

ESTUDO DE COBERTURA TDT

Redondo Centro Histórico

Aferição dos Níveis Mínimos de Campo Elétrico
Cobertura Portátil Interior no Centro Histórico de Redondo

Centro de Monitorização e Controlo do Espectro

(IIC)

(FIC)

28 de agosto de 2013

1 Índice

1	ÍNDICE	2
2	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS TRABALHOS REALIZADOS	3
3	LIMIARES MÍNIMOS DE RECEÇÃO CONSIDERADOS	3
4	RESULTADOS DO ESTUDO DE COBERTURA	6
4.1	Medições ao longo de um Percurso	7
4.1.1	<i>Mapa de Intensidade de Campo Elétrico</i>	8
4.1.2	<i>Mapa de Cobertura Portátil Interior</i>	8
4.2	Análise Estatística dos Resultados	9
4.2.1	<i>Histograma do Campo Elétrico Medido ao longo do Percurso</i>	9
4.2.2	<i>Função de Distribuição do Campo Elétrico medido ao longo do Percurso</i>	9
4.2.3	<i>Função de Distribuição Cumulativa Complementar (CCDF)</i>	10
5	CONCLUSÕES	11
6	ANEXO A: METODOLOGIA	13
6.1	Listagem dos Equipamentos de RF utilizados	15
7	ANEXO B: PLANEAMENTO DA CAMPANHA DE MEDIÇÕES	16
7.1	Planeamento	16
7.1.1	<i>Crítérios de Escolha do Trajeto de Análise</i>	16
8	ANEXO C: CÁLCULO DE INCERTEZAS DE MEDIDA	18
9	ANEXO D: CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIDA UTILIZADOS	19
9.1	Recetor: Medidor Seletivo de Campo Elétrico, NARDA, SRM 3000	19
9.2	Antena: Isotrópica Triaxial, de Campo Elétrico, NARDA (75 MHz – 3 GHz)	23
9.3	Cabo Coaxial: NARDA RF, 100 kHz – 3 GHz, 50 Ohm, comprimento 5 m	28

2 Descrição Sumária dos Trabalhos Realizados

No dia 28 de agosto de 2013, procedeu-se à aferição dos níveis de campo elétrico, disponibilizados pela rede da PT Comunicações, S.A. (PTC), tendo em vista a oferta de **cobertura portátil interior**, no Serviço de Radiodifusão Televisiva Digital Terrestre (TDT), na área aproximada do polígono delimitador da zona histórica de Redondo, considerado no seu plano técnico da proposta apresentada no âmbito do concurso público para atribuição do Direito de Utilização de Frequências (DUF).

Assim, analisou-se o sinal de TDT, difundido no canal 56 (SFN), pela rede de âmbito nacional, a que corresponde o Multiplexer A (MUX A), que disponibiliza os serviços de programas de acesso não condicionado livre (canais gratuitos), onde se incluem, atualmente, RTP1, RTP2, SIC, TVI, AR TV e canal HD¹.

Este estudo adota a metodologia documentada no **Anexo A** do presente relatório e, no essencial, baseia-se nos princípios definidos na Rec. UIT-R SM.1875, para efeitos de verificação dos requisitos mínimos de campo elétrico, necessários à receção portátil interior.

Para o efeito, o ICP-ANACOM recorreu a **equipamentos de medida devidamente rastreados a padrões internacionalmente reconhecidos**, conforme comprovam os respetivos certificados de calibração, apresentados no **Anexo D**, considerando-se uma **incerteza de medição de $\pm 4,3$ dB**, para um intervalo de confiança de 95%, que resultou dos cálculos indicados no **Anexo C**.

3 Limiares Mínimos de Receção Considerados

De acordo com a Tabela A.3.2-2, do documento da UIT: *“Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)”*, o valor de intensidade de campo elétrico médio mínimo, expresso em unidades dB μ V/m, necessário para que se garanta efetivamente cobertura de DVB-T, com uma probabilidade de

¹ Reservado, através da ocupação da capacidade respetiva no MUX A, mas sem apresentar qualquer conteúdo.

95% dos locais, nas modalidades de **Receção Fixa Exterior (FX)** e **Receção Portátil Interior (PI)**, é dado pela expressão:

$$E_{95\%}(f) = E(f_r) + \text{Corr}$$

O fator *Corr* depende do tipo de receção considerado, sendo que:

- **FX:** $\text{Corr} = 20\log_{10}\left(\frac{f}{f_r}\right)$
- **PI:** $\text{Corr} = 30\log_{10}\left(\frac{f}{f_r}\right)$

Onde, f é a frequência central do canal 56: 754 MHz, e f_r a frequência de referência: 500 MHz.

