

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Instituto de Florestas
Curso de Engenharia Florestal

**VARIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO EM
ÁREAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO**

MAGNO GRATIVOL PEIXOTO

Sob orientação do professor

MÁRCIO ROCHA FRANCELINO

Seropédica, Rio de Janeiro
2009

MAGNO GRATIVOL PEIXOTO

VARIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREAS COM
DIFERENTES USOS DO SOLO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Sob a orientação do professor:

MÁRCIO ROCHA FRANCELINO

Seropédica, Rio de Janeiro
Junho de 2009

**VARIAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREAS COM
DIFERENTES USOS DO SOLO**

MAGNO GRATIVOL PEIXOTO

APROVADO EM: 24/06/2009

Banca Examinadora:

Prof. Márcio Rocha Francelino
DS / IF / UFRRJ
(Orientador)

Prof. Leonardo Duarte Batista da Silva
DE/IT/ UFRRJ

Prof. Carlos Alberto Moraes Passos
DS / IF / UFRRJ

AGRADECIMENTOS

- Deus pela minha vida, e por está me ajudando a todo o momento da graduação;
- A toda minha família, principalmente aos meus pais e irmãos;
- Aos colegas de turma, e em especial ao Fernando Lima Soares Áries pela ajuda na instalação dos poços de observações;
- Aos colegas da Geoflora;
- Ao professor Marcio Rocha Francelino pela orientação, apoio e paciência;
- Aos professores Leonardo Duarte Batista da Silva e Carlos Alberto Passos pela avaliação desse trabalho;
- Ao professor Carlos Ernesto Schaefer, da Universidade Federal de Viçosa, pelo empréstimo do georadar e ao Laboratório de Análise de Solos da UFRRJ.

RESUMO

O tipo de uso do solo influencia na resposta hidrológica de uma bacia, e esse processo está relacionado com o movimento da água no solo. Enquanto algumas variáveis hidrológicas são facilmente mensuráveis, outras, como a profundidade do lençol, é de difícil quantificação, o que acaba envolvendo elevado custo e tempo de trabalho. Atualmente as informações sobre o lençol freático são coletadas principalmente por poços de observação e piezômetros, porém essas informações acabam sendo pontuais, o que dificulta a análise de áreas complexas. Por isso, a geofísica tem se destacado nas soluções de problemas relacionados a levantamentos de campo. Esse trabalho avaliou a dinâmica do lençol freático na presença de diferentes usos do solo, utilizando georadar. Foram selecionadas quatro áreas, distribuídas em dois municípios do Estado do Rio de Janeiro: Seropédica e Cachoeiras de Macacu. Os usos do solo estudados foram: monocultura de goiaba, de gramínea, transição pastagem/eucalipto e pastagem/floresta nativa. Nas monoculturas de goiaba e gramínea foi possível verificar a presença de uma zona com alto teor de umidade, que em alguns locais dificultou a análise do radargrama. Nas áreas de transição o lençol freático ficou bem evidenciado, apresentando um refletor forte e contínuo por toda varredura. Com o georadar, foi possível identificar também a influência do sistema radicular das diferentes espécies no solo. De modo geral, o georadar mostrou-se eficiente na detecção do lençol freático em tais para as condições estudadas.

ABSTRACT

The type of land use influence on the hydrological response of a basin, and this process is related to the movement of water in the soil. While some hydrological variables are easily measurable, the depth of water is a variable difficult to quantify, which has involved high cost and time. Currently the information about the water table are collected mainly by observation and piezometer wells, but this information is just offers, hampering the analysis of complex areas. Therefore, the geophysics has been highlighted in the solutions of problems related to the field surveys. This study evaluated the dynamics of groundwater in the presence of different uses of soil, georadar. We selected four areas, distributed in two cities in the Rio de Janeiro state: Seropédica and Cahoeiras de Macacu. The uses of the soil of guava were monoculture of grass, transition pasture/eucalyptus and pasture/native forest. In monocultures of grass and guava was possible to verify the presence of a zone with high moisture content, which in some places hampered the analysis. In areas of transition the water table was well evidenced in radargramas showing a strong and continuous reflector throughout scanning. With the georadar was also possible to identify the influence of the root system of different species in the soil. In general, the georadar was efficient in detecting the water table in such conditions for the studied.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE SIGLAS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO DA LITERAURA	2
3.1 Georadar	2
3.2. Lençol Freático	4
3.3. Poços de Observação	4
3.4. Influência do Tipo de Uso da Terra no Nível do Lençol Freático.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1 Área de Estudo	6
4.1.1. Caracterização da Bacia do Rio Macacu	7
4.1.2. Caracterização da Área no Município de Seropédica.....	9
4.2. Solos	9
4.3 Georadar	9
4.4. Instalação dos Poços de Observação	11
4.5. Coleta de Dados.....	12
4.6. Tratamentos e Análises dos Radargramas	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5.1 Área com a monocultura de Goiaba	12
5.1.2 Análise radargramétrica da monocultura de goiaba	14
5.2.1 Área com gramínea.....	20
5.2.2 Analise Radargramétrica em Função do Tipo de Uso com Gramínea.	21
5.3.1 Área de Transição entre Gramínea e Eucalipto.	27
5.3.2 Análise Radargramétrica da Área com Pastagem e Floresta de Eucalipto.....	28
5.4.1 Área de transição entre gramínea e floresta Mista	34
5.4.2 Análise Radargramétrica da Área com Pastagem e Floresta Mista	36
6. CONCLUSÕES.....	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO 1	45
ANEXO 2	46
ANEXO 3	47
ANEXO 4.....	48
ANEXO 5.....	49
ANEXO 6.....	50
ANEXO 7.....	51
ANEXO 8.....	52
ANEXO 9.....	53
ANEXO 10.....	54
ANEXO 11.....	55
ANEXO 12.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Diagrama esquemático do princípio de aquisição dos dados de GPR.....	3
Figura 2: Esquema do poço de observação.....	5
Figura 3: Localização dos municípios das áreas estudadas.....	7
Figura 4: Cultivo de goiabeira no município de Cachoeiras de Macacu.....	8
Figura 5: Cultivo de grama no município de Cachoeiras de Macacu.....	8
Figura 6: Barra de ferro utilizado na estimativa da profundidade do radargrama.....	10
Figura 7: Odômetro do georadar.....	10
Figura 8: GPR sendo tracionado na área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto.....	11
Figura 9: (A) Tubo perfurado na extremidade; (B) Poço de observação instalado na UFRRJ.....	12
Figura 10: Passagem do georadar na área com goiaba.....	13
Figura 11: Perfil do Neossolo Flúvico na área de goiaba.....	14
Figura 12: Radargrama da primeira varredura da área com monocultura de goiaba.....	16
Figura 13: Radargrama da segunda varredura da área com monocultura de goiaba.....	18
Figura 14: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área com goiaba.....	19
Figura 15: Passagem do georadar na área com grama.....	20
Figura 16: Perfil do Neossolo Flúvico na área com gramínea.....	21
Figura 17: Radargrama da primeira varredura da área com gramínea.....	23
Figura 18: Radargrama da segunda varredura da área com gramínea.....	25
Figura 19: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área com gramínea.....	26
Figura 20: Área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto.....	27
Figura 21: Perfil localizado na Flona Mário Xavier, Seropédica.....	28
Figura 22: Radargrama da primeira varredura da área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto.....	30
Figura 23: Radargrama da segunda varredura da área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto.....	32
Figura 24: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto.....	33
Figura 25: Área de transição entre pastagem e floresta mista.....	34
Figura 26: Perfil Gleissolo Háplico.....	35
Figura 27: Radargrama da primeira varredura da área de transição entre gramínea e floresta mista.....	37
Figura 28: Radargrama da segunda varredura da área de transição entre gramínea e floresta mista.....	39
Figura 29: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área de transição entre gramínea e floresta mista.....	40

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1: Caracterização das áreas selecionadas.....	6
Tabela 2: Análise física do solo da área com monocultura de goiaba.....	13
Tabela 3: Análise física do solo da área com gramínea.....	21
Tabela 4: Análise física do solo da área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto.....	28
Tabela 5: Física do solo da área de transição entre gramínea e floresta mista.....	35

LISTA DE SIGLAS

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária

FAPUR - Fundação de Apoio a Pesquisa da Universidade Rural

IPEF- Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais

1. INTRODUÇÃO

A resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica é diferente conforme varia o tipo de manejo e cobertura do solo, que afetará diretamente a profundidade e movimento da água no solo. Enquanto a precipitação e o escoamento superficial são facilmente mensuráveis, a infiltração e armazenamento subsuperficial constituem-se em variáveis de difícil quantificação (MOHAMOUD et al., 1990). A disponibilidade de água no solo governa a produção vegetal, assim sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas, pois alteram a absorção dos nutrientes e da própria água.

A determinação do nível freático é de suma importância nos estudos hidrogeológico, pois é utilizado na determinação de gradientes hidráulicos, direção de fluxo, identificação de zonas de recarga e descarga, interpretação de dados geoquímicos e na avaliação de dispersão de contaminantes. Também, a seleção de áreas de disposição e a recuperação de áreas degradadas são dependentes da direção do fluxo de água subterrânea e do nível freático. A informação do nível do lençol freático é proveniente de piezômetros ou poços de observação, que podem estar mais ou menos espaçados, dependendo de fatores como custo de perfuração ou dificuldades de construção dos mesmos em terrenos irregulares. O variável nível freático constitui-se, então, um dado regionalizado a partir da qual podem ser gerados, modelos de blocos ou malhas de pontos para a construção de mapas de nível (BOEZIO, COSTA & KOPPE, 2003).

Entretanto, essas técnicas fornecem informações pontuais, o que limita uma análise em áreas de padrões de solos complexos e contrastantes, relevo movimentado e de material não homogêneo ou anisotrópico (DOOLITTLE *et al.*, 2006). Nessas áreas é necessário um grande número de pontos de observações, o que encarece a investigação ou são gerados modelos excessivamente simples e suscetíveis a erros (VIOLETTE, 1987).

O tipo de cobertura vegetal também exerce forte influência na dinâmica do lençol freático, tanto permitindo uma maior infiltração, favorecendo a recarga do mesmo, como aumentando a perda de umidade através da evapotranspiração. Portanto, em programas de preservação de recursos hídricos, é importante considerar o todo, ou seja, a água e o solo, de modo que os usos dos mesmos resultem no menor impacto possível na qualidade e quantidade da água (KELMAN, 2000)

No Brasil, o plantio de árvores em larga escala é consequência da evolução de uma estrutura industrial que tem por objetivo atender a demanda do País, com matéria-prima necessária para produção de papel, celulose, chapas, aglomerados, carvão vegetal, móveis, etc. Nesse contexto, o eucalipto tem assumindo papel de destaque, porém existe uma discussão na sociedade que caracteriza o Eucalipto como grande consumidor de água, responsável por secarem nascentes e solos, porém já se sabe através de alguns estudos que essa característica não é apenas peculiar ao eucalipto (POGGIANI, 1979). O sistema radicular do eucalipto consegue retirar a água das camadas mais profundas do solo, sendo que alguns cuidados devem ser tomados nos reflorestamentos das áreas onde existam nascentes e riachos. Mas toda e qualquer floresta consome um grande volume de água, porém as árvores desempenham papéis fundamentais no regime hídrico local, favorecendo o aumento da infiltração no solo da água das chuvas.

