

5

Campanha de medição

A campanha de medições teve início no dia 13 de setembro de 2008, e foi planejado um conjunto de tarefas que consideram os seguintes testes:

- Avaliação da situação espectral (Varredura de Espectro).
- Sincronismo entre ferramentas de captura (GPS e Analisador Vetorial).
- Tempos de captura e armazenamento.

5.1

Avaliação da situação espectral

De forma a identificar a faixa de frequências nas quais os testes poderiam ser realizados sem causar e nem receber interferência de outros sistemas, foi feita uma avaliação inicial com consulta do banco de dados do SITAR (Sistema de Informações Técnicas para Administração das Radiocomunicações) da Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), complementada a seguir com medições em campo.

A consulta no banco de dados do SITAR foi realizada por meio da entrada das coordenadas geográficas do prédio Cardeal LEME (medição com GPS) e da faixa de frequências válidas para os equipamentos de medição (3,4 a 3,6 Ghz). Foi selecionado um raio de 20 quilômetros em torno do prédio. Como resultado da consulta ao banco de dados do SITAR realizada em 12 de setembro de 2008, foram encontrados sistemas licenciados operando na região nas faixas de frequência indicadas na Figura 5.1.

Na Figura 5.1 é de fácil verificação que existem regiões do espectro livres para uso. Em seguida a este primeiro estudo, foram realizadas as medições em campo de forma a selecionar, nas regiões livres identificadas, quais apresentavam o menor ruído interferente.

Para a realização de medições, foi utilizado o analisador vetorial no modo de analisador de espectros. Usando uma interface em Matlab[®] foi preparado um programa que permitia capturar a situação do espectro (em 512 pontos) a cada Segundo. Da mesma forma foram realizadas medições com o *software* de interface com o GPS. De forma a associar os dois arquivos resultantes (GPS

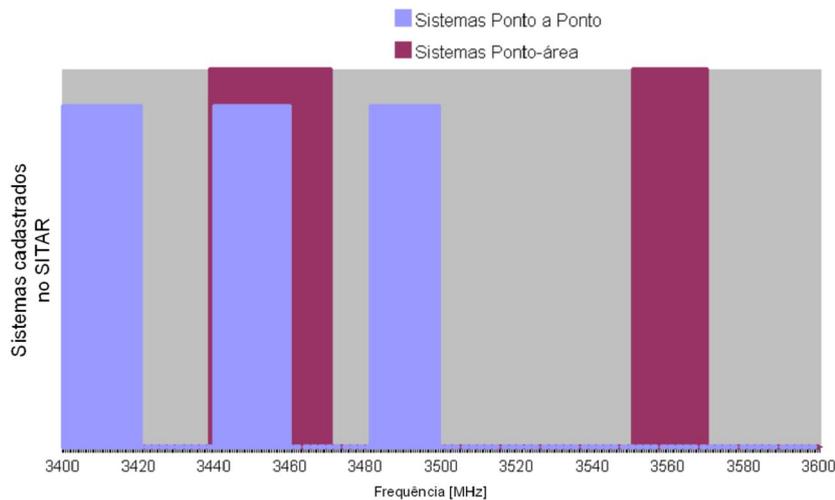


Figura 5.1: Consulta SITAR - Sistemas ponto-a-ponto e ponto-área.

e captura), foi sincronizado o relógio do Sistema Operacional do Analisador Vetorial MS2781B com o do GPS.

A rota seguida nesta medição é indicada na Figura 5.2.



Figura 5.2: Rota realizada para varredura de espectro.

Um resumo acumulado de toda a medição apresenta a ocupação do espectro em toda a área de medição. A Figura 5.3 seguir apresenta o resultado da varredura de espectro. Os valores de sinal apresentados representam a potência média de entrada no analisador vetorial, ou seja foram compensados com os ganhos de perdas dos elementos do *set-up* de medição (31 dB):

Como pode ser observado na Figura 5.3, a região com os mais baixos níveis de potência recebida compreende a faixa de frequências entre 3.400 MHz e 3.420 MHz. Entretanto, como visto na Figura 5.1, esta parte do espectro estaria usada por outro sistema. De forma a prevenir que uma eventual

