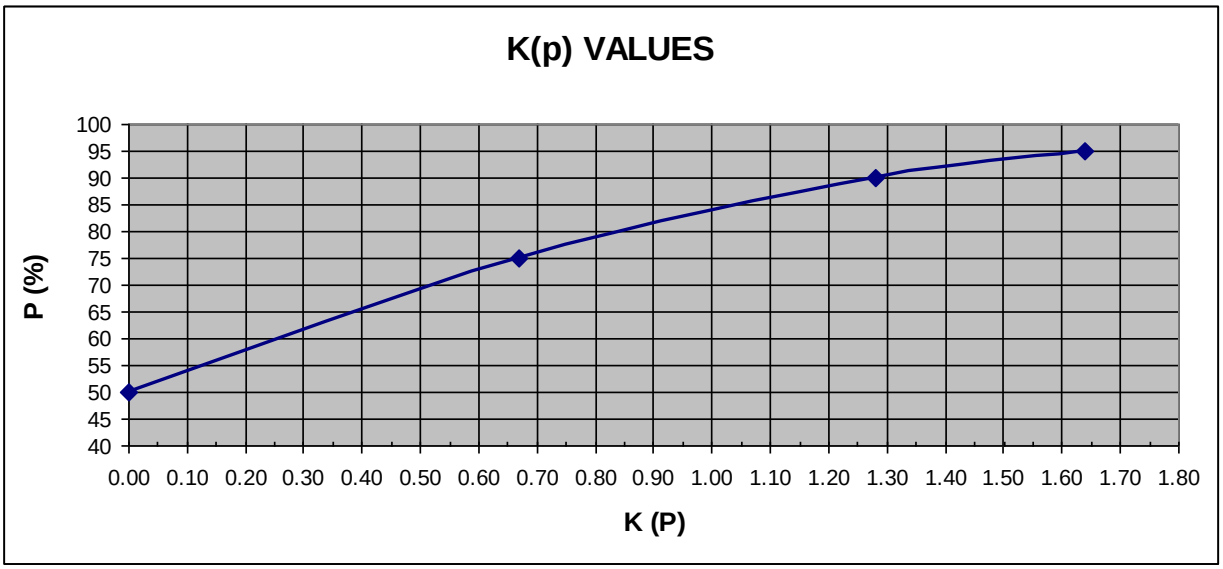
OUTRAS PERDAS	DADOS		
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB	
Perdas no interior do trem	5.00	dB	

MOBILE 10W	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Potência de Saída [Ptx T1]	40	dBm	Potência em W:	10	W
Ganho antena [G T1]	2.15	dBi			
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB	Cable RG-223		
Sensibilidade Terminal [Srx T1]	-103.00	dBm	Dinâmica		
PORTATIL 3W	**DADOS**		**OBSERVAÇÕES**		
Potência de Saída [Ptx T2]	34.77	dBm	Potência em W:	3	W
Ganho antena [G T2]	0.00	dBi			
Sensibilidade Terminal [Srx T2]	-103.00	dBm	Dinâmica		

FATOR DE CORREÇÃO ESTATÍSTICO

δ Tipical UIT-R 567 / UIT-R P.1145			
Band	**δ L (dB)**	**δ T (dB)**	
VHF (30-300Mhz)	8	3	(Land & Sea)
UHF (300Mhz-3GHz)	10	2	(Land)
		9	(Sea)

K (P) Values	
P (%)	**K (P)**
50	0.00
75	0.67
85	1.04
90	1.28
95	1.64



FADE MARGIN FACTOR ΔeE	
K (T) (%)	1.28
K (L) (%)	1.28
δ L (dB)	10
δ T (dB)	2
ΔeE	**13.05**
Other ΔeE	**13.05**

DOWN LINK

ERB TRANSMISSÃO		
Potência de Saída Tx [Ptx BS]	46.02	dBm
Combinador	2.50	dB
POTÊNCIA DA SBS	***43.52***	***dBm***
Perdas do Cabo Tx	2.24	dB
Perdas em conectores (Tx & Rx)	1.00	dB
Ganho da Antena Tx	8.15	dBi
Outras perdas em Tx	0.50	dB
PIRE DA SBS	***47.93***	***dBm***
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO		
Fator de correção Estatístico	13.05	dB
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	***13.05***	***dB***

MOBILE 10W		
Ganho de antena [G T1]	2.15	dBi
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB
Sensibilidade Terminal [Srx T1]	-103.00	dBm
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***138.27***	***dB***

PORTÁTIL 3W		
Ganho de antena [G T2]	0.00	dBi
Sensibilidade Terminal [Srx T2]	-103.00	dBm
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB
Perdas no interior do trem	5.00	dB
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***132.87***	***dB***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA INTERIOR DO TREM (DOWN LINK)	***127.87***	

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA = EIRP ERB - [Srx T] + G T – Perda do Terminal – Margem de Desvanecimento

Perda do Terminal = Perda no portátil devidas ao corpo humano

Demonstramos na figura a seguir o balanceamento de rádio no sentido Downlink:

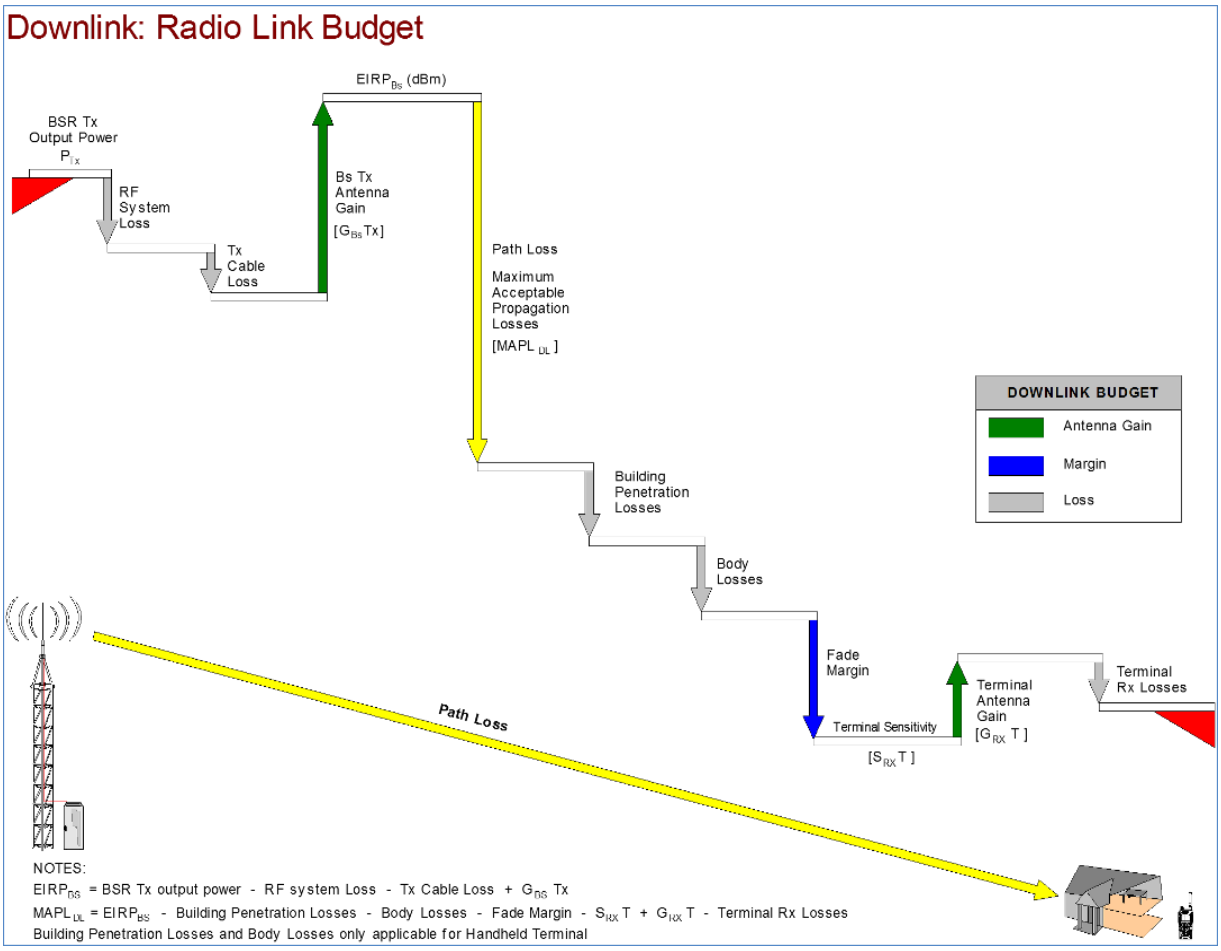


Figura 11. Radio Link Budget (Downlink)