Para avaliar a influência do tipo de cobertura na dinâmica da água no solo, existem varias técnicas, das quais aquelas que se utilizam de ferramentas da geofísica, que se destaca devido aos baixos custos operacional (alto custo de aquisição) e à otimização na execução dos levantamentos. Mais recentemente foi introduzido o conceito de Geofísica Ambiental, que

trata da aplicação dos métodos dessa ciência na investigação de fenômenos de caráter físico-químicos que ocorrem em subsuperfície e que estejam afetando o meio ou implicando em impactos ambientais. (REYNOLDS, 1997).

Nesse contexto, as Geociências, em particular a geofísica, vêm cada vez mais ocupando um espaço de destaque para a solução de problemas relacionados ao meio ambiente e a atividade produtiva (ROCHA, 2003).

2. OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo geral estudar a dinâmica do lençol freático na presença de diferentes usos do solo utilizando radar de penetração do solo (GPR).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Georadar

O georadar, também conhecido como GPR (Ground Penetrating Radar), é um método geofísico que se fundamenta na propagação e reflexão de ondas eletromagnéticas em altas frequências (1 MHz a 2,5 GHz) (RODRIGUES & PORSANI, 2006). A propagação do sinal depende das propriedades elétricas dos materiais existentes e mudanças nessas propriedades fazem com que parte do sinal transmitido e refletido se altere, criando registros diferenciados no radargrama¹ na forma de hipérbolas e ruídos, permitindo o delineamento das interfaces em subsuperfície.

O método baseia-se na emissão de um pulso de energia eletromagnética para o subsolo através de uma antena transmissora. O sinal emitido sofre reflexões, refrações e difrações em discontinuidades presentes no meio de propagação e é então, captado ao retornar à superfície, por uma antena receptora (GANDOLFO *et al.*, 2001). Esses sinais são gravados digitalmente como valores de intensidade, convertidos em sinais analógicos por *softwares* de exibição e podem ser visualizados como “sinais de voltagem contra o tempo duplo”. O eixo vertical descendente do ponto de medida representa o tempo duplo e o eixo horizontal, a intensidade do sinal. Esta representação gráfica do sinal adquirido é denominada “traço”. Armazenados digitalmente, os sinais podem ser processados em uma etapa posterior em programas específicos (SANSONOWSKI, 2003). O funcionamento do sistema é representado de forma esquemática no Figura 1.

¹ Segundo Sansonowski (2003), a grande facilidade na aquisição do dado GPR permite que uma coleção grande de traços produza uma seção de alta definição denominada radargrama.

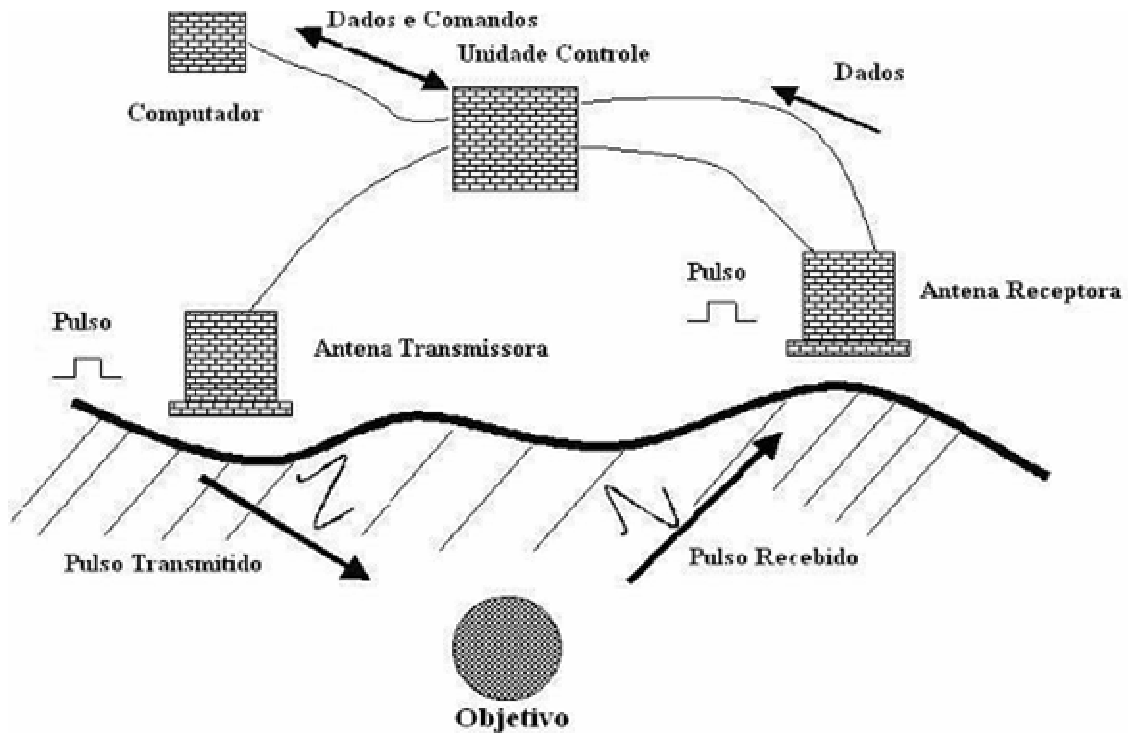


Figura 1. Diagrama esquemático do princípio de aquisição dos dados de GPR (modificado do manual do ramac/GPR, 1997).

A propagação de uma onda eletromagnética de alta frequência no terreno pode ser descrita pela sua velocidade e a atenuação sofrida durante o percurso. Em condições de baixa perda, a velocidade (v) está relacionada com a parte real da constante dielétrica (K) do meio de propagação, sendo dada pela seguinte expressão:

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

onde c é velocidade da onda eletromagnética no espaço livre (DAVIS E ANNAN, 1989).

As reflexões da energia eletromagnética ocorrem nas interfaces entre materiais ou camadas que apresentem distintos valores de velocidade. A amplitude do sinal refletido será mais intensa quanto maior for o contraste existente entre as velocidades (ou constantes dielétricas) dos correspondentes materiais. Em caso de mudança textural abrupta no solo, o contraste é claramente registrado no radargrama (FRANCELINO *et al.*, 2007).

O georadar pode operar com diversas frequências, cada qual correspondendo ao uso de uma antena, cuja escolha depende do objetivo do levantamento (dimensões e profundidade do alvo) assim como das condições pedológicas locais. Sinais de alta frequência produzem alta resolução com pouca penetração, ocorrendo o inverso para sinais de baixa frequência. Os pulsos de ondas eletromagnéticas e a recepção dos sinais refletidos nas estruturas ou interfaces em superfície ocorrem por meio de antenas dispostas na superfície do terreno (GLÓRIA, 2002). As medidas de tempo em nanosegundos e do percurso das ondas eletromagnéticas são efetuadas ao longo de uma linha e, quando justapostas, fornecem uma imagem detalhada da subsuperfície, podendo variar entre poucos centímetros até 40 metros, conforme a frequência da antena utilizada (OLIVEIRA e BRITO, 1998). Quando a energia radiada encontra material com propriedade elétrica diferente da superfície, parte da energia

incidente é refletida e retorna para a antena do radar. Os sinais refletidos são amplificados, transformados para áudiofrequência, gravado, processado e mostrado em tela ou na forma de radargramas (DANIELS, ROBERTS & VNDEL, 1995).

A propagação deste sinal no solo está condicionada primeiramente pelas propriedades elétricas dos terrenos (condutividade/resistividade elétricas), que são controladas principalmente pela umidade, quantidade e tipo de sais em solução e teor de argila (FISHER McMECHAN & ANNAN, 1992; BREWSTER *et al.*, 1995). Em situações de baixa condutividade, o sinal de radar pode atingir profundidades superiores a 20 metros; entretanto, no caso de alta condutividade, como a presença de água salgada, não existe resolução, o que é um fator limitante ao uso do GPR (BERES & HAENI, 1991). Além disso, a presença de alto teor de argila atenua a propagação dos campos e ondas eletromagnéticas, reduzindo a profundidade de investigação com esse tipo de equipamento.

Lani *et al.* (2005) estudando a dinâmica do lençol freático no delta do rio Doce, verificaram a eficiência desta tecnologia tanto no comportamento da profundidade do lençol freático ao longo de um canal de drenagem, como na variação textural do solo daquela região.

3.2. Lençol Freático

A água é recurso natural renovável e, por isso, a recarga natural da água subterrânea é fundamental para que o mantenha em quantidade e qualidade adequadas. Essa recarga está diretamente relacionada com a cobertura da superfície do solo. Ao contrario das áreas urbanas impermeabilizadas, as áreas com vegetação natural são eficientes em reduzir o escoamento e as perdas por evaporação superficial das águas, contribuindo para infiltração em profundidade e recarga dos freáticos e aquíferos. (COELHO *et al.*, 2006).

Brouyère *et al.* (2004), a partir de observações de campo, concluíram que os mecanismos de recarga dos lençóis freáticos e aquíferos são controlados principalmente por fluxo gravitacional durante os eventos de chuva. Segundo Silva *et al.* (2007), a água pluvial ao atingir o solo pode escoar superficialmente até atingir os corpos d'água ou infiltrar até atingir o lençol freático e aquíferos. A capacidade de infiltração de água de um solo lhe é uma propriedade inerente e depende de sua granulometria, distribuição do tamanho de poros, umidade antecedente à chuva, condição superficial do solo e presença de adensamento subsuperficial; além disso, a água, interceptada e absorvida pela vegetação, retorna ao estado gasoso através da evapotranspiração; este processo de interceptação tem grande importância na dissipação da energia cinética das gotas de chuva sobre o solo.