Concretizando as expressões matemáticas anteriores para o sistema DVB-T, com modulação de 64-QAM, e com taxa de código (*code rate*) de 2/3, o valor do campo elétrico médio mínimo necessário, para que se garanta cobertura portátil interior, em 95% dos locais, é:

- **PI:** $E_{95\%}(@754 \text{ MHz}) = 89,8 + 30\log_{10}\left(\frac{754}{500}\right) = 95,15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

De acordo com o seu plano técnico da proposta apresentada no âmbito do concurso para a atribuição do DUF, de âmbito nacional, para o serviço de radiodifusão televisiva digital terrestre, associado ao MUX A, a PTC encontra-se obrigada a disponibilizar uma cobertura para efeitos de receção portátil interior, em 85% dos locais, com um valor de campo médio mínimo $E_{PI}(85\%)$:

$$E_{PI}(85\%) = E_{PI}(95\%) - F_{\text{Corr}}(95\%) + F_{\text{Corr}}(85\%)$$

Sendo,

$E_{PI}(85\%)$: campo médio mínimo necessário para que se garanta cobertura, com uma probabilidade de 85%, no modo receção portátil interior (dB μ V/m)

$$F_{\text{Corr}}(\%) = \mu \times \sigma_c$$

Onde: $F_{\text{Corr}}(\%)$: factor de correção de localização (dB)

μ : fator de distribuição. De acordo com a Tabela A.2.1-2, do documento da UIT acima referido, o fator de distribuição para uma distribuição de 85% e 95% toma os valores 1,036 e 1,645, respetivamente

σ_c : desvio padrão combinado. Para canais em UHF e para o modo de receção portátil interior, o valor do desvio padrão é de 7,8 dB

Assim,

$$E_{PI}(85\%, @10 m) = 95,15 - 7,8 \times 1,645 + 7,8 \times 1,036 = 90,4 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

Dado que todos os valores de campo elétrico calculados ao abrigo dos considerandos definidos no acordo de Genebra 2006 (GE06) encontram-se referenciados a uma altura de receção de referência de 10 m, é necessário corrigir este valor de campo, para a altura em que foram efetivamente realizadas as medições: 1,5 m.

Assim, conforme preconizado na secção 3.2.2. do documento da UIT em epígrafe, e usando os valores de referência da Tabela 3-3, através de interpolação linear, é possível determinar o fator de correção inerente às perdas associadas às diferenças de altura mencionadas no parágrafo anterior.

Daqui, resulta então que, para a frequência central do canal 56: 754 MHz, o fator de correção em altura a usar será de **17,693 dB**.

$$E_{PI}(85\%, @1,5m) = 90,4 - 17,7 = 72,7 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

O limiar de campo elétrico médio mínimo a considerar, para uma altura de receção de 1,5 m, para que se garanta a receção portátil interior, para uma probabilidade de 85% dos locais, é de **72,7 dB μ V/m**.