UP LINK		
ERB RECEPÇÃO		
Ganho da Antena Rx	11.00	dBi
Perdas do Cabo Rx	2.24	dB
Perdas em conector (Tx & Rx)	1.00	dB
Sensibilidade Rx [Srx BS]	-103.50	dBm

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO		
Fator de correção Estatístico	13.05	dB
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	***13.05***	***dB***

MOBILE 10W		
Potência de Saída [Ptx T1]	40.00	dBm
Ganho de antena [G T1]	2.15	dBi
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB
PIRE MOBILE 10W	***40.39***	***dBm***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***140.83***	***dB***

PORTÁTIL 3W		
Potência de Saída [Ptx T2]	34.77	dBm
Ganho de antena [G T2]	0.00	dBi
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB
Perdas no interior do trem	5.00	dB
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (UP LINK)	***130.21***	***dB***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA INTERIOR DO TREM (UP LINK)	***125.21***	

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA = EIRP Terminal - [Srx BS] + Grx ERB - Perdas Rx ERB – Perdas do Terminal – Margem de Desvanecimento
Perda do Terminal = Perda no portátil devidas ao corpo humano
Srx BS = Sensibilidade da ERB de acordo com a Formula de Friis, que depende do multiacoplador, perdas no cabo de RX e amplificadores de potência, se existirem.

Demonstramos na figura a seguir o balanceamento de rádio no sentido Uplink:

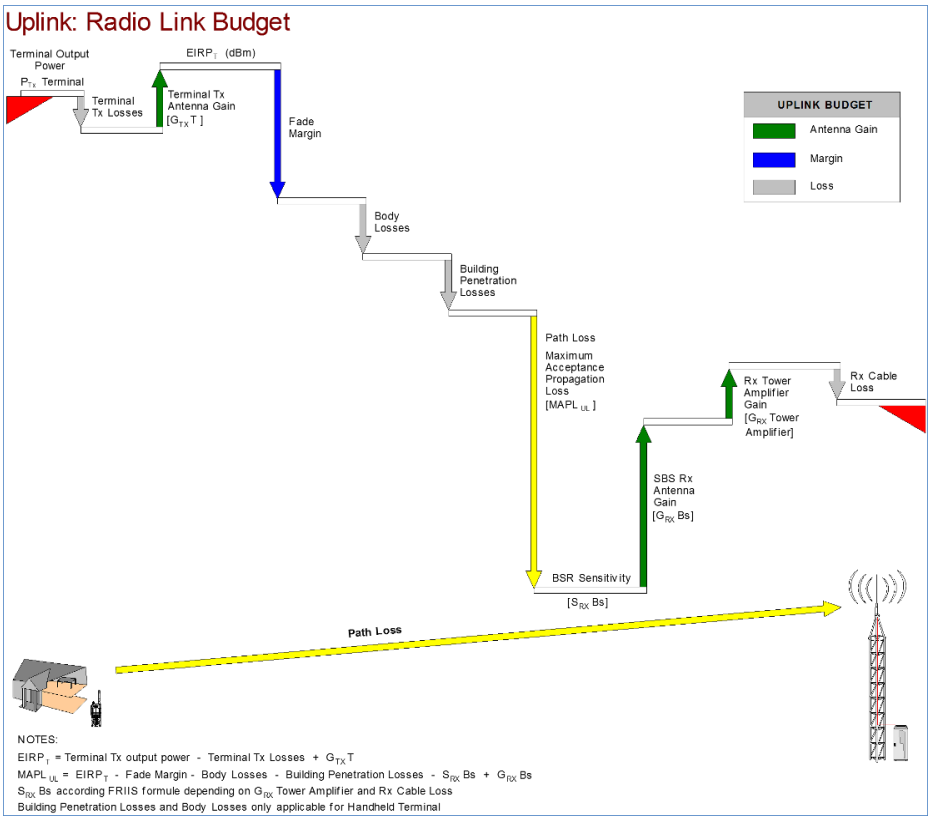


Figura 12. Radio Link Budget (Uplink)

SENSIBILIDADE ESTAÇÃO BASE RX

	PORTADORA	MULTIACOPLADOR	PERDAS CABO RX
GANHO (DB)	**---**	**2**	**-2.24**
GANHO	**---**	**1.6**	**0.6**
PISO DE RUÍDO (DB)	**5**	**3**	**2.241**
PISO DE RUÍDO	**3.2**	**2.0**	**1.7**
FATOR DE RUÍDO (FRIIS)	**3.2**	**3.4**	**5.6**
FATOR DE RUÍDO (FRIIS) (DB)	**5**	**5.3**	**7.5**
SENSIBILIDADE RECEPÇÃO (DBM)	**-106**	**-105.7**	**-103.5**

SENSIBILIDADE DINÂMICA RECEPÇÃO (dbm)	**-106**

LIMIARES

TRANSMISSOR SBS	
Potência da SBS	43.52 dBm
PIRE SBS	***47.93 dBm***
	62.08 W

MOBILE 10W		
PIRE MOBILE 10W	***40.39***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	138.27	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	140.83	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-90.34***	***dBm***

PORTÁTIL 3W		
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	132.88	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	130.21	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-82.28***	***dBm***

PORTÁTIL 3W interior do trem		
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	127.88	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	125.21	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-77.28***	***dBm***

LIMIARES DE TRABALHO

Os valores dos limiares de recepção para cada tipo de terminal são obtidos, tendo em conta a mais restritiva da perda de propagação máxima admissível em cada caso de balanço. Consequentemente, o limiar de recepção mínimo será fixado em:

Frequência Tx	**400.00**	**MHz**

DESCRIÇÃO	dBm	dBuV/m
MOBILE 10W	**-90.34**	**38.90**
PORTÁTIL 3W	**-82.28**	**46.96**
PORTATIL 3W interior do trem	**-77.28**	**51.96**

Por último, e para fixar os limiares de campo radioelétrico, transpassaremos os valores de dBm a dBuV/m:

Notas:

- A conversão para dBm em dBuV/m foi realizada com um ganho isotrópico de 2,15 dBi (0 dBd) de acordo com o terminal e de acordo com a frequência de trabalho.

6.2.2 BALANÇO COM ANTENA XPOL

- ❖ Antena da Estação Base: antena painel (cross polar) do fabricante SKYMASTS modelo 756.65.15, apresentando um ganho de 15 dBi
- ❖ Cabo Coaxial: Considera-se um tipo de cabo coaxial de 7/8" com perdas estimadas de 2.49 dB/100m para 400 MHz. No pior caso se considera uma distância máxima de 22m.
- ❖ Perdas do Filtro de 0.5 dB.
- ❖ Outras perdas: Consideram-se perdas adicionais devido ao sensor de potência, conectores, splitter etc. de um total de 3.50 dB.

DADOS DE INFRAESTRUTURA E DOS TERMINAIS

EB TRANSMISSÃO	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Frequência de Tx	400.0000	MHz			
Potência de Saída Tx [Ptx BS]	46.02	dBm	Potência em W:	40	W
Combinador	2.5	dB			
Tx Filtro	0.5	dB			
Perdas do Cabo Tx	0.55	dB	Comprimento do Cabo:	22	M
			Tipo do cabo: Heliax 7/8" / Avg. perdas @ 400Mhz por 100m	2.49	dB/100m
Perdas em conectores (Tx & Rx)	1.00	dB			
Ganho da Antena Tx	15.00	dBi	Antena: XPOL SKYMASTS 756.65.15		
Outras perdas em Tx	3.50	dB	Sensor de potência + Splitter		

EB RECEPÇÃO	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Frequência de Rx	390.0000	MHz			
Sensibilidade Rx [Srx BS]	--105.19	dBm	Dinâmica		
Perdas do Cabo Rx	0.55	dB	Comprimento do Cabo:	22	M
			Tipo do cabo: Heliax 7/8" / Avg. perdas @ 400Mhz por 100m	2.49	dB/100m
Ganho da Antena Rx	15	dBi	Antena: XPOL SKYMASTS 756.65.15		
Outras perdas em Tx	3.00	dB	Splitter		

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	DADOS		OBSERVAÇÕES
Fator de correção Estatístico	13.05	dB	90% L e T

OUTRAS PERDAS	DADOS		
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB	
Perdas no interior do trem	5.00	dB	