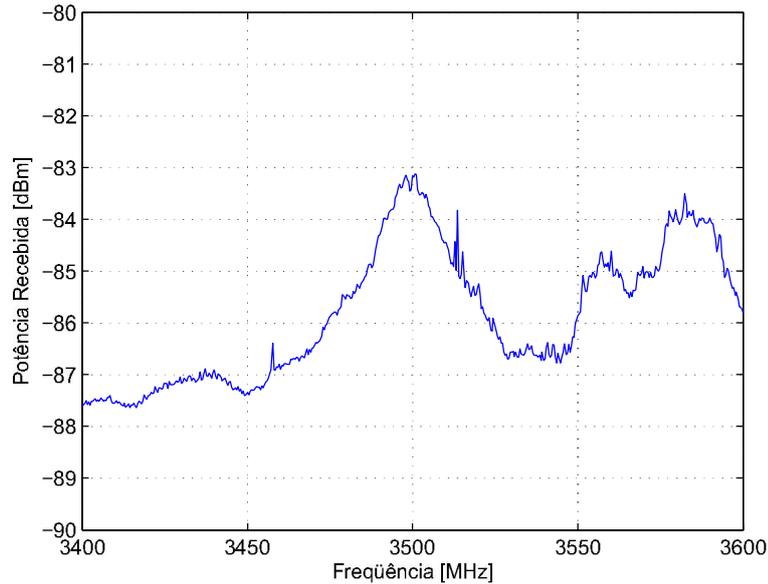


Figura 5.3: Varredura de espectro.

interferência afete o sistema de medição em pontos específicos do percurso, foi selecionado um segmento de frequências livres no banco de dados do SITAR que também apresentou baixos níveis de ruído na varredura de espectro. Esta seleção compreende as frequências entre 3.420 MHz e 3.440 MHz. Nesta faixa, o resultado da ocupação do espectro, em função da coordenada geográfica é indicado na Figura 5.4.



Figura 5.4: Varredura de espectro.

Nesta Figura a cor marrom representa o sinal medido mais intenso com -77,81 dBm e a cor vermelha o sinal mais fraco com valor de -102,199 dBm. Por se tratar de uma faixa de frequências na qual é necessária autorização de

uso, foi solicitada a Anatel uma licença temporária de uso para a frequência selecionada para fins científicos. A licença foi obtida para a PUC-Rio como Autorização de Uso Temporário de Radiofrequências, conforme ATO N. 5.871 de 02 de outubro de 2.008. Este ato encontra-se no anexo C.

5.2

Banco de dados de medição

Os dados obtidos da campanha de medição, são os vetores em Fase (I) e Quadratura (Q) do sinal recebido. O equipamento MS2781B (*Signature*), permite a coleta de informações em fase e quadratura, com diferentes opções de banda de recepção. Para medições em banda larga, as opções são de até 50 Mamostras/segundo, o que permite medir sinais com até 25 MHz de largura de banda. No caso destas campanhas de medição, a maior banda utilizada foi a de 20 MHz, correspondente à largura de canal máxima de sistemas WiMAX. O tempo de captura é outra característica do equipamento que deve ser considerado. Para 50 Mamostras/segundo, o tempo de captura considerado foi de de 262 μ secs, Os tempos de captura foram selecionados de forma, que para cada canalização utilizada (20MHz, 7 MHz, 3,5 MHz e 1,75 MHz), existam pelo menos 4 símbolos numa captura. No caso do sinal mais lento, de 1,75 MHz, foi utilizado um tempo de captura de 500 μ segs.

Adicionalmente ao tempo de captura, devemos considerar ainda o tempo de armazenamento dos dados no disco rígido. Nas experiências realizadas e de forma a captar informação suficiente, foram realizadas rotas de medição que variaram entre 10 e 15 minutos. O tempo de gravação, da mesma forma tinha duração de 10 a 15 minutos para cada medição.

Na Tabela do anexo D são apresentados os nomes dos arquivos obtidos em cada dia de medição e o respectivo tamanho.

5.3

Medições de cobertura

As coordenadas geográficas obtidas com o *software* de coleta são dados com espaçamento de tempo de 1 segundo entre cada valor de coordenada medida. De forma a considerar os intervalos menores a um segundo compatíveis com a amostragem realizada com o equipamento *Signature* MS2728B, foi gerado um arquivo interpolado linearmente com coordenadas geográficas a cada 0,1 segundos.

O arquivo interpolado é comparado com o arquivo de medição e as coordenadas geográficas são associadas ao arquivo de dados recebido do equipamento *Signature*.