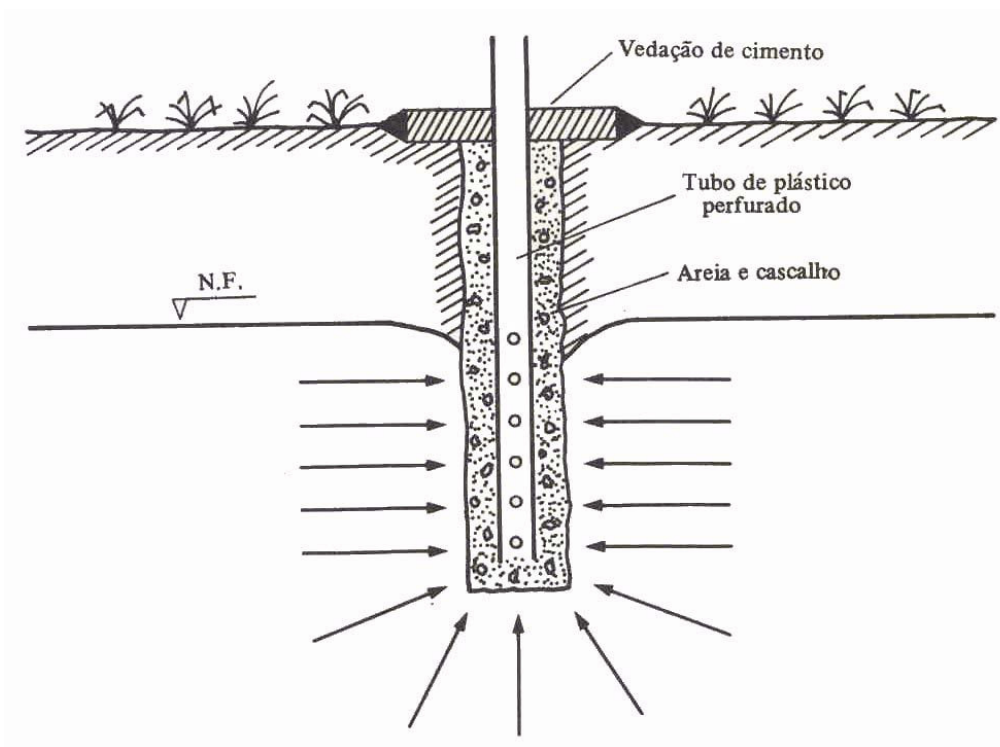
As áreas com diferentes coberturas vegetais proporcionam variadas condições de infiltração da água. Estima-se que áreas com mata em estágio sucessional avançado retém quase que a totalidade da água pluvial (COELHO *et al.*, 2006).

A profundidade do lençol freático influi diretamente no desenvolvimento vegetal, pois determina às condições de umidade do perfil, das condições de aeração e nas propriedades térmicas do solo (CRUCIANI, 1987).

3.3. Poços de Observação

São perfurações feitas no solo (ao longo do perfil) de pequeno diâmetro (Figura 2), da ordem de 2 a 4 polegadas, feitas especialmente para estudos de lençol freático. Suas paredes em geral não são revestidas ou impermeabilizadas. São facilmente perfurados a mão com um trado especial e se aprofundam um pouco além do nível freático (da ordem de um metro ou menos). Entretanto, devido à sua simplicidade podem sofrer obstruções e outros efeitos

destrutivos que os inutilizam especialmente se o solo for instável (CRUCIANI, 1987). Assim convém tomar certos cuidados a fim de preservar a sua funcionalidade por um tempo prolongado. A Figura 2 mostra o esquema de um poço de observação com certos cuidados recomendável.



Fonte: Cruciani, 1987

Figura 2: Esquema de Poço de Observação.

Ainda segundo Cruciani (1987), recomenda que sejam instalados em locais de fácil acesso em qualquer tempo e sua posição deve ser imediatamente identificada a fim de não prejudicar a coleta sistemática de dados.

3.4. Influência do Tipo de Uso da Terra no Nível do Lençol Freático

Segundo Marcelino *et al.* (2005), que estudaram a variação do lençol freático correlacionando-o a uma área com floresta permanente, uma área de manejo florestal e uma outra área de pastagem, constatou que na área de floresta permanente o lençol freático atingiu sua maior profundidade nos meses de agosto a dezembro, e ficando mais próximo da superfície nos meses de janeiro a maio, tendo uma variação sazonal e aproximadamente 1,8 m. Já a área de manejo florestal e pastagem as maiores profundidades do nível freático foram entre os meses de novembro e dezembro, ficando mais próximo da superfície no mês de fevereiro, tendo uma variação do lençol freático entre máxima e mínima para o manejo florestal de aproximadamente 0,9 m e para pastagem foi de 3,7 m, para o mesmo ano analisado. Ainda segundo esses autores, apesar desta variação no nível freático depender de

outros fatores, é notável que a maior variação ocorresse na área de pastagem, provavelmente devido à menor retenção da água pluvial nesta área devido a menor cobertura vegetal.

Soares (2007) afirma que, quando o eucalipto está bem estabelecido, a partir do terceiro ano, pode haver um rebaixamento lençol em cerca de 1 m/ano, isso por que essa espécie apresenta um alto crescimento inicial o que favorece um maior consumo de água². Conseqüentemente quando o nível do lençol freático é elevado, pode ser facilmente alcançado pelo sistema radicular das espécies arbóreas. Assim sendo, quando a densidade arbórea é alta, como nos reflorestamentos, um grande número de raízes atinge o lençol freático e absorve água provocando o abaixamento do mesmo. Neste caso é possível notar o desaparecimento temporário ou definitivo de algumas nascentes (POGGIANI, 1979).

De acordo com o IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (2003), o impacto sobre os lençóis freáticos dependerá da localização das plantações em relação à bacia hidrográfica. Se as plantações estão situadas em locais de maior altitude, as raízes dos eucaliptos, por não ultrapassarem 2,5 m, não alcançariam os lençóis subterrâneos. Se, entretanto, as florestas forem plantadas perto dos cursos d'água, os eucaliptos passam a consumir mais água, crescem mais rapidamente e podem gerar impactos sobre os lençóis freáticos tanto localmente como a jusante. A literatura mostra também que a profundidade dos lençóis freáticos varia em função das características do solo, bem como das características hídricas de cada região, de tal sorte que o impacto das plantações de eucalipto sobre os lençóis d'água deve ser analisado caso a caso.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

Foram selecionadas as áreas (Tabela 1) em função da classe de solo, tipo de uso da terra e importância hidrológica duas áreas em dois municípios Seropédica e Cachoeiras de Macacu (Figura 3).

Tabela 1: Caracterização das áreas selecionadas.

Área	Solo	Tipo de Uso	Localização
1	Neossolo Flúvico	Monocultura de goiaba	Cachoeiras de Macacu
2	Neossolo Flúvico	Gramínea	Cachoeiras de Macacu
3	Planossolo	Gramínea/ Eucalipto	Seropédica
4	Gleissolo Háptico	Gramínea/ Floresta Mista	Seropédica

As áreas estudadas localizadas no município de Cachoeiras de Macacu estão inseridas na bacia do Rio Macacu, que é responsável pelo abastecimento de água para mais de 2 milhões de pessoas que residem nos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói, além de ser utilizada para irrigação e piscicultura. Já a área no município de Seropédica está inserida na bacia do Rio Guandu, que é responsável pela maior parte do abastecimento da região metropolitana do Rio de Janeiro.

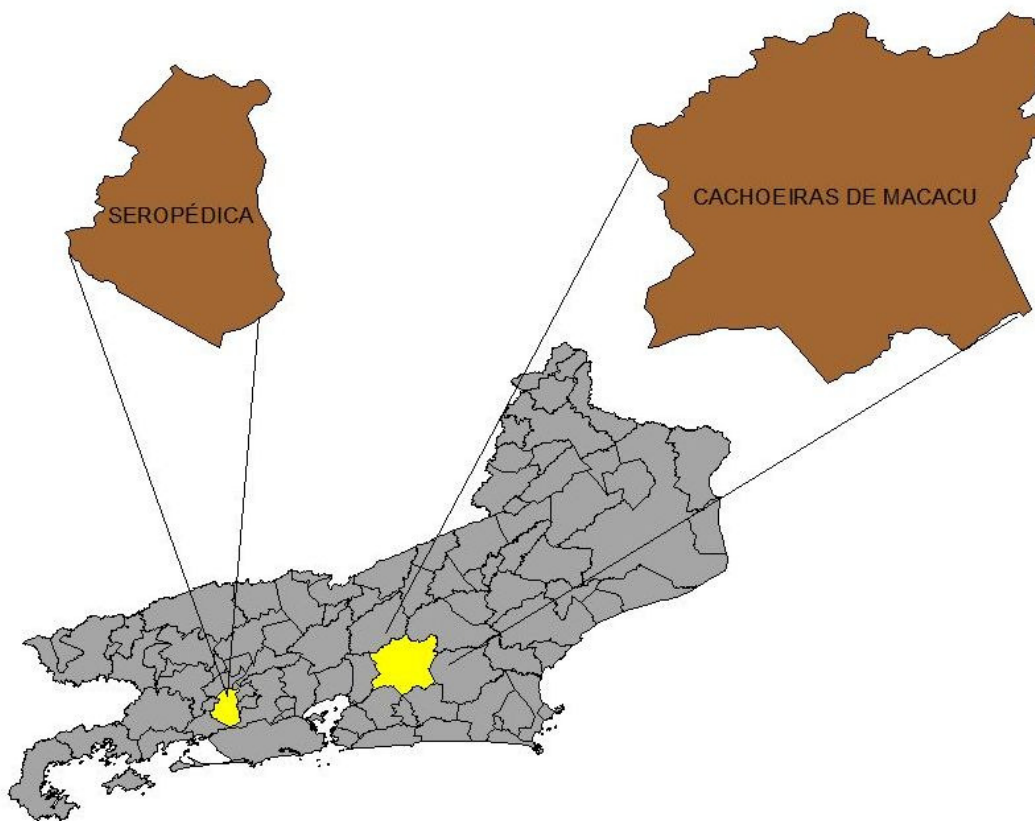


Figura 3: Localização dos municípios das áreas de estudo.

4.1.1. Caracterização da Bacia do Rio Macacu

O município de Cachoeira de Macacu tem 90% de sua área nesta bacia, Guapimirim tem aproximadamente 95% e Itaboraí, 12%. O rio Macacu nasce na serra dos Órgãos, a cerca de 1700 m de altitude, no município de Cachoeiras de Macacu, e percorre aproximadamente 74 km até a sua junção com o Guapimirim (INSTITUTO BAIA DE GUANABARA, 2002).

Quanto ao relevo, a bacia do rio Macacu apresenta de montante para jusante, as escarpas e reversos da serra do Mar seguida de colinas e maciços costeiros, uma pequena área de tabuleiros costeiros e, finalmente, grandes áreas de planícies costeiras e modelados de acumulação fluvial (FAPUR, 2006).

As altitudes máximas são encontradas junto às nascentes dos rios e são na ordem de 1700 m, no rio Macacu, 1200 m no rio Guapiaçu e 2000 m no rio Guapimirim. Observa-se na área da bacia o bioma Mata Atlântica e os ecossistemas campos de altitude, manguezais, brejos, rios e estuários (INSTITUTO BAIA DE GUANABARA, 2002).

Foram selecionadas áreas com plantio de goiabeira e com gramínea, ambas próximas às margens do rio Macacu. A plantação com goiabeira não irrigada (Figura 4) está localizada na parte mediana da bacia do Rio Macacu. Nessa área a varredura foi realizada na entrelinha, que apresentava um espaçamento médio 3 metros entre plantas e 5 metros e entre linhas.



Figura 4: Cultivo de goiabeira no município de Cachoeiras de Macacu.

A área com gramínea (Figura 5) se encontra também na parte mediana da bacia do Rio Macacu, porém um pouco mais abaixo que a área da monocultura de goiaba. Nessa área o proprietário é produtor de grama (não irrigada) para fins paisagísticos, e periodicamente a camada superficial é retirada para comercialização do “tapete verde”.



Figura 5: Cultivo de grama nas margens do Rio Macacu.