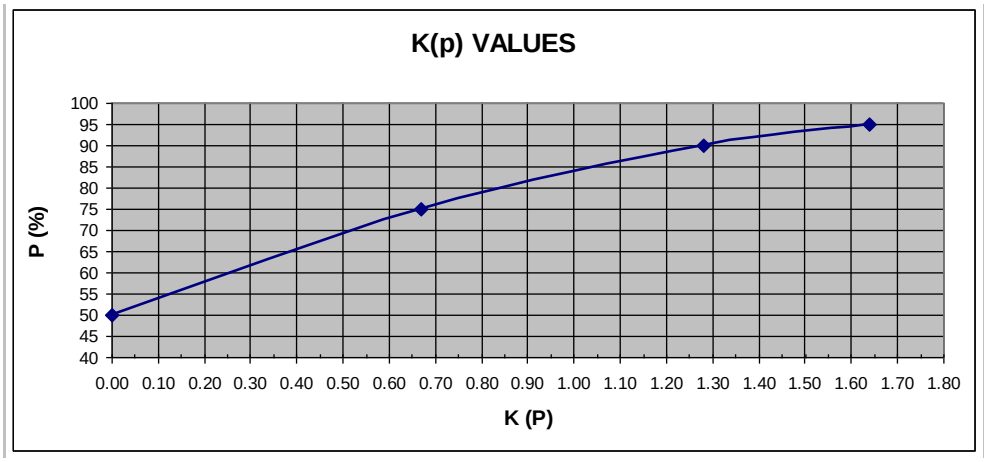
MOBILE 10W	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Potência de Saída [Ptx T1]	40	dBm	Potência em W:	10	W
Ganho antena [G T1]	2.15	dBi			
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB	Cable RG-223		
Sensibilidade Terminal [Srx T1]	-103.00	dBm	Dinâmica		

PORTATIL 3W	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Potência de Saída [Ptx T2]	34.77	dBm	Potência em W:	3	W
Ganho antena [G T2]	0.00	dBi			
Sensibilidade Terminal [Srx T2]	-103.00	dBm	Dinâmica		

FATOR DE CORREÇÃO ESTATÍSTICO

δ Tipical UIT-R 567 / UIT-R P.1145			
Band	**δ L (dB)**	**δ T (dB)**	
VHF (30-300Mhz)	8	3	(Land & Sea)
UHF (300Mhz-3GHz)	10	2	(Land)
		9	(Sea)

K (P) Values	
P (%)	**K (P)**
50	0.00
75	0.67
85	1.04
90	1.28
95	1.64



FADE MARGIN FACTOR ΔeE	
K (T) (%)	1.28
K (L) (%)	1.28
δ L (dB)	10
δ T (dB)	2
ΔeE	**13.05**
Other ΔeE	**13.05**

DOWN LINK

ERB TRANSMISSÃO		
Potência de Saída Tx [Ptx BS]	46.02	dBm
Combinador	2.50	dB
Tx Filtro	0.50	dB
POTÊNCIA DA SBS	***43.52***	***dBm***
Perdas do Cabo Tx	0.55	dB
Perdas em conectores (Tx & Rx)	1.00	dB
Ganho da Antena Tx	15.00	dBi
Outras perdas em Tx	3.50	dB
PIRE DA SBS	***52.97***	***dBm***

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO		
Fator de correção Estatístico	13.05	dB
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	***13.05***	***dB***

MOBILE 10W		
Ganho de antena [G T1]	2.15	dBi
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB
Sensibilidade Terminal [Srx T1]	-103.00	dBm
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***143.31***	***dB***

PORTÁTIL 3W		
Ganho de antena [G T2]	0.00	dBi
Sensibilidade Terminal [Srx T2]	-103.00	dBm
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB
Perdas no interior do trem	5.00	dB
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***137.92***	***dB***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA INTERIOR DO TREM (DOWN LINK)	***132.92***	

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA = EIRP ERB - [Srx T] + G T – Perda do Terminal – Margem de Desvanecimento
Perda do Terminal = Perda no portátil devidas ao corpo humano

Demonstramos na figura a seguir o balanceamento de rádio no sentido Downlink:

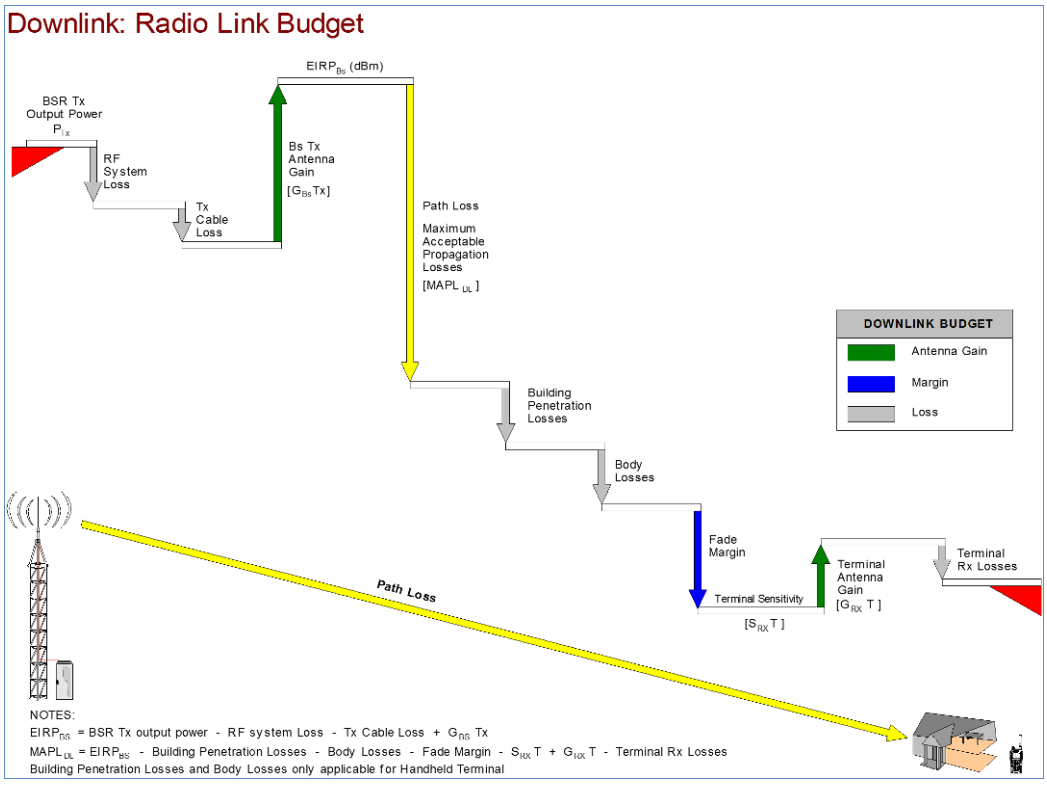


Figura 13. Radio Link Budget (Downlink)

UP LINK

ERB RECEPÇÃO		
Ganho da Antena Rx	15.00	dBi
Perdas do Cabo Rx	0.55	dB
Perdas em conector (Tx & Rx)	1.00	dB
Sensibilidade Rx [Srx BS]	-105.19	dBm
Outras perdas em Tx	3.00	dB

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO		
Fator de correção Estatístico	13.05	dB
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	***13.05***	***dB***

MOBILE 10W		
Potência de Saída [Ptx T1]	40.00	dBm
Ganho de antena [G T1]	2.15	dBi
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB
PIRE MOBILE 10W	***40.39***	***dBm***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***143.53***	***dB***

PORTÁTIL 3W		
Potência de Saída [Ptx T2]	34.77	dBm
Ganho de antena [G T2]	0.00	dBi
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB
Perdas no interior do trem	5.00	dB
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (UP LINK)	***132.91***	***dB***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA INTERIOR DO TREM (UP LINK)	***127.91***	

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA = EIRP Terminal - [Srx BS] + Grx ERB - Perdas Rx ERB – Perdas do Terminal – Margem de Desvanecimento

Perda do Terminal = Perda no portátil devidas ao corpo humano

Srx BS = Sensibilidade da ERB de acordo com a Formula de Friis, que depende do multiacoplador, perdas no cabo de RX e amplificadores de potência, se existirem.