Considerando os erros de medida do GPS, foi gerada manualmente uma rota de medição no mapa geográfico. Os dados das coordenadas geográficas medidas com o GPS mostram que a maior parte das medições têm um erro médio de 8 metros. Com base neste valor foram agrupados nas coordenadas da rota de medição todas as medições compreendidas num entorno de 8 metros de raio. A rota resultante é apresentada na Figura 5.5:



Figura 5.5: Rota realizada para medição.

Com as considerações realizadas, as coberturas obtidas são as indicadas nas Figuras 5.6 e 5.7.

Na Figuras 5.8 a 5.11, são apresentados os resultados medidos de perda média de propagação nas situações com linha de visada (*LOS - Line of Sight*) e em situação de não visada (*NLOS - Non Line of Sight*). No capítulo 6 estes resultados serão comparados com o modelo SUI e com os modelos das recomendações ITU-R P. 1411, para distâncias menores que um quilômetro, e ITU-R.P 1546, para distâncias maiores que 1 km.



Figura 5.6: Valores de potência recebida.



Figura 5.7: Valores de potência recebida Gávea.

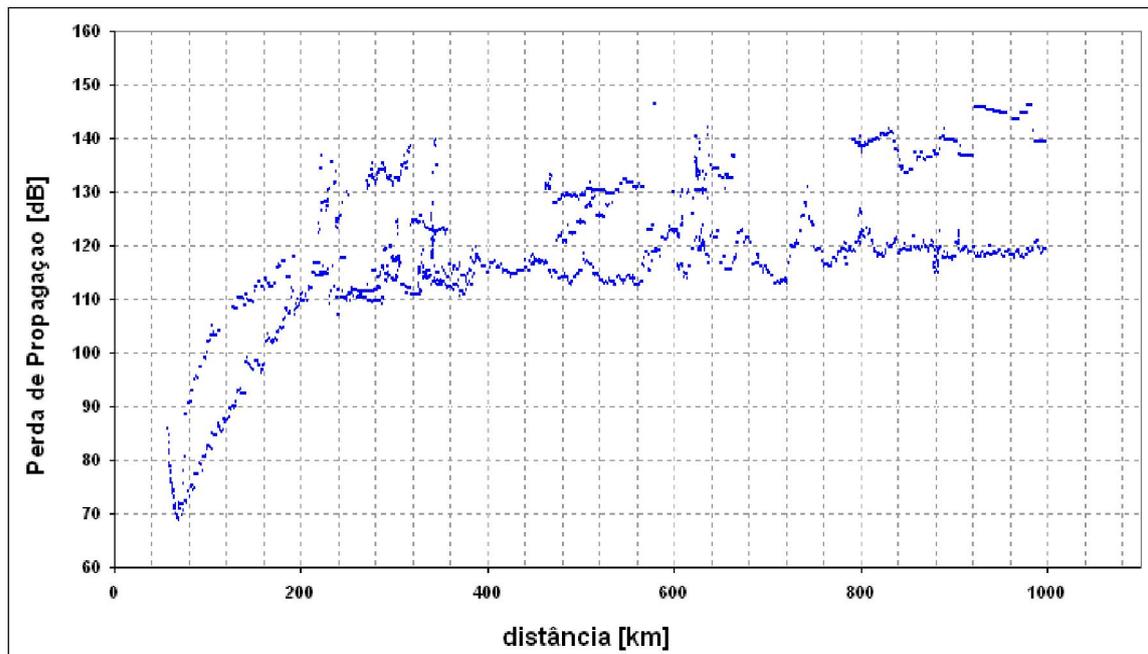


Figura 5.8: Perda de propagação vs distância para distâncias menores a 1 km - LOS.