4.1.2. Caracterização da Área no Município de Seropédica

As áreas neste município estão localizadas no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e na Floresta Nacional Mario Xavier. Ambos locais apresentam altitude variando de 20 a 40 metros. O relevo predominantemente é plano a suave ondulado com topo arredondado. O clima predominante é o tropical úmido de savana (Aw), como descrito por Köppen (1948). O período chuvoso é dezembro a março que coincide com verão, e a estiagem ocorre no inverno que vai de junho a agosto. Apresenta precipitação anual em torno de 1.250 mm (MATOS *et al.*, 1998) e umidade relativa média anual de 80%, e temperatura média anual variando de 20 a 27°C. Os dados climatológicos foram obtidos de registros fornecidos pelo posto da Estação Ecologia Agrícola de Seropédica (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA).

A região encontra-se numa planície e os solos são tipicamente de várzea, predominando os Planossolos, de baixa fertilidade, excessos de água e de erosão, com enclaves de Argissolos Vermelho-Amarelo, imperfeitamente drenados e Gleissolos Háplicos, com excesso de água (PINHEIRO *et al.*, 2000).

4.2. Solos

Foram encontradas três classes de solos (Tabela 1), sendo abertos quatro perfis, onde foram descritos morfologicamente, conforme Santos *et al.* (2005) para auxiliar na calibração da resposta do radar, além de coletar amostras de solos de cada horizonte, para análise física no Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A análise granulométrica (Dispersão total) foi feita pelo Método da pipeta, segundo o Manual de Métodos e Análise de Solo (EMBRAPA, 1997). Os solos foram classificados segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

4.3 Georadar

Nesse estudo foi utilizado Radar Penetrante do solo TerraSIRch modelo SIR-3000, equipado com antenas de 400 MHz, que possui capacidade de realizar leituras de até 4 metros de profundidade, com comprimento de registro de 256 ns com 512 amostras por traço.

Uma barra de ferro com aproximadamente 1 metro de comprimento, foi enterrada transversamente para cada transecto (Figura 6), a uma profundidade conhecida, com objetivo de estabelecer uma resposta radargramétrica clara e confiável que permitisse dar uma boa estimativa da profundidade alcançada. Isso auxiliou a calibração de profundidade do radargrama.



Figura 6: Barra de ferro utilizado para a estimativa da profundidade do Radargrama.

Para cada passagem do georadar nos transectos foi necessária primeiramente à calibração do odômetro (Figura 7). Nessa etapa, mediu-se 10 metros de comprimento com o uso da fita métrica no terreno, e foi feita uma passagem preliminar com radar, com o intuito de apenas calibrar a leitura de comprimento registrada pelo equipamento.

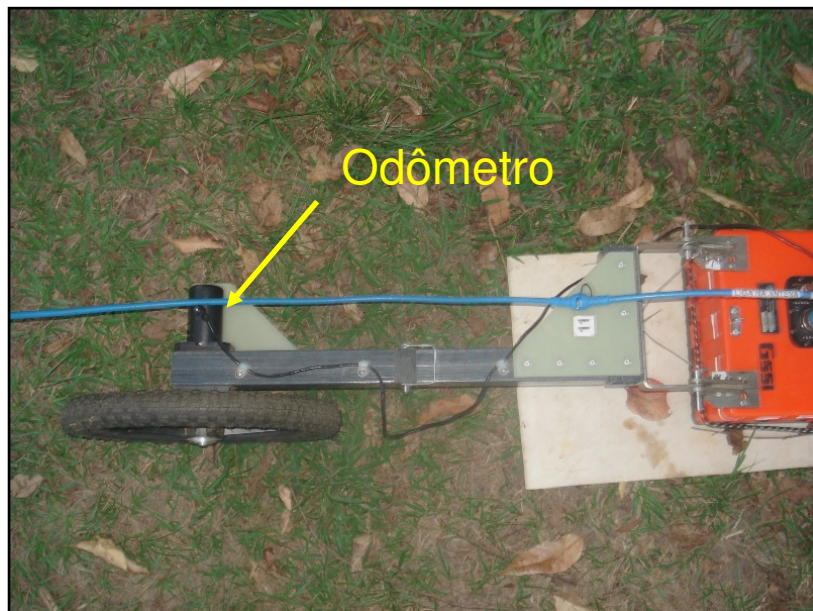


Figura 7: Odômetro do georadar.

Os dados foram coletados de maneira contínua, com 532 leituras em cada ponto. As antenas foram montadas sobre um “esqui” de PVC para facilitar seu deslizamento sobre o terreno (Figura 8).



Figura 8: GPR Sendo Tracionado na Área de Transição entre Pastagem e a Floresta de Eucalipto.

Foram no total duas passagens com georadar para cada área, a primeira feita no segundo semestre do ano de 2008 e a segunda no primeiro semestre de 2009. Cada linha de varredura tinha aproximadamente 50 metros de comprimento e cerca de 1 metro de largura. Na parte central de cada transecto foi aberto um perfil, onde amostras do solo foram coletadas para análises físicas.

Alguns fatores ambientais foram levados em consideração, tais como relevo, homogeneidade do solo e a presença de barreiras físicas e biológicas, para facilitar a varredura e diminuïrem as variáveis.

Em todas as áreas foram registradas sua localização geográfica com equipamento de recepção de sinais de satélite de sistema de posicionamento global do tipo navegação modelo GARMIM III Plus, sendo coletados pontos nos extremos de cada transectos, e para aquelas áreas com transição do tipo de uso do solo, além desses pontos, foi coletado ponto adicional na intercessão.

4.4. Instalação dos Poços de Observação

Com auxílio de um trado com extensor foram feitas perfurações de modo que ultrapasse o nível do lençol freático para que fosse possível coletar sua profundidade no inverno, já que nesse período é normal que aconteça um rebaixamento do nível do lençol freático comparado com verão. Logo após, foram introduzidos nessas perfurações tubos de PVC de 2", e nos dois últimos metros da sua extremidade inferior foram feitos vários furos de cerca de 2mm cada um, distribuídos aleatoriamente (Figura 9). Esse procedimento foi adotado para todas as áreas analisadas.

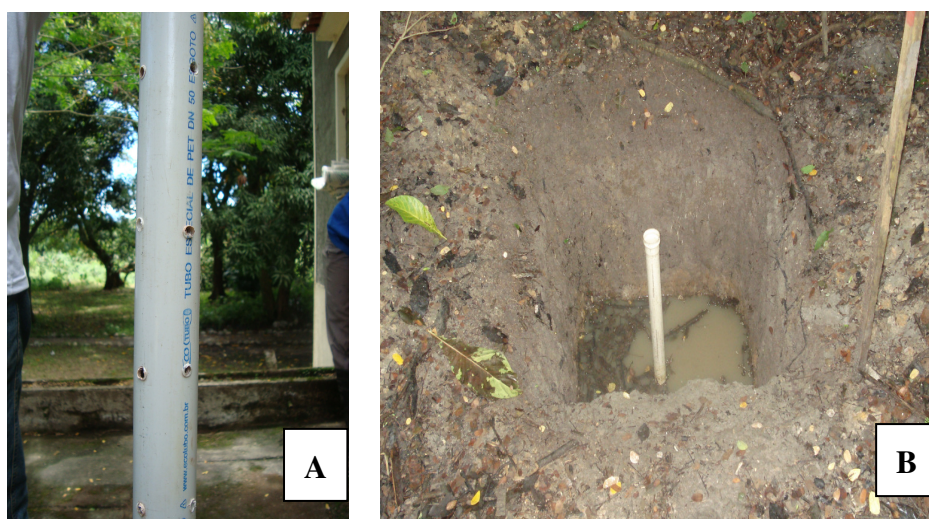


Figura 9: (A) Tubo perfurado na extremidade, (B) Poço de observação instalado na UFRRJ

4.5. Coleta de Dados

Além das leituras com radar, foram coletados dados precipitação e realizadas leituras de altura do nível freático, com objetivo de analisar a variação do lençol freático e relacioná-las com as precipitações ocorridas até sete dias antes da data de leitura, de forma a identificar a influência da chuva na altura do lençol freático, além de calibrar o registro do lençol observado no radargrama.

4.6. Tratamentos e Análises dos Radargramas

Para cada passagem do georadar, os dados gerados foram transferidos para um computador para serem processados e interpretados. Nos softwares *Radan File Viewer 1.0* e *Radan to Bitmap* obtiveram os radargramas em vista bidimensional, porém para se obter um maior contraste, redução de ruídos e aumento da nitidez, esses radargramas foram enviados para *Software Photoshop 8.0*, onde sofrem todos os processos possíveis para melhorar a visualização. Após toda essa etapa, os radargramas foram analisados minuciosamente para que se obter a identificação do lençol freático e sua respectiva profundidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Área com a monocultura de Goiaba

A área da monocultura de goiaba (Figura 10) apresentou um tipo de solo com características marcantes de Neossolo Flúvico. Segundo Oliveira *et al.* (1992), a feição morfológica mais típica destes solos é a estratificação, decorrente dos diferentes ciclos de sedimentação dos materiais que os constituem (Figura 11). O que foi possível observar no radargrama a ocorrência de várias camadas de deposição fluvial em subsuperfície. Essas camadas apresentam material com texturas distintas, variando entre siltosos e arenosos

conforme a Tabela 2, o que lhes conferem padrões diferentes de reflexão do sinal, como pode ser observado no radargrama. Deposições essas, que foram sendo realizadas com influência direta do Rio Macacu, já que a área essa está localizada sob seu terraço fluvial.

O solo foi amostrado até a profundidade de 150 cm (Tabela 2), apresentou uma textura variando de argilo-siltosa a arenosa até chegar a uma textura franco na última camada amostrada, ou seja, a análise granulométrica apresentou grande amplitude textural entre os solos estudados em razão da diversidade de materiais de origem.



Figura 10: Passagem do georadar na área com goiaba

Tabela 2: Análise física do solo da área com monocultura de goiaba.

Monocultura de Goiaba					
Horizonte	Profund. (cm)	Areia	Silte	Argila	Textura
		-----%-----			
A1c	0 – 15	12	43	45	Argilo-siltosa
A2c	15 – 21	65	20	15	Franco-arenosa
C1	21 – 90	94	3	3	Areia
C2	90 – 150	94	3	3	Areia
C3	150(+)	44	33	23	Franco



Figura 11: Perfil do Neossolo Flúvico na área de goiaba.

Na extremidade do transecto foram coletados pontos de controle com seguintes coordenadas UTM: 23K E 738752m e N 7508045m (início); 23K E 738664m e N 7508123m.

5.1.2 Análise radargramétrica da monocultura de goiaba

Nos radargramas as partes com cores mais intensas no radargrama são os locais que apresentam maior umidade no solo, que na época de julho apresentava-se bastante elevado, gerando uma imagem mais atenuada, sendo a principal responsável pelas mudanças nos parâmetros de refletância das ondas emitidas pelo georadar.

Na parte mais clara do radargrama, logo acima da superfície ondulada da zona umidade, observa-se um grande número de pequenos refletores hiperbólicos, indicando influência do sistema radicular das goiabeiras. Com Devido processamento seria possível estimar a espessura dessas raízes. Para tanto seria necessário a utilização do programa Radan 6.0, o que não foi possível devido a problemas técnicos no mesmo.