Demonstramos na figura a seguir o balanceamento de rádio no sentido Uplink:

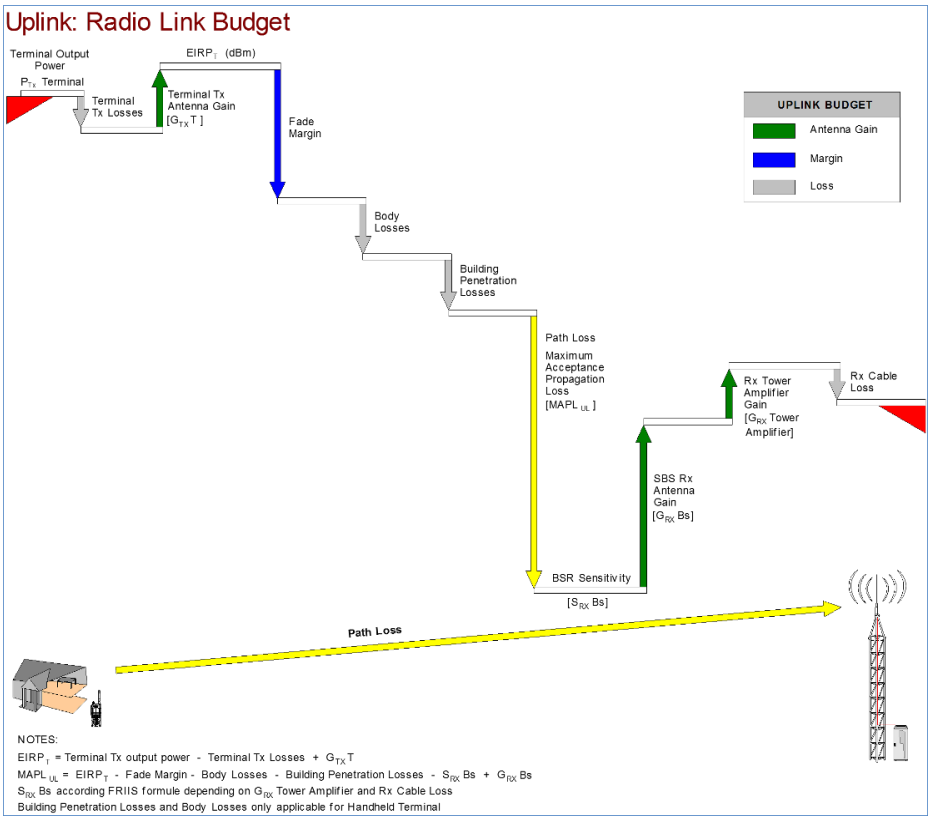


Figura 14. Radio Link Budget (Uplink)

SENSIBILIDADE ESTAÇÃO BASE RX

	PORTADORA	MULTIACOPLADOR	PERDAS CABO RX
GANHO (DB)	**---**	**2**	**-0.55**
GANHO	**---**	**1.6**	**0.9**
PISO DE RUÍDO (DB)	**5**	**3**	**0.5478**
PISO DE RUÍDO	**3.2**	**2.0**	**1.1**
FATOR DE RUÍDO (FRIIS)	**3.2**	**3.4**	**3.8**
FATOR DE RUÍDO (FRIIS) (DB)	**5**	**5.3**	**5.8**
SENSIBILIDADE RECEPÇÃO (DBM)	**-106**	**-105.7**	**-105.2**

SENSIBILIDADE DINÂMICA RECEPÇÃO (dbm)	**-106**

LIMIARES

TRANSMISSOR SBS	
Potência da SBS	43.02 dBm
PIRE SBS	***52.97 dBm***
	198.28 W

MOBILE 10W		
PIRE MOBILE 10W	***40.39***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	143.31	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	143.53	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-90.34***	***dBm***

PORTÁTIL 3W		
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	137.92	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	132.91	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-79.93***	***dBm***

PORTÁTIL 3W interior do trem		
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	125.92	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	120.91	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-67.93***	***dBm***

LIMIARES DE TRABALHO

Os valores dos limiares de recepção para cada tipo de terminal são obtidos, tendo em conta a mais restritiva da perda de propagação máxima admissível em cada caso de balanço. Consequentemente, o limiar de recepção mínimo será fixado em:

Frequência Tx	**400.00**	**MHz**

DESCRIÇÃO	dBm	dBuV/m
MOBILE 10W	**-90.34**	**38.90**
PORTÁTIL 3W	**-79.93**	**49.31**
PORTATIL 3W interior do trem	**-74.93**	**54.31**

Por último, e para fixar os limiares de campo radioelétrico, transpassaremos os valores de dBm a dBuV/m:

Notas:

- A conversão para dBm em dBuV/m foi realizada com um ganho isotrópico de 2,15 dBi (0 dBd) de acordo com o terminal e de acordo com a frequência de trabalho.

6.2.3 BALANÇO COM ANTENA VPOL

- Antena da Estação Base: antena painel (vertically polarized) do fabricante SKYMASTS modelo 750.65.15, apresentando um ganho de 15 dBi
- Cabo Coaxial: Considera-se um tipo de cabo coaxial de 1/2" com perdas estimadas de 4.46 dB/100m para 400 MHz. No pior caso se considera uma distância máxima de 70m.
- Perdas do duplexador de 1.50 dB
- Outras perdas: Consideram-se perdas adicionais devido ao sensor de potência, conectores, splitter etc. de um total de 6.50 dB.

DADOS DE INFRAESTRUTURA E DOS TERMINAIS

EB TRANSMISSÃO	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Frequência de Tx	400.0000	MHz			
Potência de Saída Tx [Ptx BS]	46.02	dBm	Potência em W:	40	W
Combinador	2.50	dB			
Perdas duplexador	1.50	dB			
Perdas do Cabo Tx	3.12	dB	Comprimento do Cabo:	70	m
			Tipo do cabo: LCF50-12 /Avg. perdas @ 400Mhz por 100m	4.46	dB/100m
Perdas em conectores (Tx & Rx)	1.00	dB			
Ganho da Antena Tx	15.00	dBi	Antena: XPOL SKYMASTS 756.65.15		
Outras perdas em Tx	6.50	dB	Sensor de potência , Splitter, etc.		

EB RECEPÇÃO	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Frequência de Rx	390.0000	MHz			
Sensibilidade Rx [Srx BS]	--102.62	dBm	Dinâmica		
Perdas do Cabo Rx	3.12	dB	Comprimento do Cabo:	70	m
			Tipo do cabo: LCF50-12 /Avg. perdas @ 400Mhz por 100m	4.46	dB/100m
Ganho da Antena Rx	15.00	dBi	Antena: XPOL SKYMASTS 756.65.15		
Outras perdas em Tx	3.00	dB	Splitter		

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	DADOS		OBSERVAÇÕES
Fator de correção Estatístico	13.05	dB	90% L e T

OUTRAS PERDAS	DADOS		
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB	
Perdas no interior do trem	5.00	dB	

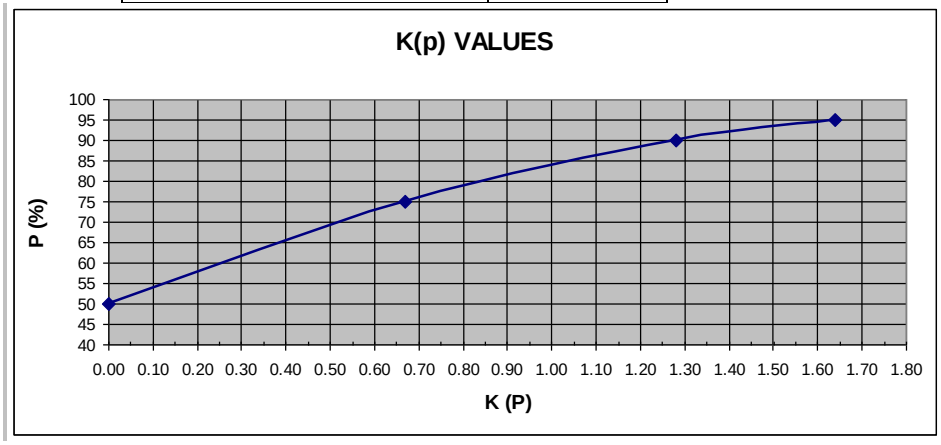
MOBILE 10W	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Potência de Saída [Ptx T1]	40.00	dBm	Potência em W:	10	W
Ganho antena [G T1]	2.15	dBi			
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB	Cable RG-223		
Sensibilidade Terminal [Srx T1]	-103.00	dBm	Dinâmica		

PORTATIL 3W	DADOS		OBSERVAÇÕES		
Potência de Saída [Ptx T2]	34.77	dBm	Potência em W:	3	W
Ganho antena [G T2]	0.00	dBi			
Sensibilidade Terminal [Srx T2]	-103.00	dBm	Dinâmica		

FATOR DE CORREÇÃO ESTATÍSTICO

δ Tipical UIT-R 567 / UIT-R P.1145			
Band	**δ L (dB)**	**δ T (dB)**	
VHF (30-300Mhz)	8	3	(Land & Sea)
UHF (300Mhz-3GHz)	10	2	(Land)
		9	(Sea)

K (P) Values	
P (%)	**K (P)**
50	0.00
75	0.67
85	1.04
90	1.28
95	1.64



FADE MARGIN FACTOR ΔeE	

K (T) (%)	1.28
K (L) (%)	1.28
δ L (dB)	10
δ T (dB)	2
∆e**E**	**13.05**
Other ∆e E	**13.05**