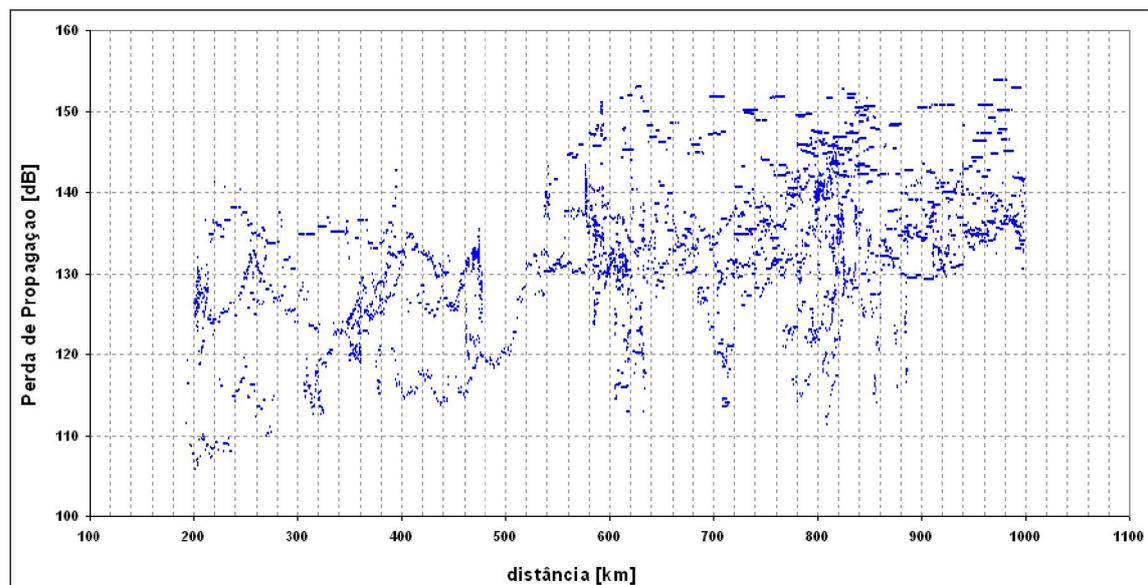


Figura 5.9: Perda de propagação vs distância para distâncias menores a 1 km - NLOS.

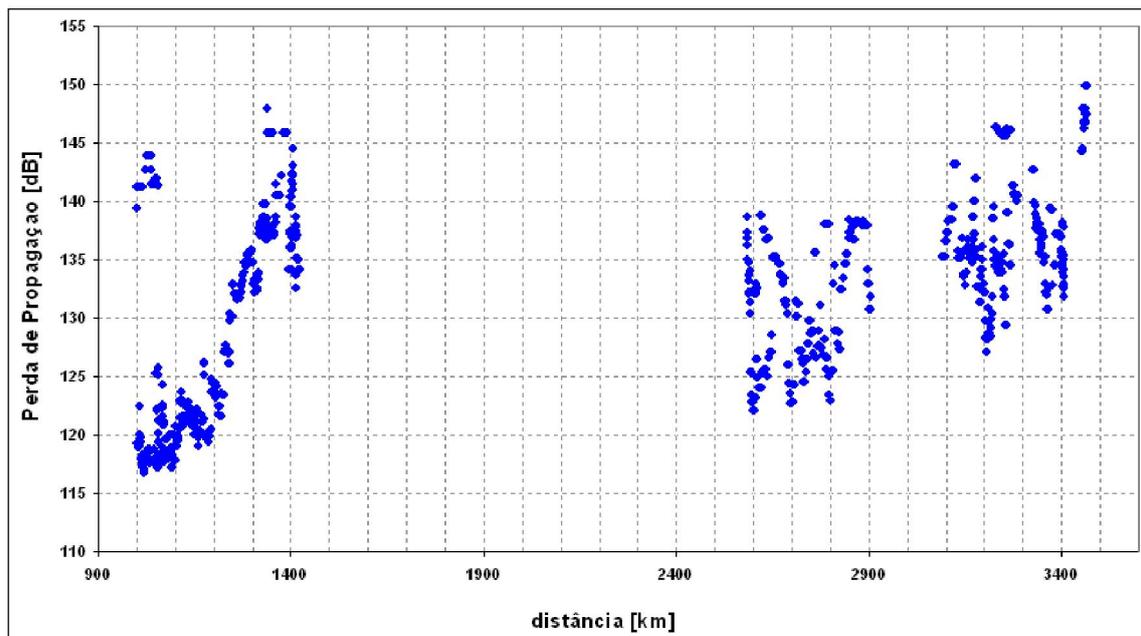


Figura 5.10: Perda de propagação vs distância para distâncias maiores a 1 km - LOS.