Nos dois radargrama, mesmo com o grande intervalo de tempo entre as duas passadas, é possível observar um grande zona com alto teor de umidade na parte central do transecto, cujo limite superior apresenta-se ondulado, acompanhando o padrão das camadas de deposição fluvial, o que dificultou o estabelecimento da linha superior do lençol freático. Esse acúmulo maior de umidade ocorreu devido uma pequena depressão do terreno nesse local.

A variação dos refletores ao longo da linha de varredura ocorreu do limite com superfície até os 5 metros de profundidades. Nas partes mais profundas ao longo do percurso foi possível observar que o sinal ficava cada vez mais distorcidos e cheio de ruídos.

Na primeira varredura a primeira linha verdadeiramente tabular, o que caracteriza a presença do lençol freático, veio ocorrer a 2,5 metros de profundidade (Figura 12). A variação textural das camadas e a presença desta zona de umidade ocasionaram uma mudança no refletor, ocasionado distorções variadas no sinal emitido, o que dificultou ao certo estabelecer o nível freático correto nessa faixa.

Nesse período à precipitação acumulada dos sete dias antecedentes a essa varredura foi de aproximadamente 11 mm, esse volume de chuva pode ter influenciado numa maior umidade do solo, principalmente se for considerado a textura do mesmo (Tabela 2). Porém como nesse período não foi possível instalar um poço de observação por falta de equipamentos (trados) que alcançassem maiores profundidades, não se conseguiu confirmar ao certo o nível freático.

Rio Macacu

Lençol freático

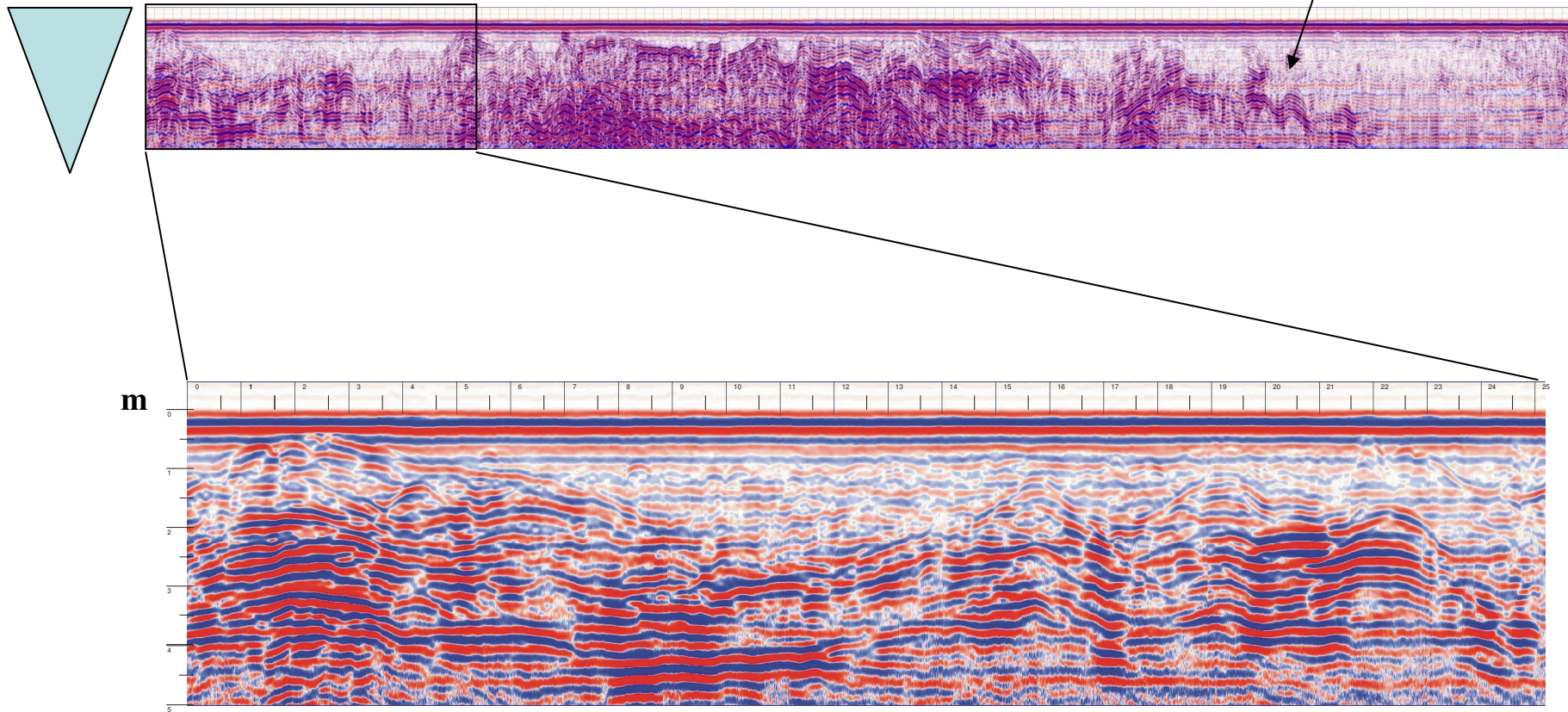


Figura 12: Radargrama da primeira varredura da área monocultura de goiaba.

A segunda varredura ocorreu no primeiro semestre de 2009, no mês de maio, que se caracteriza por uma época de estiagem, com pouca precipitação ao longo do mês.

No radargrama (Figura 13) podem-se ver novamente muitas zonas com alto teor de umidade, porém com menor intensidade e com superfícies onduladas mais profundas comparado ao primeiro radargrama. Isso se deve ao fato das precipitações terem ficado menos freqüentes nesse período do ano, fazendo com que algumas zonas úmidas desapareçam.

Nessa varredura assim como na anterior, foi possível verificar o nível freático no radargrama, devido às mesmas zonas úmidas influenciando fortemente no sinal refletido. Porém com instalação do poço de observação se obteve a altura do lençol, que no momento da passagem foi de 5,05 metros, enquanto que no radargrama essa profundidade foi de 4,8 m. Essa diferença pode ser decorrente da diferença de pressão existente no interior do poço que faz com que a água no seu interior esteja abaixo do lençol ao seu redor, ou seja, o solo apresenta maior uma força de capilaridade em comparação zona livre, devido aos seus macro e micro poros, o que resulta no nível mais baixo no interior do tubo, conforme mostra a figura 2.

De modo geral nos dois radargramas (Figura 14) dessa área foi observado que o cultivo de goiabeiras não exerce quase nenhuma influência na dinâmica do lençol freático, pois devido à proximidade da calhado rio, esse está controlando e mantendo toda a umidade em subsuperfície.

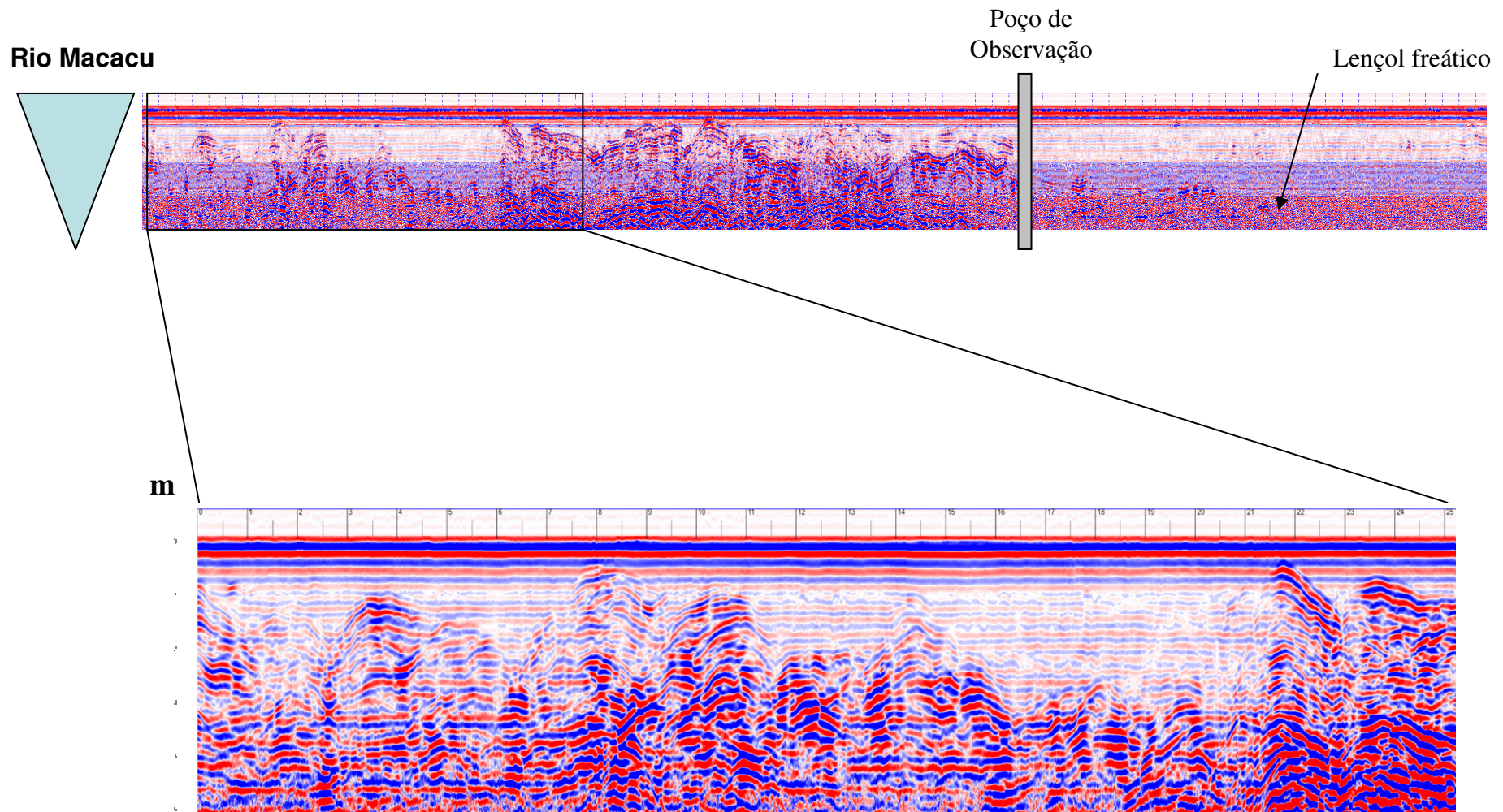


Figura 13: Radargrama da segunda varredura na área com goiaba.