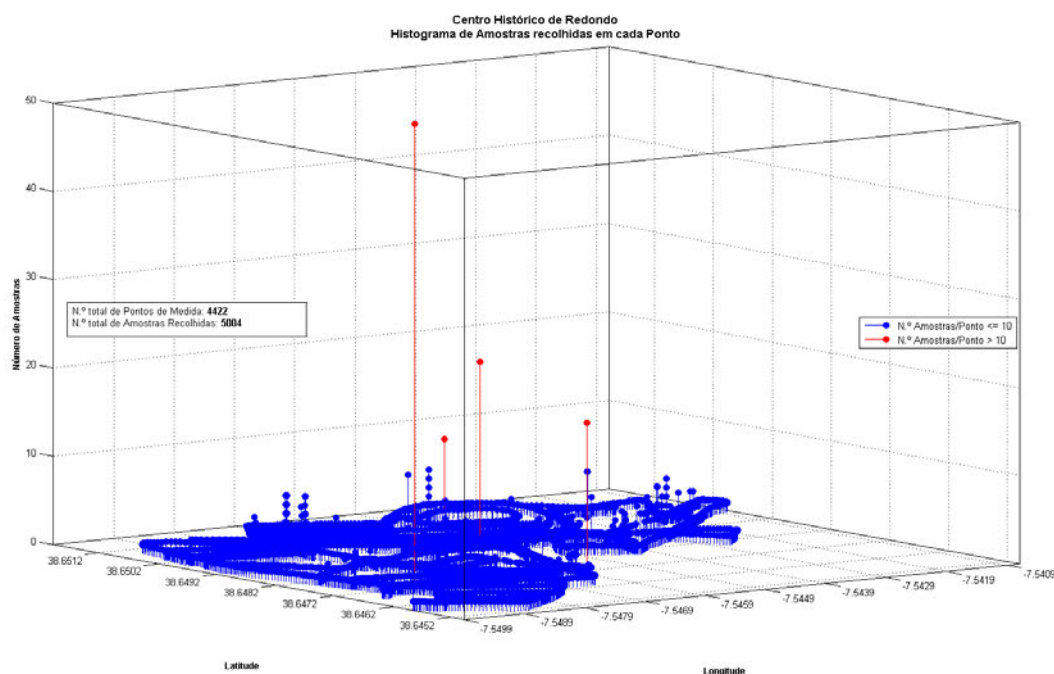
4 Resultados do Estudo de Cobertura

Apresentam-se em seguida os resultados coligidos no terreno, através das medições efetuadas ao longo do percurso previsto no planeamento apresentado no **Anexo B**.

A recolha das amostras (intensidade de campo elétrico) obedeceu a **critérios de distribuição homogéneos**, tendo-se privilegiado **varrimentos (trajetos) uniformemente distribuídos no espaço e no tempo, de modo a não enviesar a análise estatística dos resultados**.

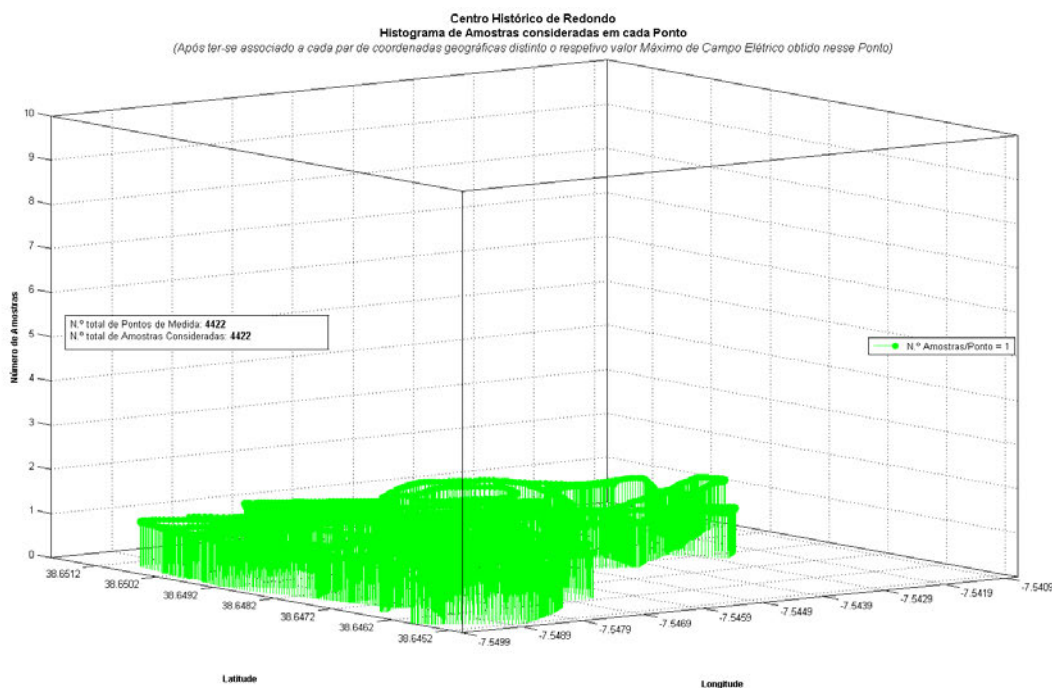
Não obstante, na prática, surgem imponderáveis e condicionalismos externos que influenciam a recolha das amostras, nomeadamente, quando, por exemplo, é necessário parar num semáforo, ou quando se enfrenta uma fila de trânsito, em que a circulação não é fluída. Nestes casos, tende a haver uma maior concentração de amostras num só ponto, não se conseguindo a homogeneidade desejada em termos de distribuição das amostras pelos diferentes pontos.

O histograma seguinte reflete esta realidade, ao evidenciar os pontos onde se recolheu o maior número de amostras.



Como se pretende aferir o cumprimento de um determinado nível de intensidade de campo elétrico, numa percentagem de locais, dentro da área, definida como sendo o centro histórico,

procedeu-se à uniformização da amostragem inicialmente realizada, fazendo corresponder a cada ponto distinto (i.e., a cada par de coordenadas: longitude, latitude, não repetido) o **valor máximo de intensidade de campo elétrico**, dentre o conjunto de valores obtidos na localização respetiva. Desta forma, passa-se a ter apenas um valor de campo elétrico (máximo) por cada ponto, e uma amostragem homogénea para efeitos de verificação da percentagem de locais cobertos com TDT, na vertente portátil interior.