DOWN LINK

ERB TRANSMISSÃO		
Potência de Saída Tx [Ptx BS]	46.02	dBm
Combinador	2.50	dB
Perdas duplexador	1.50	dB
POTÊNCIA DA SBS	***42.02***	***dBm***
Perdas do Cabo Tx	3.12	dB
Perdas em conectores (Tx & Rx)	1.00	dB
Ganho da Antena Tx	15.00	dBi
Outras perdas em Tx	6.50	dB
PIRE DA SBS	***46.40***	***dBm***

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO		
Fator de correção Estatístico	13.05	dB
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	***13.05***	***dB***

MOBILE 10W		
Ganho de antena [G T1]	2.15	dBi
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB
Sensibilidade Terminal [Srx T1]	-103.00	dBm
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***136.74***	***dB***

PORTÁTIL 3W		
Ganho de antena [G T2]	0.00	dBi
Sensibilidade Terminal [Srx T2]	-103.00	dBm
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB
Perdas no interior do trem	5.00	dB
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***131.35***	***dB***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA INTERIOR DO TREM (DOWN LINK)	***126.35***	

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA = EIRP ERB - [Srx T] + G T – Perda do Terminal – Margem de Desvanecimento

Perda do Terminal = Perda no portátil devidas ao corpo humano

Demonstramos na figura a seguir o balanceamento de rádio no sentido Downlink:

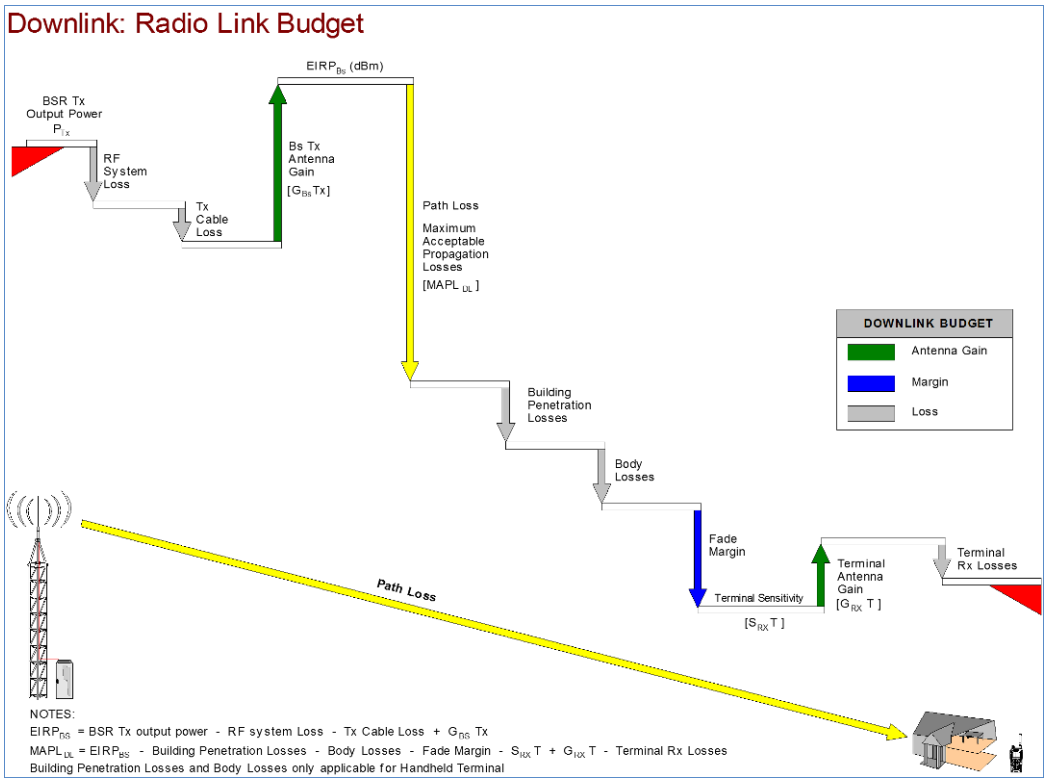


Figura 15. Radio Link Budget (Downlink)

UP LINK

ERB RECEPÇÃO		
Ganho da Antena Rx	15.00	dBi
Perdas do Cabo Rx	3.12	dB
Perdas em conector (Tx & Rx)	1.00	dB
Perdas duplexador	1.50	dB
Sensibilidade Rx [Srx BS]	-105.19	dBm
Outras perdas em Tx	3.00	dB

MARGEM DESVANECIMENTO MEIO		
Fator de correção Estatístico	13.05	dB
MARGEM DESVANECIMENTO MEIO	***13.05***	***dB***

MOBILE 10W		
Potência de Saída [Ptx T1]	40.00	dBm
Ganho de antena [G T1]	2.15	dBi
Tx/Rx Cabo Perdas	1.76	dB
PIRE MOBILE 10W	***40.39***	***dBm***

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (DOWN LINK)	***139.45***	***dB***

PORTÁTIL 3W		
Potência de Saída [Ptx T2]	34.77	dBm
Ganho de antena [G T2]	0.00	dBi
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
Perdas por absorção do corpo Portátil	5.00	dB
Perdas no interior do trem	5.00	dB
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA (UP LINK)	***128.83***	***dB***
PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA INTERIOR DO TREM (UP LINK)	***123.83***	

PERDAS DE PROPAGAÇÃO MÁXIMA = EIRP Terminal - [Srx BS] + Grx ERB - Perdas Rx ERB – Perdas do Terminal – Margem de Desvanecimento
Perda do Terminal = Perda no portátil devidas ao corpo humano
Srx BS = Sensibilidade da ERB de acordo com a Formula de Friis, que depende do multiacoplador, perdas no cabo de RX e amplificadores de potência, se existirem.

Demonstramos na figura a seguir o balanceamento de rádio no sentido Uplink:

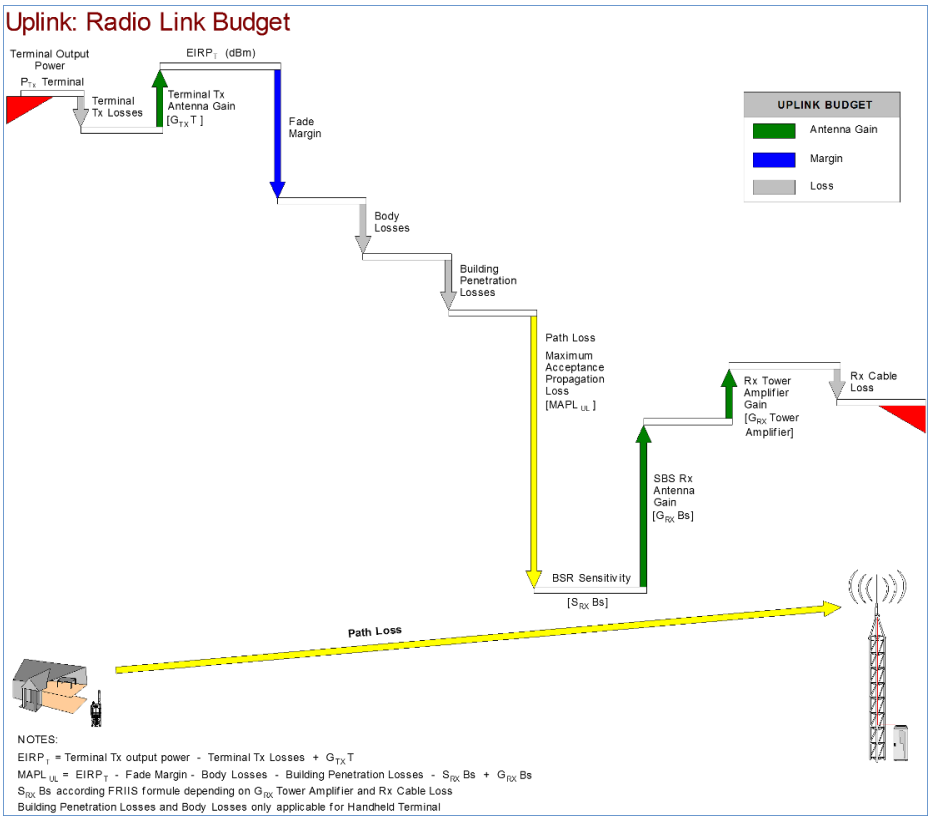


Figura 16. Radio Link Budget (Uplink)

SENSIBILIDADE ESTAÇÃO BASE RX

	PORTADORA	MULTIACOPLADOR	PERDAS CABO RX
GANHO (DB)	**---**	**2**	**-3.12**
GANHO	**---**	**1.6**	**0.5**
PISO DE RUÍDO (DB)	**5**	**3**	**3.122**
PISO DE RUÍDO	**3.2**	**2.0**	**2.1**
FATOR DE RUÍDO (FRIIS)	**3.2**	**3.4**	**6.9**
FATOR DE RUÍDO (FRIIS) (DB)	**5**	**5.3**	**8.4**
SENSIBILIDADE RECEPÇÃO (DBM)	**-106**	**-105.7**	**-102.6**