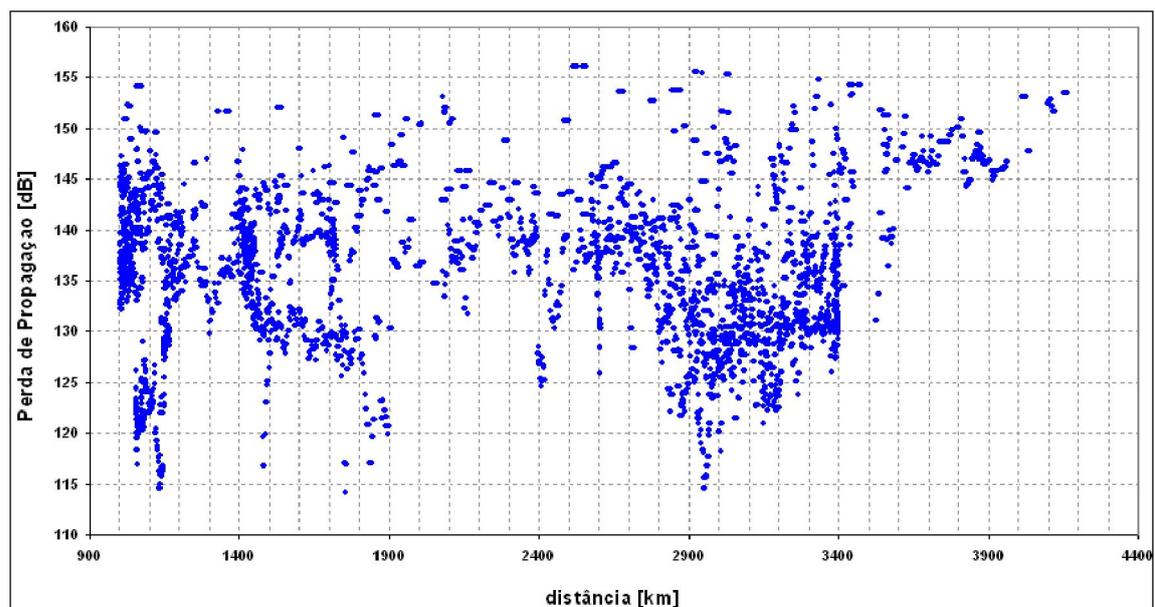


Figura 5.11: Perda de propagação vs distância para distâncias maiores a 1 km - NLOS.

5.4 Medições do Canal Banda Larga

Foram realizadas medições de perfis de retardos ao longo de 13 rotas, entre os dias 2 e 6 de novembro de 2008. A Figura 5.12 ilustra uma das rotas de medição com os resultados de perfil de retardos.



Figura 5.12: Mapa de grupo de medições 02/11/2008 para 20 MHz.

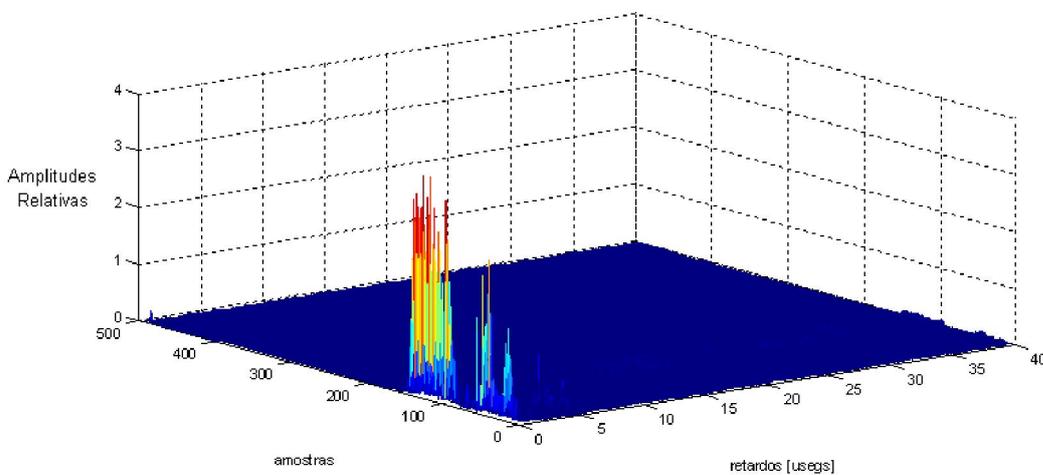


Figura 5.13: Perfil de retardos em função das amostras 02/11/2008 part 1 para 20 MHz.