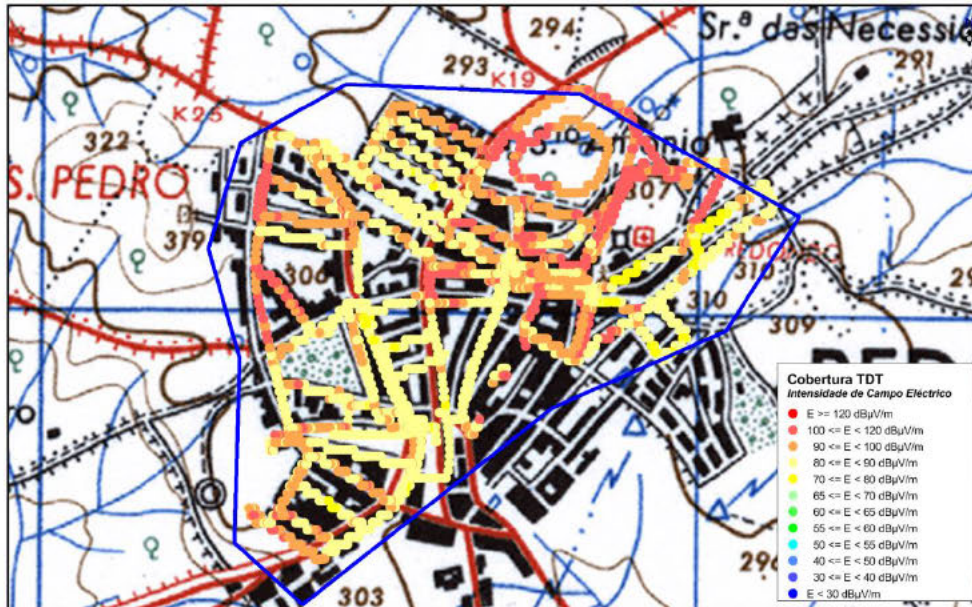
4.1 Medições ao longo de um Percurso

Os mapas seguintes apresentam os níveis de intensidade de campo elétrico obtidos, ao longo do percurso analisado, bem como, a verificação da cobertura de TDT portátil interior, para uma probabilidade de 85% dos locais, considerando o respetivo limiar, calculado para o canal 56, de **72,7 dB μ V/m**.

4.1.1 Mapa de Intensidade de Campo Elétrico

Centro Histórico Redondo

PT Comunicações - Cobertura TDT (MUX A)



Mapa de Intensidade de Campo Elétrico

4.1.2 Mapa de Cobertura Portátil Interior

Centro Histórico Redondo

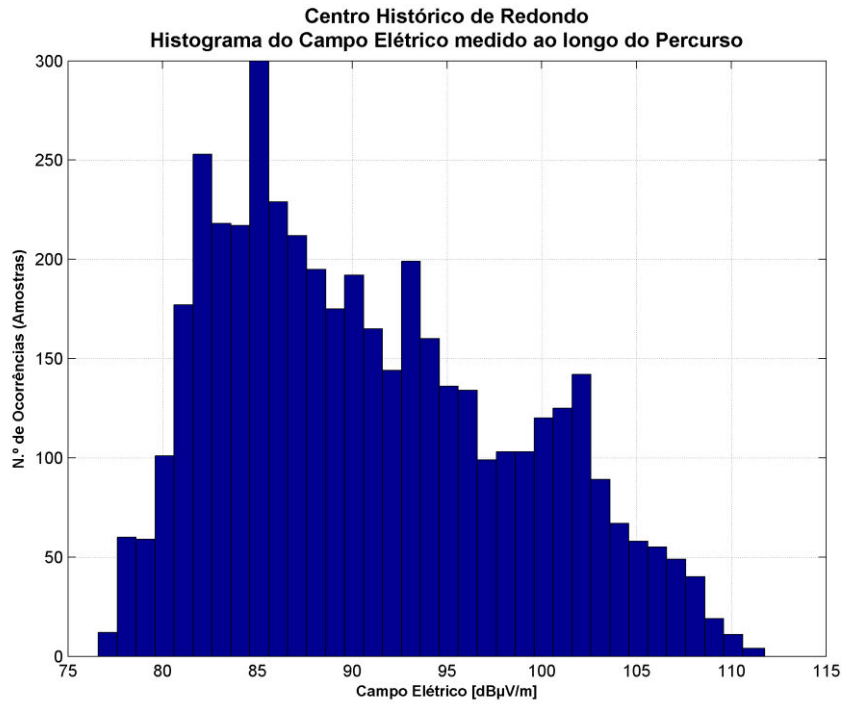
PT Comunicações - Cobertura TDT (MUX A) - Cobertura Portátil Interior para 85% dos locais