SENSIBILIDADE DINÂMICA RECEPÇÃO (dbm)	**-106**

LIMIARES

TRANSMISSOR SBS	
Potência da SBS	42.02 dBm
PIRE SBS	***46.40 dBm***
	43.64 W

MOBILE 10W		
PIRE MOBILE 10W	***40.39***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	136.74	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	139.45	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-90.34***	***dBm***

PORTÁTIL 3W		
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	131.35	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	128.83	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-82.43***	***dBm***

PORTÁTIL 3W interior do trem		
PIRE PORTÁTIL 3W	***34.77***	***dBm***
P. P. MÁXIMO (DOWN LINK)	126.35	dB
P. P. MÁXIMO (UP LINK)	123.83	dB
LIMIARES: PORTÁTIL 3W	***-77.43***	***dBm***

LIMIARES DE TRABALHO

Os valores dos limiares de recepção para cada tipo de terminal são obtidos, tendo em conta a mais restritiva da perda de propagação máxima admissível em cada caso de balanço. Consequentemente, o limiar de recepção mínimo será fixado em:

Frequência Tx	**400.00**	**MHz**

DESCRIÇÃO	dBm	dBuV/m
MOBILE 10W	**-90.34**	**38.90**
PORTÁTIL 3W	**-82.43**	**46.81**
PORTATIL 3W interior do trem	**-77.43**	**51.81**

Por último, e para fixar os limiares de campo radioelétrico, transpassaremos os valores de dBm a dBuV/m:

Notas:

- A conversão para dBm em dBuV/m foi realizada com um ganho isotrópico de 2,15 dBi (0 dBd) de acordo com o terminal e de acordo com a frequência de trabalho.

6.3 METODOLOGIA DE CÁLCULO PARA COBERTURA INDOOR EM TÚNEIS

Para o estudo de cobertura indoor, o primeiro passo consiste em determinar o nível de sinal das perdas máximas que são permitidas nas chamadas descendentes (dowlink) como nas chamadas ascendentes (uplink).

6.3.1 LIMITES INDOOR

O estudo leva em conta uma estação base (SBS) para o cálculo da cobertura indoor.

Vamos definir o valor de corte que nós estabelecemos para trabalhar o valor na representação gráfica do estudo.

Ele é resumido nos seguintes valores-limite:

Frequência Tx	**400.00**	**MHz**

DESCRIÇÃO	dBm	dBuV/m
NÍVEL DO SINAL RECEBIDO	**-90.00**	**39.24**

6.3.2 FORMULAÇÃO DE CÁLCULO

Para estimar o nível de sinal a ser considerado na linha subterrânea, considera-se os seguintes parâmetros do cabo irradiante (RADIAFLEX AHF 7/17 de RFS):

- Range de Frequência: 30-980 MHz
- Impedância: 50 +/-2 Ohm
- Perdas Longitudinais: 6.8 dB/100m
- Perdas de Acoplamento (95%): 70 dB

E a seguinte fórmula é aplicada:

Nível do sinal = dBm – (perdas longitudinais x distância) – perdas de acoplamento (95%).

7 RESULTADOS E CONCLUSÕES

As localizações (sites) para instalação das ERBs para a rede do metrô/DF (Brasília) que propomos são os seguintes:

ESTAÇÕES OUTDOOR

Nº SITE	SITE	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	ALTURA ANTENA (m)
1	CCO -70 METROS	15º50'46.82" S	48º02'11.21" W	1207	70
2	E28	15º47'52.59" S	48º07'29.14" W	1272	12
3	E35	15º52'57.64" S	48º06'17.26" W	1198	12
4	Arníqueiras	15º50'12.34" S	48º01'01.46" W	1139	12
5	Guará	15º49'35.90" S	47º59'00.37" W	1098	12

ESTAÇÕES MISTAS (COBERTURA EM TÚNEL E OUTDOOR)

Nº SITE	SITE	LATITUDE	LONGITUDE	COTA	ALTURA ANTENA (m)
6	CEC	15º49'21.18" S	48º06'44.18" W	1260	12
7	112	15º49'36.43" S	47º54'52.85" W	1067	10
8	108	15º49'08.56" S	47º54'14.54" W	1082	10
9	104	15º48'37.85" S	47º53'37.67" W	1093	10
10	Galeria	15º48'01.03" S	47º53'07.26" W	1097	10
11	GTB	15º47'14.21" S	47º52'51.26" W	1085	10

ESTAÇÕES INDOOR

Nº SITE	SITE
12	Praça Relógio
13	Adicional Praça Relógio
14	Onoyama
15	Adicional Onoyama
16	Adicional túnel ao lado de Águas Claras
17	Adicional túnel ao lado de E114

Nota:

- Graus, minutos e segundos estão indicados com Datum WGS84
- A Altura da antena considera-se sob o nível do solo.

Na tabela abaixo mostra-se para os sites outdoor e mistos o tipo de antena utilizado, e seu tilt / azimuth correspondente:

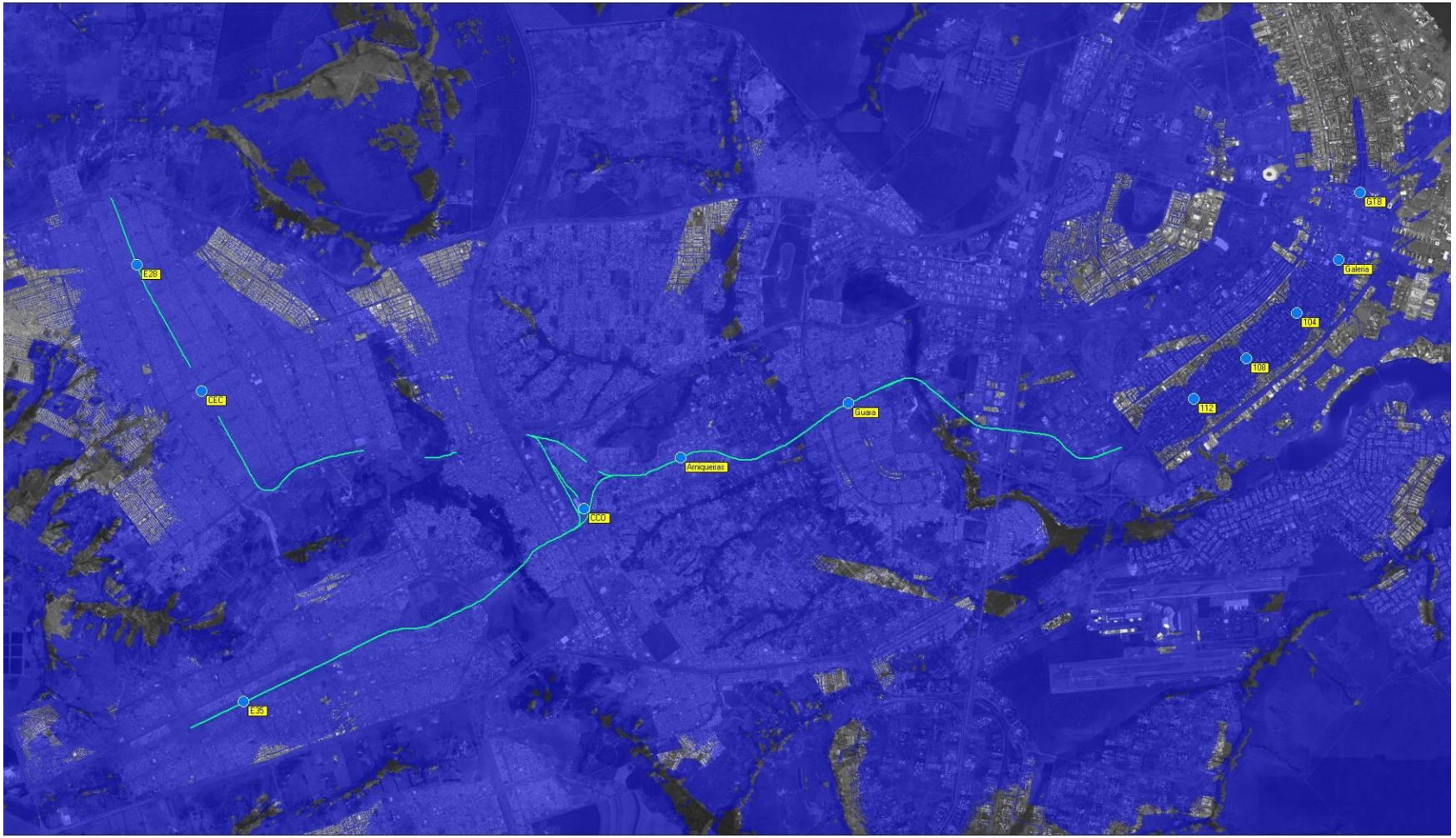
NUM. SITE	SITE	TIPO ANTENA	SECTOR1 Tilt / Azimuth (º)	SECTOR2 Tilt / Azimuth (º)
1	CCO -70 METROS	OMNI	-	
2	E28	XPOL	-2.4 / 338	-0.6 /-152
3	E35	XPOL	-2 / 245	-0.7 / 64
4	Arniqueiras	XPOL	0 / 89	0 / 245
5	Guara	XPOL	-1.2 / 70	0 / 249
6	CEC	VPOL	-0.7 / 335	-0.5 / 145
7	112	VPOL	-0.6 / 236	0.2 / 52
8	108	VPOL	0 / 48	-1 / 232
9	104	VPOL	-0.8 / 229	-0.2 / 37
10	Galeria	VPOL	-0.6 / 218	-0.9 / 18
11	GTB	VPOL	-0.6 / 198	

Apresentamos a seguir a cobertura proporcionada pelos sites.