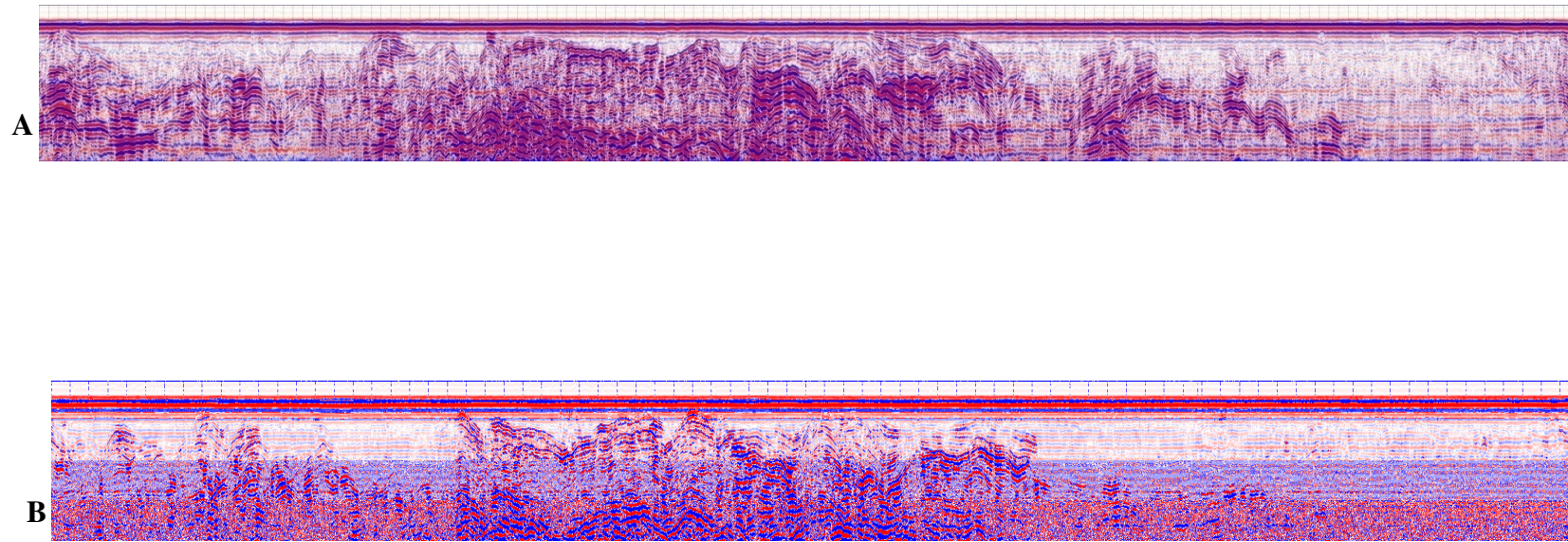


Figura 14: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área com goiaba.

5.2.1 Área com gramínea

A área (Figura 15) apesar de encontrar-se a alguns quilômetros da área com cultivo de goiabeiras, percebe-se no radargrama a mesma influência da deposição de sedimentos do rio Macacu, sendo o solo também classificado como Neossolo Flúvico (Figura 16). Nessa área o solo foi amostrado até a profundidade de 140 cm. A análise granulométrica apresentou uma diferenciação textural entre camadas (Tabela 3) devido à área ter sido submetida ao transporte de água superficial com diferentes graus de energia no carreamento de sedimentos. Na fração arenosa desses solos, predomina a areia fina.



Figura 15: Passagem do georadar na área com gramínea.

Tabela 3: Análise física do solo da área com gramínea.

Gramínea					
Horizonte	Profund. (cm)	Areia	Silte	Argila	Textura
		-----%-----			
Ap	0 - 37	52	28	20	Franco-argiloarenosa
C1	37 - 68	92	5	3	Areia
C2	68 - 120	70	19	11	Franco-arenosa
C3	120 - 140(+)	88	7	4	Areia



Figura 16: Perfil do Neossolo Fluvíco na área de gramínea

Na extremidade do transecto foram coletados pontos de controle com as seguintes coordenadas UTM: 23K E 737256m e N 7505151m (início); 23K E 737421m e N 7505049m (final).

5.2.2 Análise Radargramétrica em Função do Tipo de Uso com Gramínea.

Os radargramas mostraram que nas duas varreduras a linha do nível freático foi interrompida devido à presença de zonas com alto teor de umidade, ocasionando variações do refletor ao longo da distância percorrida. Essa situação também foi favorecida pela presença de diferentes camadas de deposição fluvial, como ocorreu na área das goiabeiras. Porém

verifica-se que a superfície ondulada das zonas úmidas está mais próxima da superfície. Isso ocorre pelo fato deste transecto estar mais próximo da calha do rio Macacu, evidenciando novamente a grande influência do leito do rio na manutenção da umidade dos solos localizados às suas margens.

Na subsuperfície foi verificada a presença de uma linha tabular, característica da parte superior do lençol freático a uma profundidade aproximada de 2,5 metros na primeira varredura (Figura 17), na mesma posição da área anterior. Porém a continuidade dessa linha foi diversas vezes afetada pela presença de áreas mais úmidas. Podemos, então, considerar que as denominadas zonas úmidas correspondem ou funciona como um lençol freático errático. Como na área não existia ainda nenhum poço de observação, não se conseguiu confirmar o nível freático nessa primeira varredura.

Devido à cobertura por gramínea, cujo sistema radicular é mais superficial e de menor espessura, na parte mais clara na superfície foi verificado raros padrão hiperbólico, indicando a quase ausência de raízes grossas nessa área. As poucas existentes são remanescentes da antiga cobertura florestal que já esteve presente anteriormente na região.

Assim como a área de goiaba, durante a primeira passagem ocorreu no mês de julho de 2008, a precipitação acumulada durante os sete dias antecedentes também foi de 11 mm.

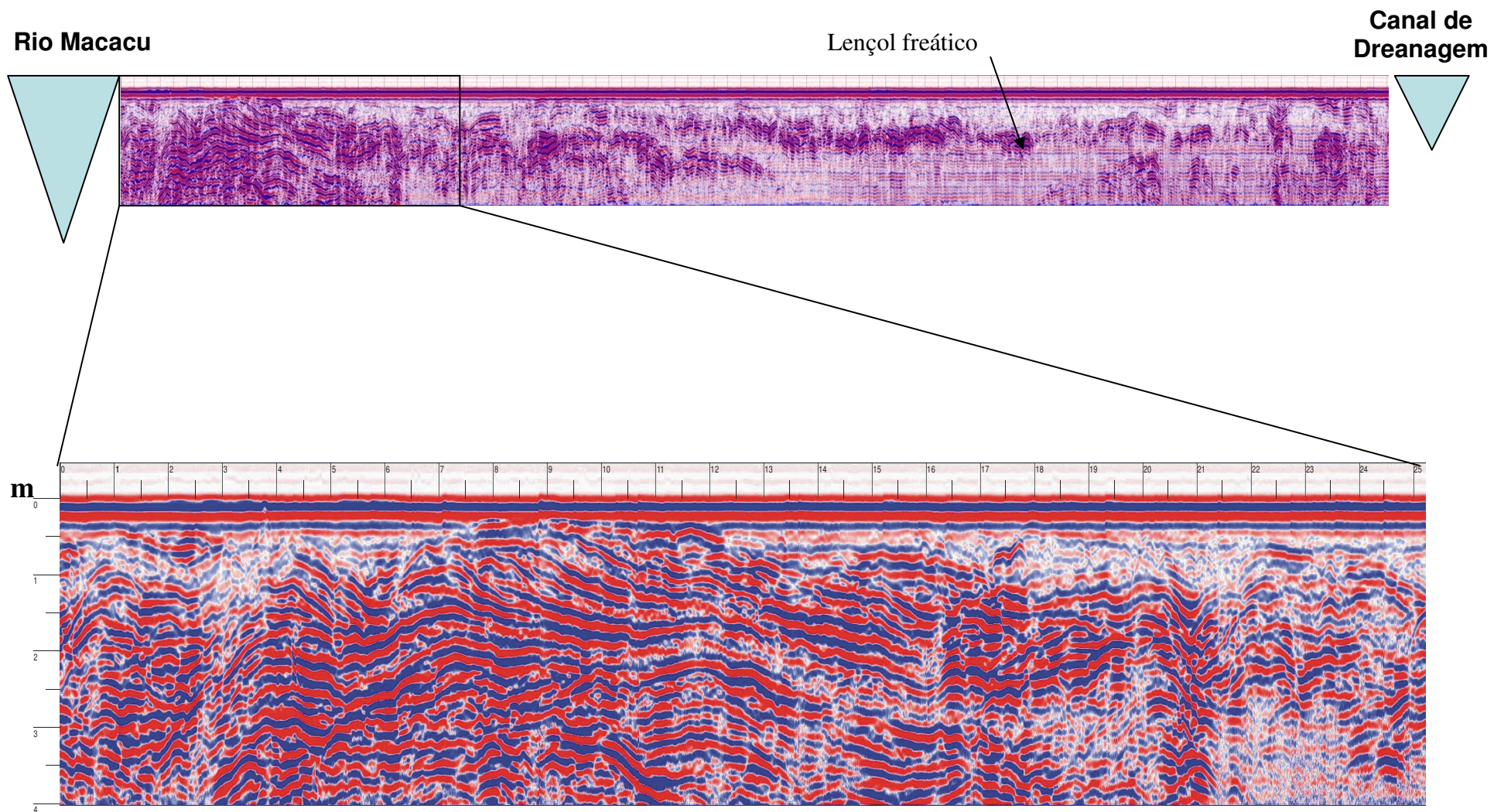


Figura 17: Radargrama da primeira varredura Área de Gramínea

Novamente comparando as duas varreduras, a quantidade de zonas de umidade foi menor na segunda varredura (figura 18), o que também é explicado pela diferença na época do ano (uma no período de chuvas e outra no período seco). O que reforça a idéia que muitos desses zonas são temporários, comparando as duas varreduras (figura 19), e estão relacionados à frequência e volume de chuva precipitado anteriormente, e a influência da proximidade da calha do rio. A presença das zonas úmidas sofre um pequeno incremento conforme se aproxima de um canal de drenagem existente na extremidade oposta ao da calha do rio, confirmando a influências de cursos d'água na manutenção da umidade nesse tipo de solo.

Essas mesmas zonas, outra vez dificultaram identificação do nível freático, porém nessa varredura foi instalado um poço de observação que sua leitura foi de 4,25 metros no momento da passagem do georadar, apesar da imagem atenuada, em alguns locais no radargrama nessa faixa de profundidade percebe uma linha vermelha tabular horizontal, que caracteriza o lençol, porém com uma menor intensidade de coloração frente às zonas úmidas.