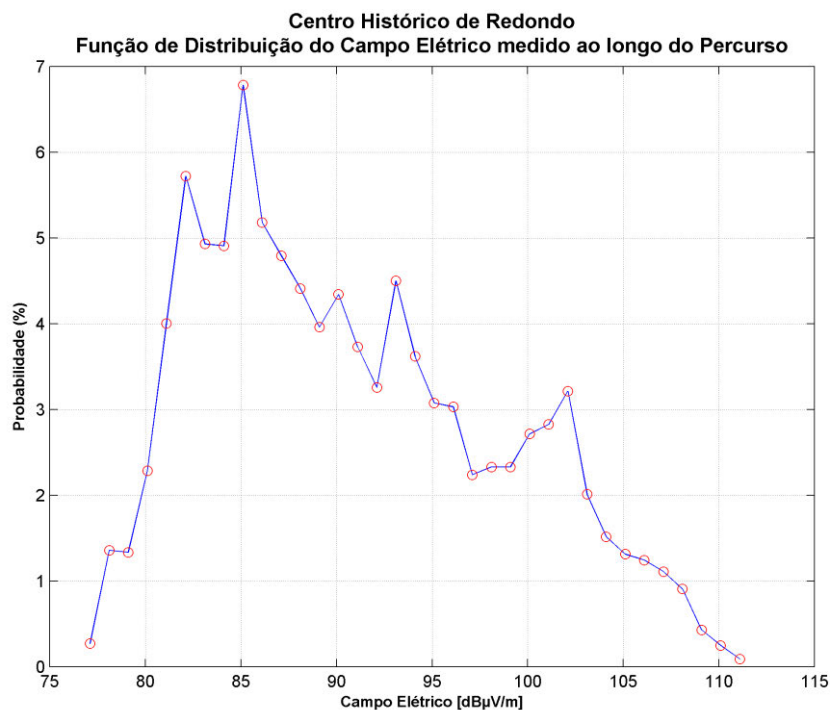
Mapa de Cobertura TDT Portátil Interior

4.2 Análise Estatística dos Resultados

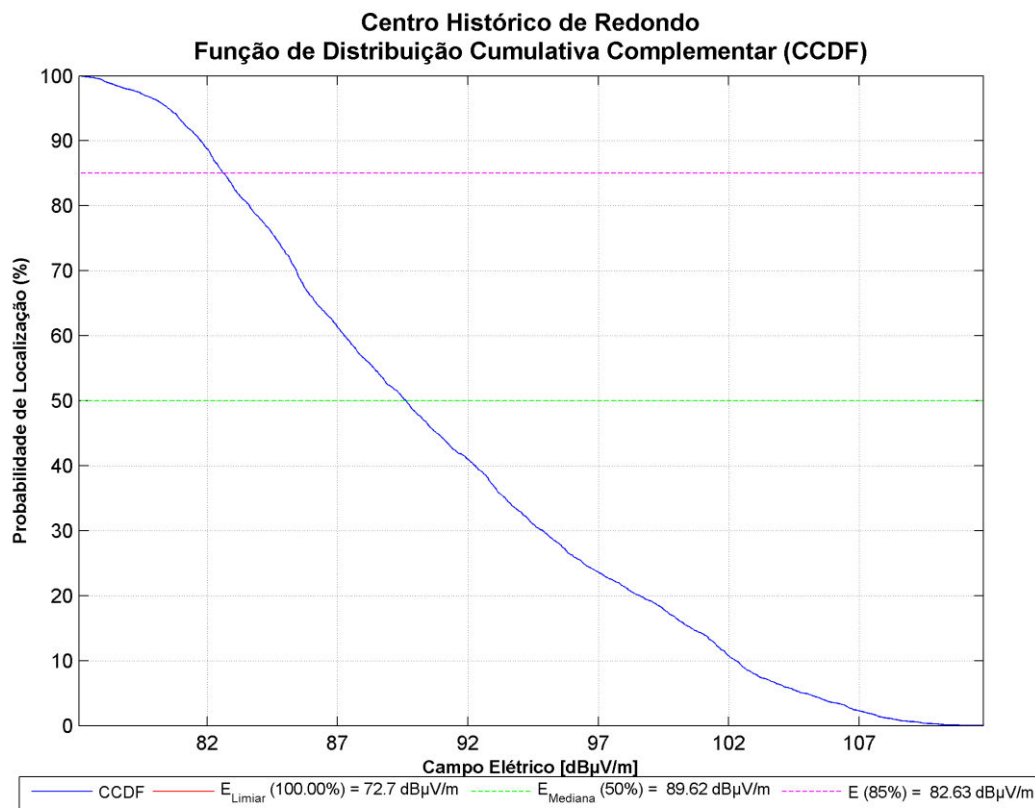
4.2.1 Histograma do Campo Elétrico Medido ao longo do Percurso