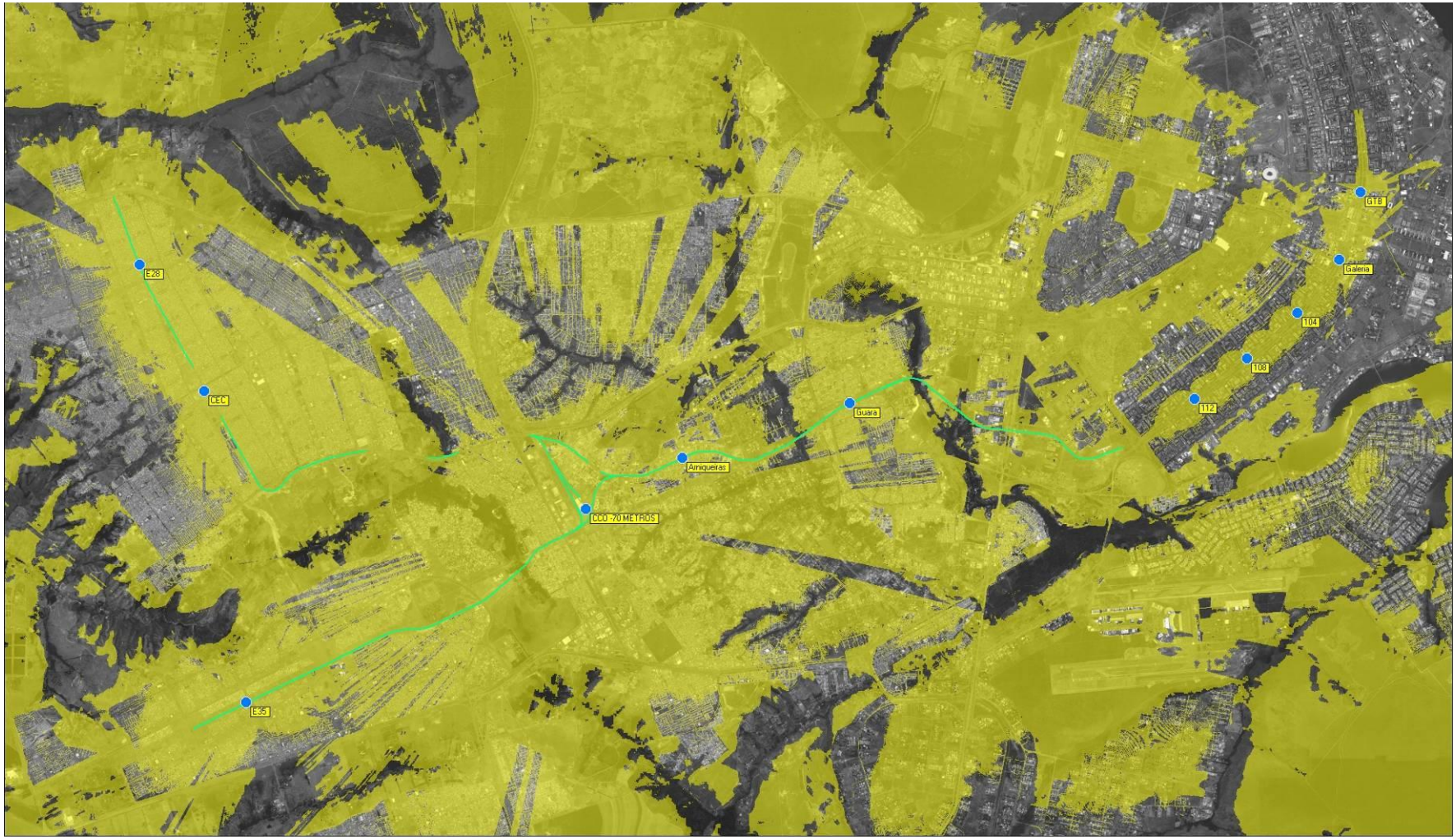
Os planos apresentados são os seguintes:

- Cobertura outdoor terminal embarcado.
- Cobertura outdoor terminal portátil externo.
- Cobertura outdoor terminal portátil no interior do trem.
- Nível de sinal para cobertura móvel (terminal embarcado) dentro do túnel.

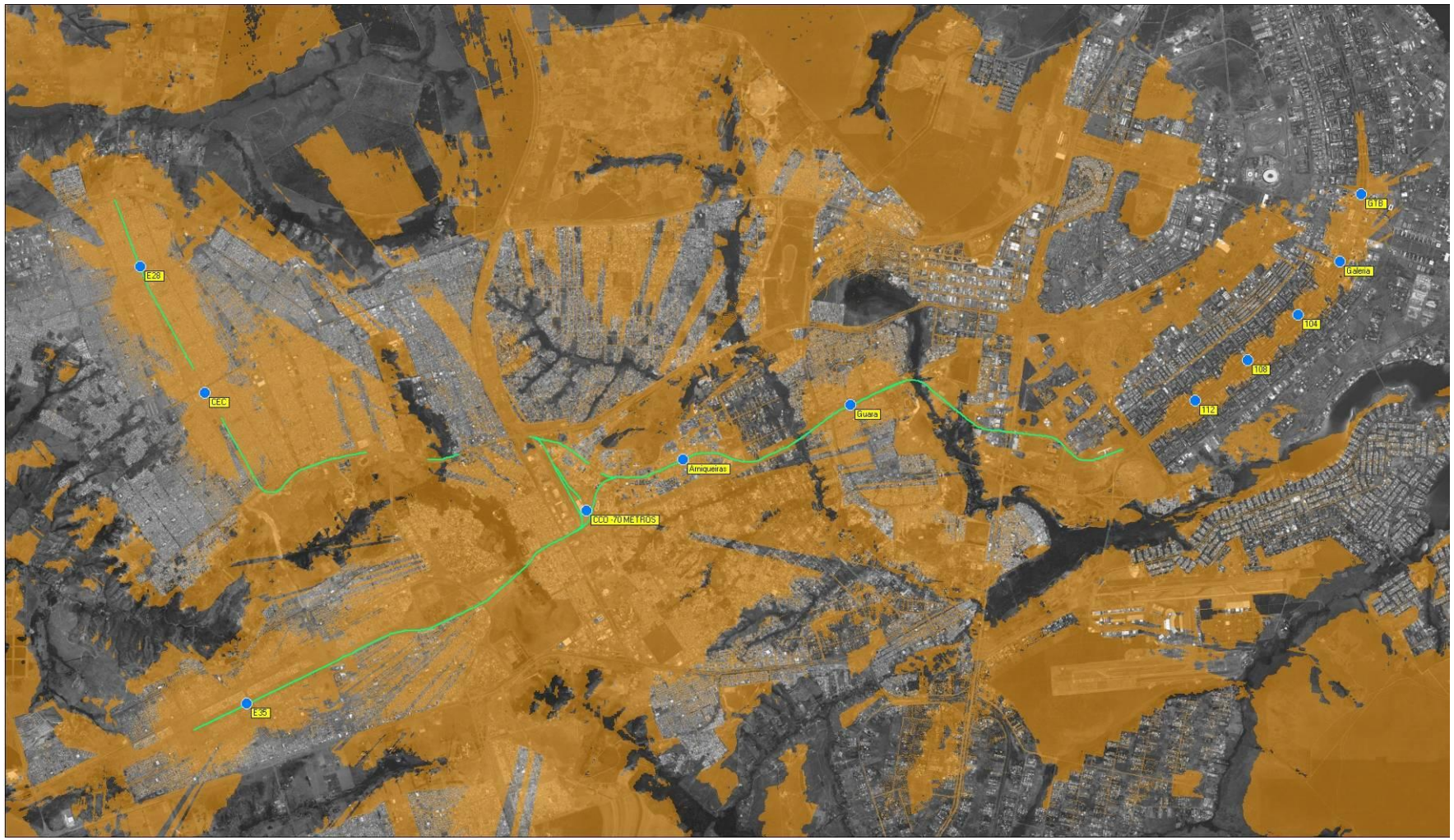
7.1 COBERTURA OUTDOOR - TERMINAL EMBARCADO