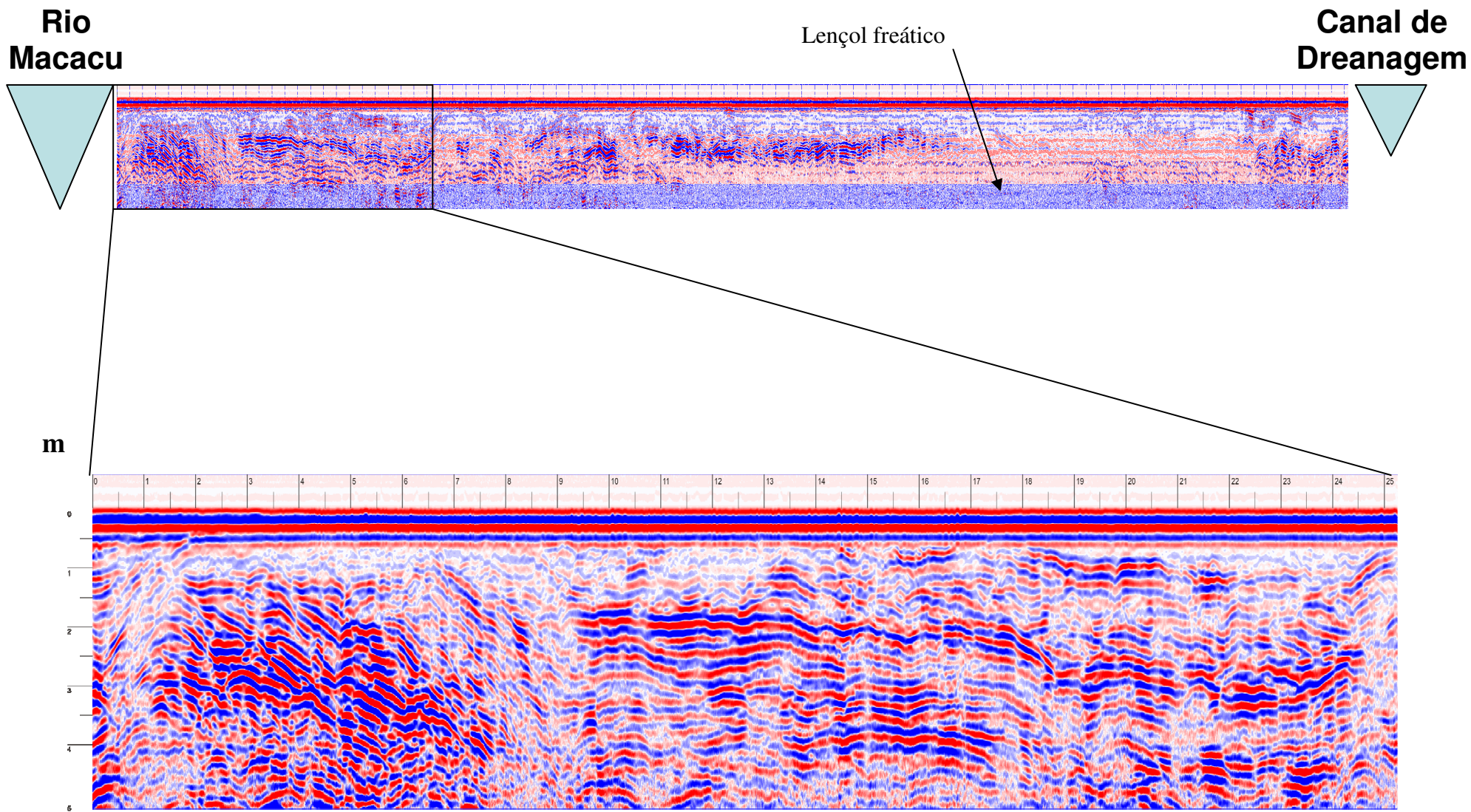


Figura 18: Radargrama da segunda varredura da área de gramínea.

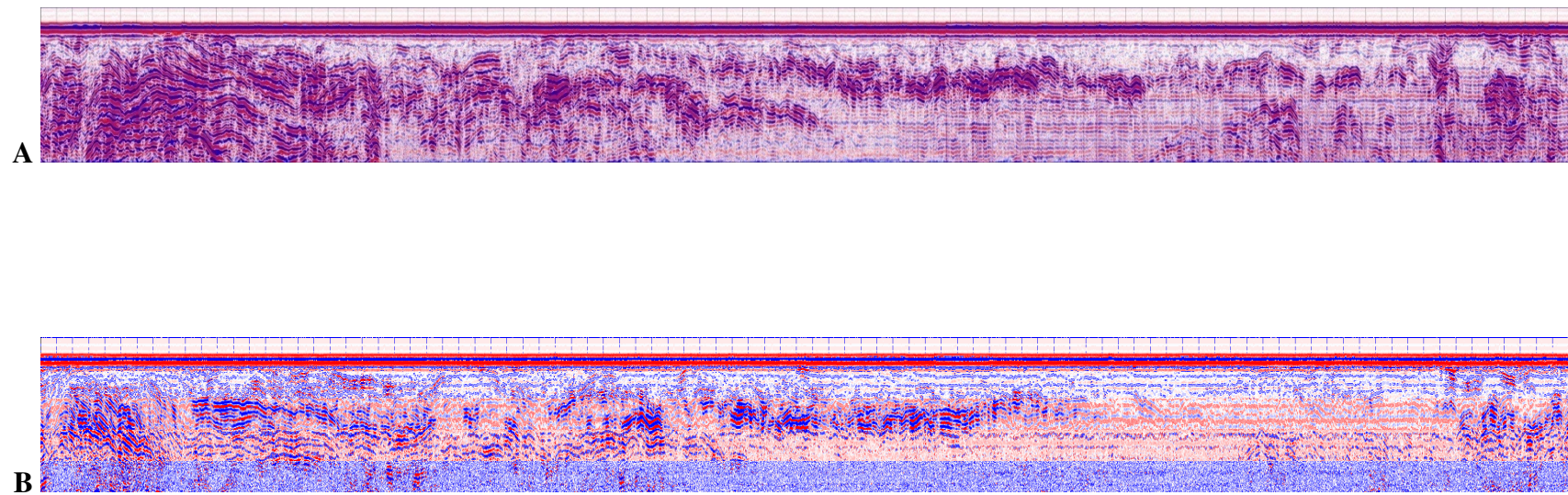


Figura 19: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área de gramínea

5.3.1 Área de Transição entre Gramínea e Eucalipto.

Segundo Santos *et al.* (1999), a Floresta Nacional Mário Xavier, única Unidade de Conservação localizada no município de Seropédica, é uma das poucas áreas verdes do município com características peculiares que possibilitam o uso público, através do desenvolvimento de diversas atividades de contato íntimo com a natureza, destacando-se a recreação, o ecoturismo e a educação ambiental.

Mesmo sendo uma área de conservação, possui diversos talhões de eucaliptos, dos quais foi selecionado um que apresentasse limite com área ocupada com pastagem além de um relevo plano.

A espécie de eucalipto estudada foi *Eucalyptus Urophylla*, tendo mais de sete anos de idade, apresentando um sub-bosque constituído de eucaliptos mais jovens (Figura 8), derivados de rebrotas devido a cortes anteriores, tendo pequenos desníveis ao longo da floresta.

Já a pastagem é formada por uma área bastante plana (Figura 20), aonde pessoas da localidade de Seropédica constantemente usam como área de lazer, principalmente crianças em práticas esportivas.

A análise física demonstrou que o solo é bastante arenoso (Tabela 4), e que está distribuída quase na mesma proporção ao longo de todo perfil amostrado (Figura 21). A partir de 50 cm observa-se a presença de áreas mosqueadas de cor amarelada, indicando variação do lençol freático nessa profundidade.



Figura 20: Área de transição entre gramínea e floresta de eucalipto

Tabela 4: Resultados da análise física da área de transição entre gramínea e eucalipto.

Gramínea e floresta de eucalipto					
Horizonte	Profund. (cm)	Areia	Silte	Argila	Textura
		-----%			
A1	0-15	74	6	20	Franco argilo arenosa
AB	15-30	71	12	17	Franco-arenosa
B1	30-50	73	71	17	Franco-arenosa
B2	50-65(+)	68	9	23	Franco argilo arenosa



Figura 21: Perfil localizado na Flona Mário Xavier, Seropédica.

Nessa área foram coletados pontos de controle com seguintes coordenadas UTM: 23K E 632791m e N 7486470m (início); 23K E 632781m e N 7486389m (transição); 23K E 632773m e N 7486389m (final).

5.3.2 Análise Radargramétrica da Área com Pastagem e Floresta de Eucalipto

Nesse local o lençol freático ficou bem evidenciado nos radargramas, representado por um refletor forte, contínuo e tabular horizontal, conforme verificado por PORSANI *et al.* (2005) e FRANCELINO *et al.* (2007).

A profundidade estimada do lençol freático na primeira varredura ficou na faixa de 2 metros variando pouco por toda linha de varredura percorrida pelo radar (Figura 22). Em alguns locais foi possível observar algumas reflexões anômalas isoladas, isso pode ser devido a presença de material texturalmente distinto e maiores profundidades. À medida que se avançou para o interior da floresta de eucalipto, o radargrama apresentou um aumento no número de refletores hiperbólicos com vértices, isso é consequência da interferência sofrida pelo sinal do radar pelo sistema radicular das árvores. Essas hipérboles são observadas até próximo da superfície do lençol freático.

A primeira passagem nessa área ocorreu em setembro de 2008, sendo a precipitação acumulada dos últimos sete dias antecedentes a varredura foi de 14 mm, segundo dados coletados na estação da Ecologia Agrícola (INMET) – Seropédica. Nesse momento, ainda não existia poços de observação. Provavelmente esses 14 mm de chuva podem ter contribuído no aumento do nível freático.

Nesse caso, pode-se observar a existência de uma zona com maior umidade mais superficial na área ocupada por pastagem e que diminui ao entrar na área ocupada pelo eucalipto. Isso se deve a influência dos diferentes tipos de cobertura do solo, sendo que o eucalipto, conforme observado por Soares (2007) provoca o rebaixamento da umidade do solo. O sinal referente ao lençol freático, entretanto, é mais espesso e forte na área do eucalipto em consequência desta área ser mais abaciada.