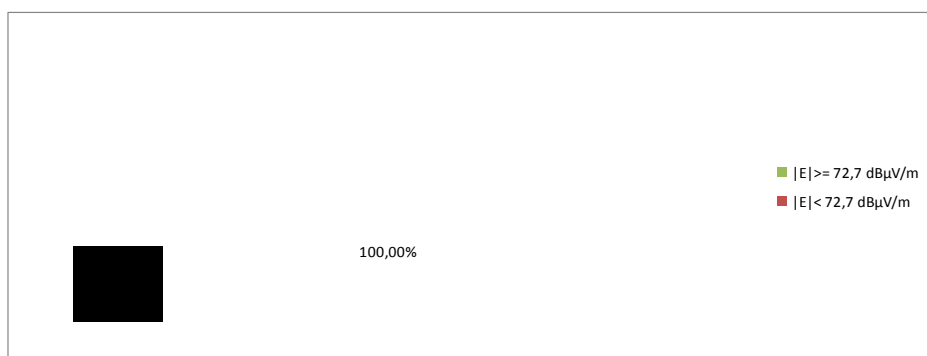
4.2.2 Função de Distribuição do Campo Elétrico medido ao longo do Percurso



4.2.3 Função de Distribuição Cumulativa Complementar (CCDF)



Da análise estatística dos resultados, e em particular do gráfico da CCDF, infere-se que, em 50% dos locais (mediana), é garantido um campo elétrico mínimo de 89,62 dBµV/m, e em 85% dos locais, 82,63 dBµV/m, superior ao limiar mínimo de 72,7 dBµV/m, necessário à receção portátil interior de TDT. **Na realidade, o valor de campo mínimo de 72,7 dBµV/m é garantido, não só para 85% dos locais, mas para 100% dos locais.** Este aspeto é realçado no gráfico setorial apresentado em seguida.



Com efeito, **verifica-se**, desta forma, que a PTC encontra-se a **cumprir os requisitos mínimos fixados para a cobertura portátil interior no centro histórico de Redondo.**

5 Conclusões

Da análise dos resultados das medições efetuadas no terreno, conclui-se que **a PTC garante os níveis mínimos de campo elétrico necessários à receção de TDT portátil interior, previstos para 85% dos locais, no centro histórico de Redondo, cumprindo por isso as obrigações de cobertura que lhe são exigidas.**

Anexos

6 Anexo A: Metodologia

O acordo GE06 prevê a disponibilização de cobertura portátil interior, abreviadamente designada por PI ou “*portable class B*”, cujo objetivo passa por assegurar a receção das emissões de DVB-T dentro de edifícios. Como tal, considera, para efeitos de planeamento, que esse tipo de receção assenta no pressuposto de que as respetivas antenas (de receção) dos utilizadores são **omnidireccionais, sem discriminação de polarização**, e estarão a cerca de **1,5 m** acima do nível do solo.

Neste sentido, e atendendo ao cenário em questão, a Recomendação UIT-R SM.1875 preconiza, com vista à aferição dos parâmetros técnicos necessários à receção PI, o seguinte *setup* de medida.

Atendendo a estes requisitos de medição, nomeadamente, a necessidade de não discriminar a polarização e de coletar o campo elétrico omnidirecionalmente, o ICP-ANACOM optou por utilizar uma **antena isotrópica** (triaxial) de campo elétrico e respetivo **medidor seletivo com as funcionalidades de análise espectral**, ambos do fabricante **NARDA**, tendo desenvolvido, pelos seus próprios meios, um *software* de controlo e aquisição, com georreferenciação por GPS.

O esquema de interligação de equipamentos encontra-se detalhado na figura seguinte.



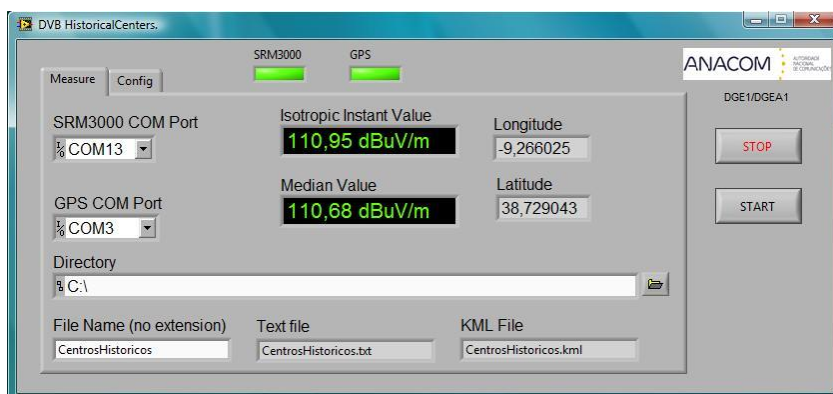
A antena de receção foi instalada numa viatura, a cerca de 1,5 m do solo, como se apresenta na imagem.