7.2 COBERTURA OUTDOOR - TERMINAL PORTÁTIL EXTERNO



7.3 COBERTURA OUTDOOR - TERMINAL PORTÁTIL NO INTERIOR DO TREM



7.4 NÍVEL DE SINAL PARA COBERTURA MÓVEL DENTRO DO TÚNEL - TERMINAL EMBARCADO

7.4.1 EM TORNO DA REGIÃO DA ESTAÇÃO CEILÂNDIA CENTRO

Essa região sempre foi caracterizada como uma região problemática na transmissão e recepção, mesmo no sistema atualmente instalado. Fato esse que no sistema atualmente instalado foi necessária a implantação de mais uma ERB, após implantação. Desta forma, neste novo sistema, teve um tratamento especial.

Threshold	-90																
SBS																	
Terminal Target	Mobile terminal																
Power at the entrance of leaky cable	29.43																
			0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	
CEC		0.000	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	
			-11.37	-4.57	2.23	9.03	15.83	22.63	29.43	22.63	15.83	9.03	2.23	-4.57	-11.37	-18.17	
29.43	6.86		-81.37	-74.57	-67.77	-60.97	-54.17	-47.37	-40.57	-47.37	-54.17	-60.97	-67.77	-74.57	-81.37	-88.17	
	SBS																

7.4.2 TÚNEL ONOYAMA

Threshold	-90																			
SBS																				
Terminal Target	Mobile terminal																			
Power at the entrance of leaky cable	31.93																			
		0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	-0.800	-0.900	-1.000	-1.100	-1.200	-1.300	-1.400
Onoyama	0.000	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	-0.800						
		4.73	11.53	18.33	25.13	31.93	25.13	18.33	11.53	4.73	-2.07	-8.87	-15.67	-22.47						
31.93	6.86	-65.27	-58.47	-51.67	-44.87	-38.07	-44.87	-51.67	-58.47	-65.27	-72.07	-78.87	-85.67	-92.47						
	SBS																			
Adicional	0.900								0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400
									-15.67	-8.87	-2.07	4.73	11.53	18.33	25.13	31.93	25.13	18.33	11.53	4.73
31.93	6.86								-85.67	-78.87	-72.07	-65.27	-58.47	-51.67	-44.87	-38.07	-44.87	-51.67	-58.47	-65.27
	SBS																			

7.4.3 TÚNEL PRAÇA DO RELÓGIO - TAGUATINGA

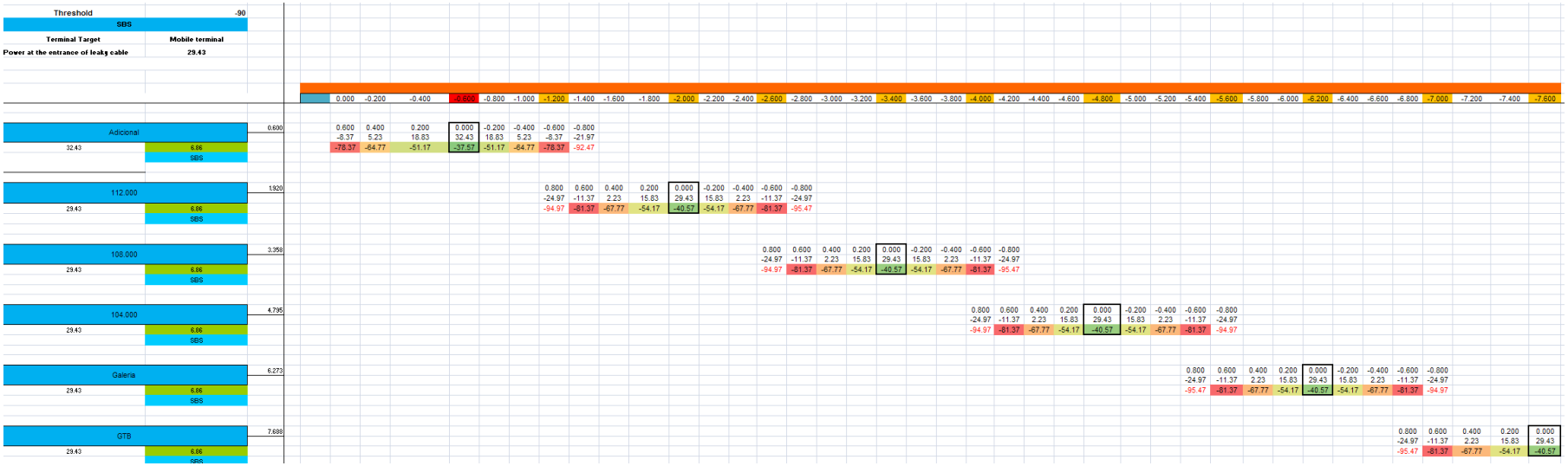
Threshold	-90																
SBS																	
Terminal Target	Mobile terminal																
Power at the entrance of leaky cable	31.93																
		0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	-0.800	-0.900	-1.000
Praça Relógio	0.000	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300	-0.400	-0.500	-0.600	-0.700	-0.800	-0.900	-1.000
		-8.87	-2.07	4.73	11.53	18.33	25.13	31.93	25.13	18.33	11.53	4.73	-2.07	-8.87	-15.67	-22.47	-29.27	-36.07
31.93	6.86	-78.87	-72.07	-65.27	-58.47	-51.67	-44.87	-38.07	-44.87	-51.67	-58.47	-65.27	-72.07	-78.87	-85.67	-92.47	-99.27	-106.07
	SBS																	
Adiconal	0.600								0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300
									-8.87	-2.07	4.73	11.53	18.33	25.13	31.93	25.13	18.33	11.53
31.93	6.86								-78.87	-72.07	-65.27	-58.47	-51.67	-44.87	-38.07	-44.87	-51.67	-58.47
	SBS																	

7.4.4 TÚNEL ADICIONAL JUNTO A ESTAÇÃO ÁGUAS CLARAS (TÚNEL ARMÍCO)



Threshold		-90										
SBS												
Terminal Target	Mobile terminal											
Power at the entrance of leaky cable	31.93											
				0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	-0.300
Adicional Aguas Claras		0.000						0.200	0.100	0.000	-0.100	-0.200	
								18.33	25.13	31.93	25.13	18.33	
31.93	6.86							-51.67	-44.87	-38.07	-44.87	-51.67	
	SBS												

7.4.5 TÚNEL ASA SUL (ZONA CENTRAL)



7.5 CONCLUSÕES

De acordo com os parâmetros de intensidade de campo mínimos estabelecidos segundo o balanço de potências, e como mostrado nos planos anteriores, com 17 sites (outdoor, mistos e indoor), situados em locais do Metrô/DF se obtém a cobertura de todo o traçado do metrô/DF e podemos extrair as seguintes conclusões:

1) Os resultados do estudo de cobertura mostram que a área do traçado do metrô e áreas vizinhas estão totalmente cobertas a nível de terminal de rádio móvel;
2) Assim mesmo, as principais rodovias de interconexão e acesso, oferecem, como é possível observar, uma grande cobertura a nível de terminal de rádio móvel;
3) Realizando análise dos resultados obtidos no traçado dos trens, é possível verificar que existe cobertura, com as hipóteses e parâmetros estabelecidos, incluindo cobertura a nível de terminal de rádio portátil de 3W no interior do trem;
4) Consideramos que com um cabo de 1 ¼, onde são menores as perdas longitudinais, poderá ser possível reduzir o número de estações rádio base nos túneis otimizando a rede TETRA. O estudo de cobertura quando do Projeto Executivo poderá melhor avaliar e em conjunto com a área técnica do Metrô a melhor alternativa poderá ser adotada;
5) A altura das antenas que se indicam é uma suposição baseada na altura das torres/mastros que podem ser instalados. Deverá ser confirmado na fase do Projeto Executivo.

Indicar novamente, que os resultados de cobertura apresentados são teóricos. Sendo que o grau de relação teórico – prático obtido com a metodologia e parametrização é muito elevado. Lembrando que os resultados finais dependem de parâmetros externos que podem fazer variar os resultados.