A Figura 5.13, indica os perfis de retardo na sequência de obtenção das amostras ao longo da rota percorrida como mostrado no mapa. Cabe observar que os níveis de amplitude são relativos e não representam os níveis de sinal usados para a comparação com os modelos de predição. Nesta figura podemos observar que ao longo da rota foram identificados perfis de retardo nas situações de LOS e NLOS. Na parte referente à análise dos resultados são obtidos os parâmetros de espalhamento de retardos nestas duas condições. Na figura 5.14 são apresentados os resultados da mesma rota de medição, associando agora cada perfil de retardos com a distância entre a estação transmissora e o receptor móvel. Esta organização de informações será necessária de forma a determinar o comportamento do retardo RMS médio e desvio padrão em função da distância.

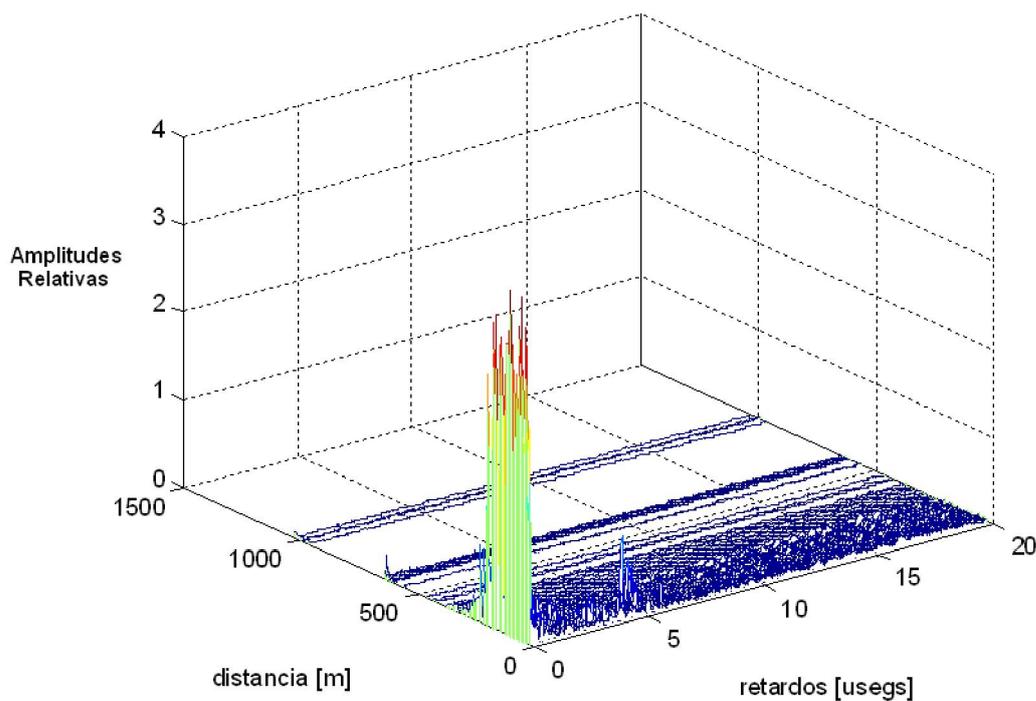


Figura 5.14: Perfil de retardos em função da distância entre transmissor e receptor 02/11/2008 part 1 para 20 MHz.

Para análise de dados e obtenção de parâmetros do canal, foram obtidas as curvas de potência de perfil de retardo com o procedimento CFAR, anteriormente descrito. As Figuras 5.15 e 5.16 mostram os perfis de retardo obtidos após o pós-processamento para eliminação do ruído nesta rota.

A partir dos dados dos dados obtidos nas 13 rotas, processados como indicado, a análise apresentada no capítulo 6 permitirá determinar os parâmetros de retardo RMS médio e desvio padrão nesta região. A representação de todas as rotas de medição de perfil de retardos está no anexo E.