Em seguida, detalham-se também os pormenores de acondicionamento dos equipamentos de medição no interior do veículo.



O *software* de controlo disponibiliza esta janela de interface com o utilizador, e gera os respetivos ficheiros com todos os dados relevantes, obtidos nas campanhas de medida.



Utilizando os meios e as configurações aqui descritos, procede-se à recolha georreferenciada dos valores intensidade de campo elétrico que são recebidos, ao longo de um trajeto predefinido, garantindo-se que a **distribuição** das amostras coligidas obedece a critérios **homogéneos**, e que se privilegiam varrimentos (percursos) **uniformemente distribuídos no espaço e no tempo**, de modo a não enviesar a análise estatística dos resultados.

6.1 Listagem dos Equipamentos de RF utilizados

Equipamento	Marca	Modelo	N.º de Série	Data de Calibração
Medidor Seletivo/Analisador Espectral	NARDA	SRM-3000	M-0163	12.04.2013
Antena Isotrópica Triaxial, Campo-E, 75 MHz – 3 GHz	NARDA	SRM	H-0333	22.05.2013
Cabo Coaxial de RF, 5 metros	NARDA	SRM	M-0020	16.04.2013

7 Anexo B: Planeamento da Campanha de Medições

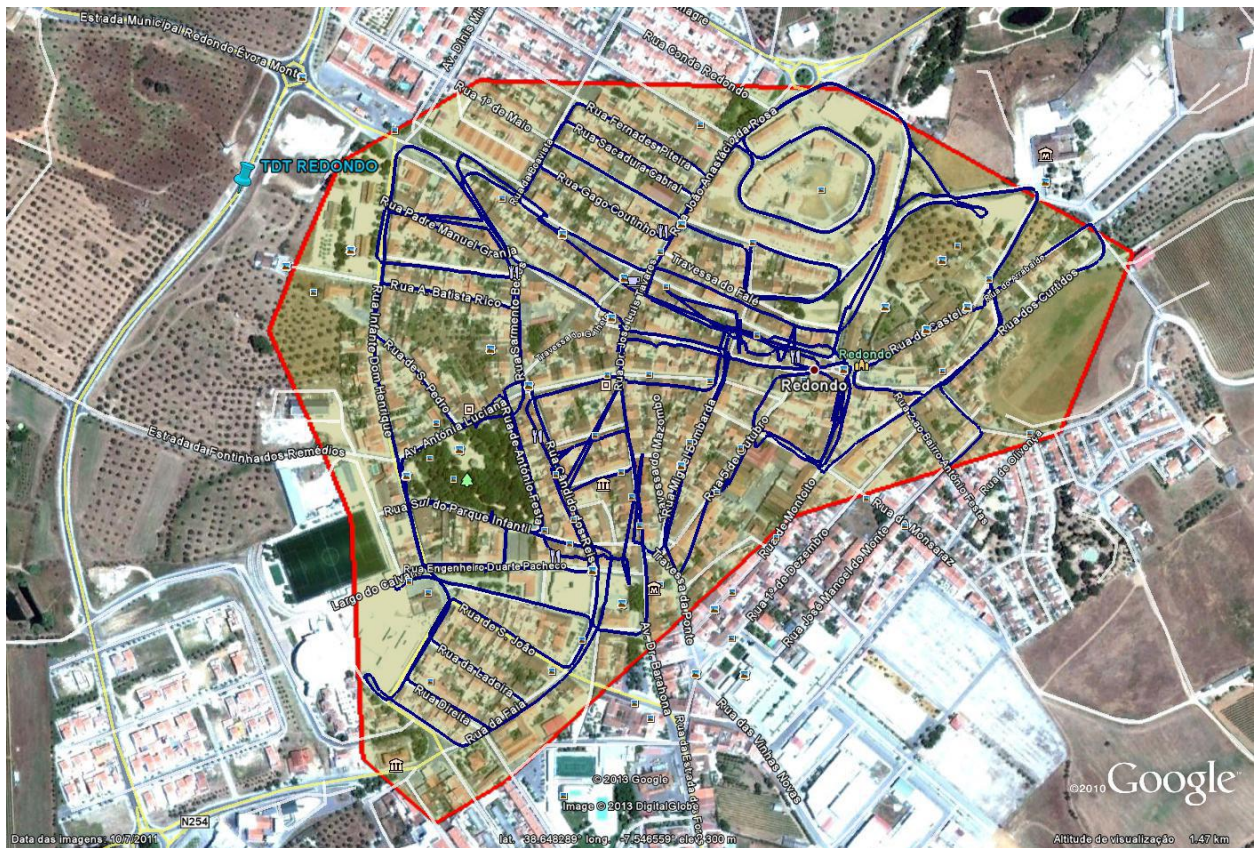
7.1 Planeamento

Esta análise pretende incidir na área urbana que se insere no centro histórico de Redondo, devendo contemplar um trajeto destinado à aquisição de dados, que garanta uma amostra de locais uniforme, homogénea, e suficientemente representativa da cobertura PI, efetivamente disponibilizada pela PTC.

7.1.1 Critérios de Escolha do Trajeto de Análise

Como tal, o percurso de análise deverá adequar-se aos objetivos identificados e, sempre que possível, cingir-se ao interior do polígono que delimita o centro histórico. Obviamente que se excetuam todos os arruamentos, no seu interior, intransitáveis a veículos automóveis, e pequenos trajetos exteriores, junto à periferia das fronteiras do polígono, que terão de ser percorridos para regressar à zona de análise, por exemplo, de modo a obedecer aos sentidos de circulação de trânsito em vigor.

As figuras seguintes pretendem fornecer uma perspetiva do percurso de análise predefinido e evidenciar os emissores de TDT envolventes.



Percurso de medição planeado e localização dos emissores TDT mais próximos

8 Anexo C: Cálculo de Incertezas de Medida

Incerteza: NARDA SRM 3000, Antena Isotrópica Triaxial de Campo Elétrico e Cabo Coaxial de Ligação

Fontes de Incerteza	X_i [dB]	Incerteza de X_i		K	C_i	$u(X_i)_{[\%]} = X_{i[\%]}/K$	$C_i \cdot u(X_i)$ [%]
		X_i [%]	Distr. Pr. ; K				
Resposta em Frequência, Cabo SRM	0,2	2,33	Normal (K=1)	1	1	2,33	2,33
Relação Elíptica Antena Triaxial, Campo-E a)	1,9	24,45	Normal (K=1)	1	1	24,45	24,45
Resposta em Frequência, Antena Triaxial, Campo-E	1,5	18,85	Retangular (K=√3)	1,73	1	10,90	10,90
Resposta em Frequência, SRM-3000	0,17	1,98	Retangular (K=√3)	1,73	1	1,14	1,14
"Uncertainty Level Basic Unit" c)	1,1	13,50	Gauss (K=1,96)	1,96	1	6,89	6,89
Incerteza de Desadaptação: Cabo/Antena c)		5,80	U-Shape (K=√2)	1,41	1	4,11	4,11
Incerteza de Desadaptação: "Basic Unit"/Cabo c)		2,20	U-Shape (K=√2)	1,41	1	1,56	1,56
Influência da Temperatura e Humidade b)	2,2	28,82	Retangular (K=√3)	1,73	1	16,66	16,66
Incerteza Combinada Padrão u_c	$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u(x_i)^2}$						32,68
Incerteza Expandida u_e (intervalo de confiança de 95%)	$u_e = 1,96 \cdot u_c$						64,05

Incerteza Exapandida u_e [dB]	4,30
Fator K	1,64

$$u_e [\%] = 100 \left(10^{\frac{u_e [dB]}{20}} - 1 \right)$$

$$u_e [dB] = 20 \log \left(\frac{u_e [\%]}{100} + 1 \right)$$

$$K = 10^{\frac{u_e [dB]}{20}}$$

Notas:

a) Certificado de Calibração: (3000MHz=±1,90dB) ; (2200MHz=±1,20dB) ; (1800MHz=±1,03dB) ; (900MHz=±0,31dB) ; (100MHz=±0,11dB)

b) Temperatura: (15°C a 30°C = 1,1dB) ; (-10°C a 50°C = 2,2dB)

c) Datasheet do Equipamento

9 Anexo D: Certificados de Calibração dos Equipamentos de Medida Utilizados

9.1 Recetor: Medidor Seletivo de Campo Elétrico, NARDA, SRM 3000

CERTIFICA

CERTIFICA

CERTIFICA

9.2 Antena: Isotrópica Triaxial, de Campo Elétrico, NARDA (75 MHz – 3 GHz)

CERTIFIC#

CERTIFICATE

CERTIFICATE

CERTIFICATE

© Names and I
Trade names a

CERTIFICATE

9.3 Cabo Coaxial: NARDA RF, 100 kHz – 3 GHz, 50 Ohm, comprimento 5 m

permitted to be
valid.

CERTIFICATE

CERTIFICATE

780 |
800

CERTIFICATE

® Names and L
Trade names a

CERTIFICATE