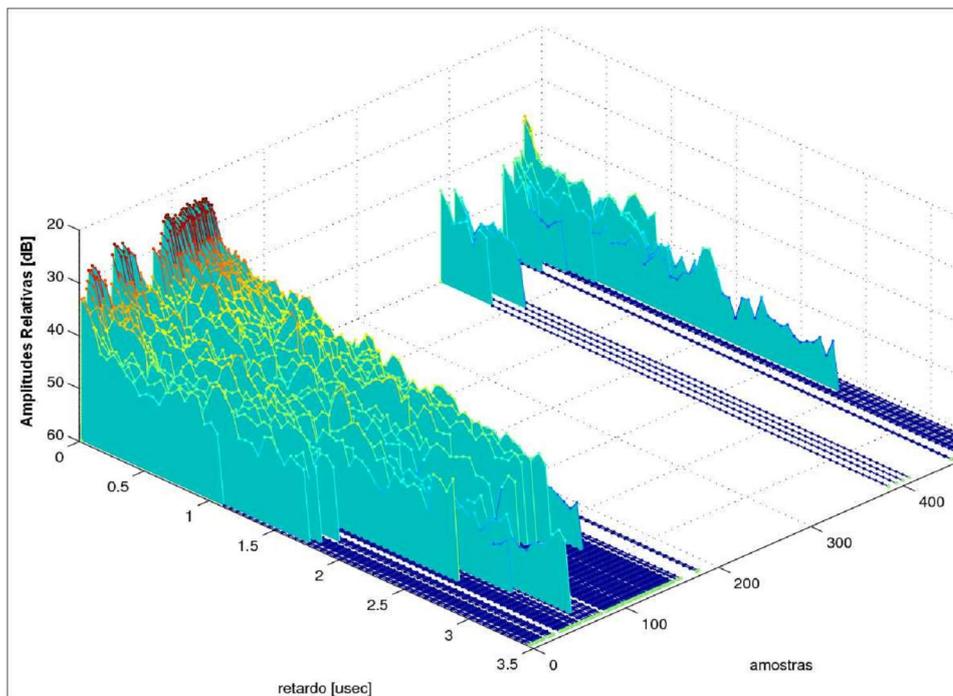


Figura 5.15: Perfil de retardos em função das amostras entre transmissor e receptor 02/11/2008 part 1 para 20 MHz - CFAR.

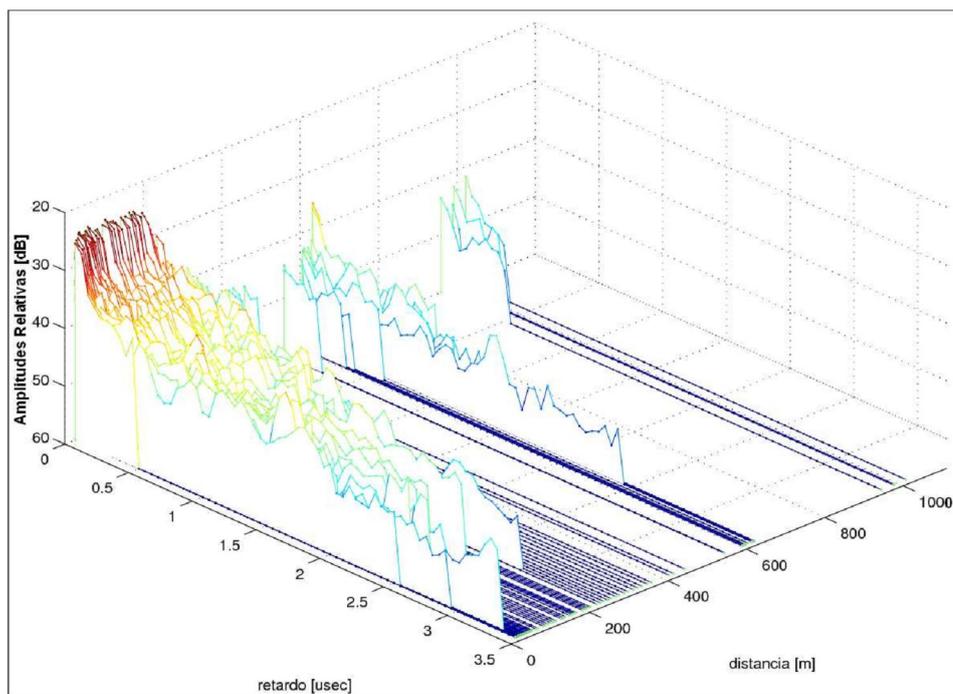


Figura 5.16: Perfil de retardos em função da distância entre transmissor e receptor 02/11/2008 part 1 para 20 MHz - CFAR.