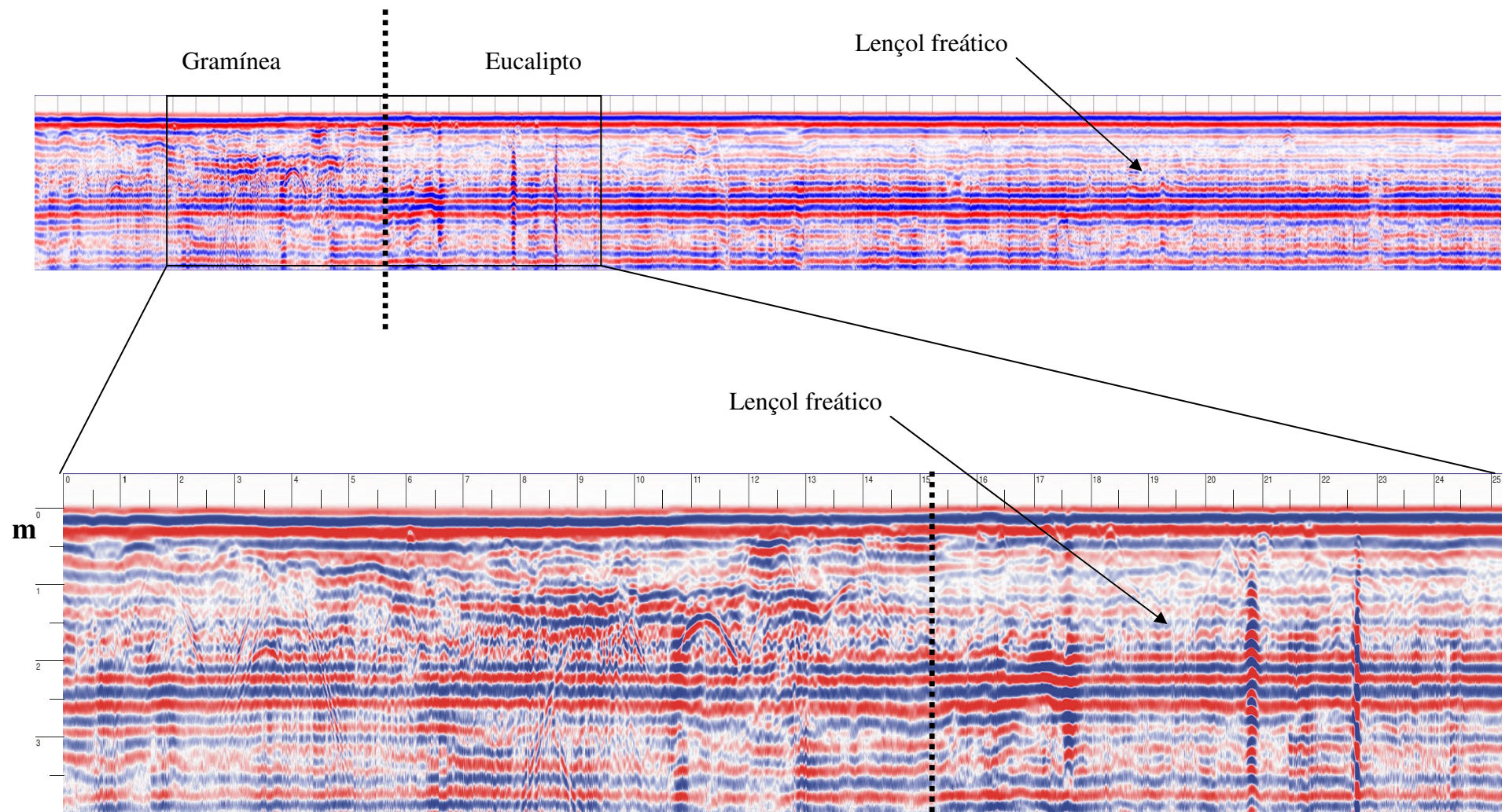


Figura 22: Radargrama da Primeira varredura da área de transição entre gramínea e a floresta de eucalipto

Já na segunda varredura que ocorreu no dia 19 de maio de 2009, foi possível comparar o nível freático apresentado no radargrama com o nível do poço de observação. Segundo dados coletados pela Estação Ecologia Agrícola - INMET, a última precipitação ocorrida antes dessa varredura foi de 5,2 mm no dia 16 de maio, sendo que a precipitação acumulada dos sete dias anteriores à passagem do georadar foi de 6,6 mm.

O radargrama apresentou um primeiro refletor forte e contínuo que caracteriza o lençol freático, na faixa 2,8 metros de profundidade, por toda extensão percorrida (Figura 23), porém o nível de água no poço de observação no momento da varredura foi de 3,3 metros. Essa diferença de aproximadamente de 50 cm, pode ter ocorrido devido à atenuação do sinal pela presença de camadas mais argilosas em profundidade, como foi verificado no momento da tradagem, fazendo com que diminuísse o alcance do sinal do georadar, ou seja, em vez de 5 metros, o sinal deve ter atingido 4,5 metros de profundidade.

Comparando as duas varreduras, essa segunda passagem apresentou uma grande diferença na distribuição da umidade ao longo da linha de varredura, pois à medida que entrou na floresta o padrão da imagem começou a ficar com uma intensidade de coloração maior, que indica um alto teor de umidade na área reflorestada, essa característica pode estar associada a um gradiente do relevo, aonde a área de reflorestada apresenta uma área mais baixa, e que devido à varredura ter sido feita no outono, pode estar favorecendo uma menor evapotranspiração do eucalipto.

O nível freático dessa varredura no radargrama ficou 50 cm mais baixo em comparação à primeira (Figura 24), portanto dependendo da escala temporal, pode-se encontrar um lençol mais superficial ou mais profundo.

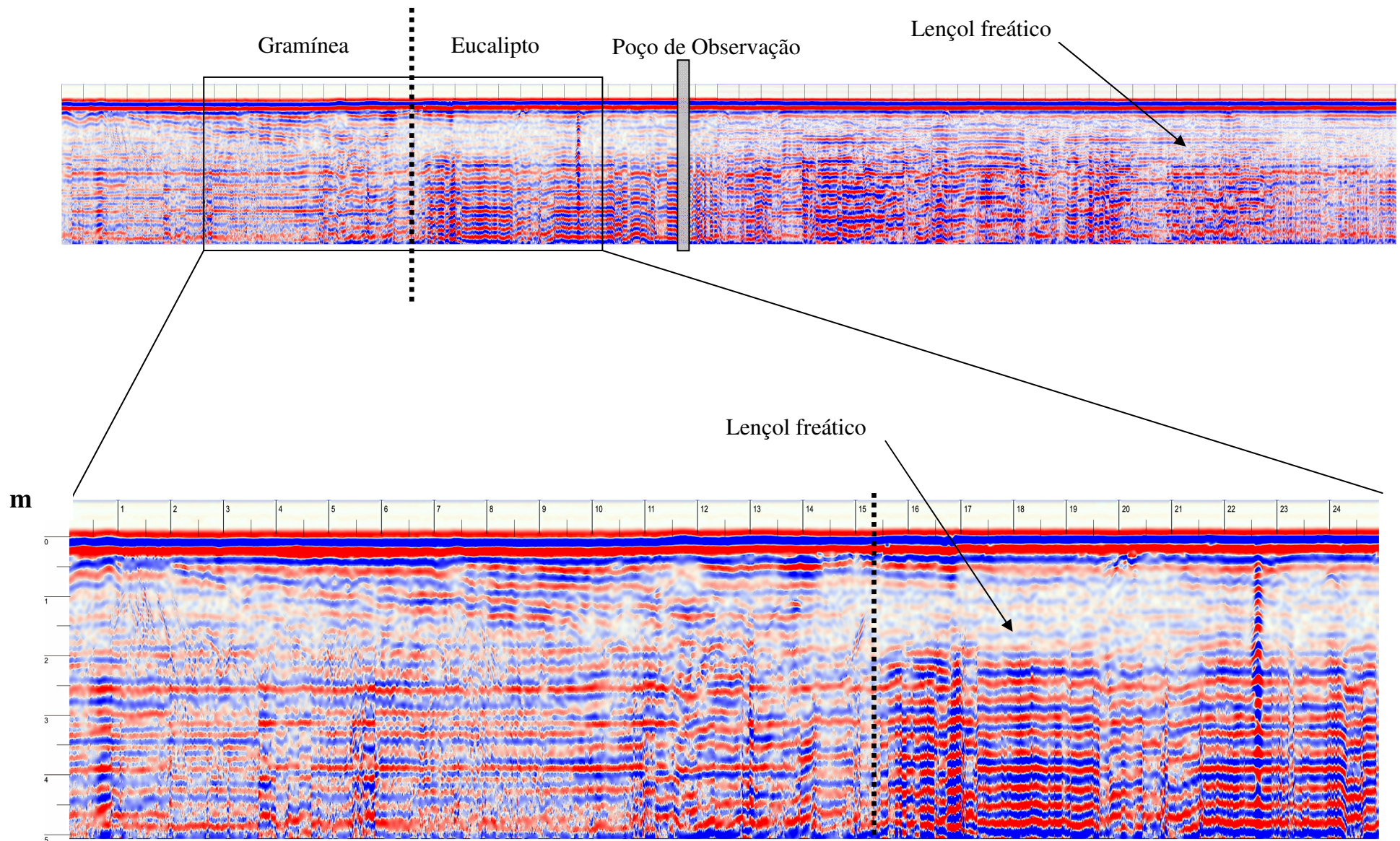


Figura 23: Radargrama da segunda varredura da área de transição entre a gramínea e a floresta de eucalipto

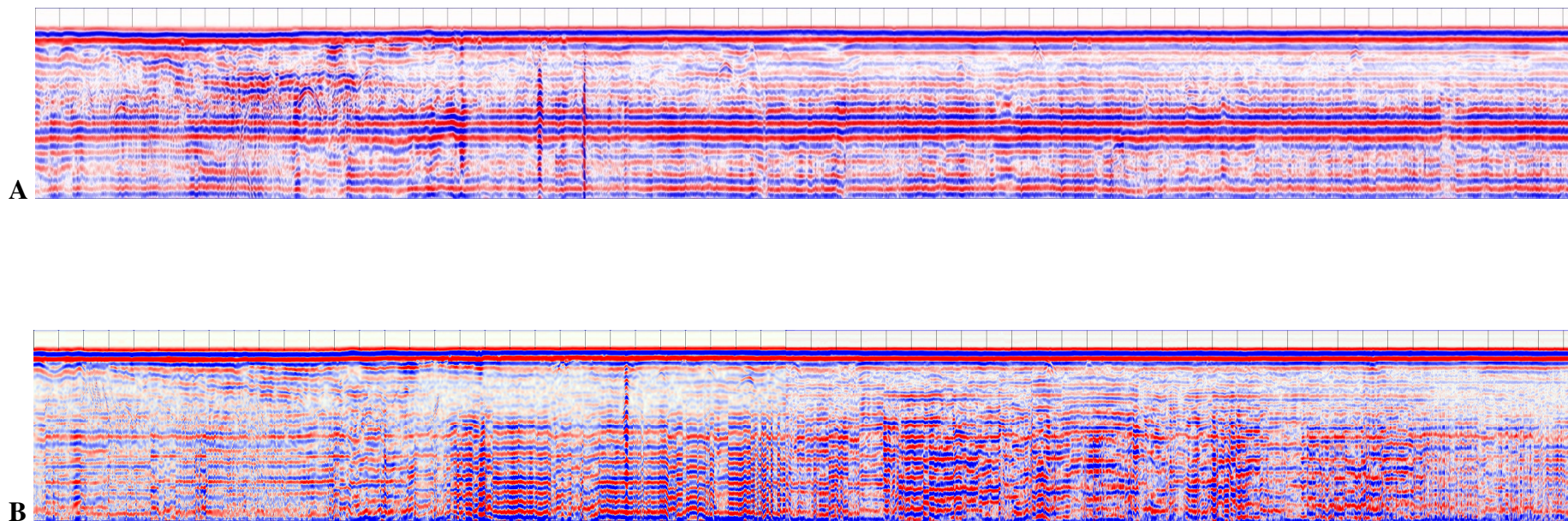


Figura 24: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área de transição gramínea e a de floresta eucalipto

5.4.1 Área de transição entre gramínea e floresta Mista

O fragmento florestal localizado ao lado do Instituto de Florestas da UFRRJ (Figura 25) apresenta espécies nativas e exóticas, bem adensadas e com sub-bosque. A função principal dessa floresta é para fins didáticos, sendo usado principalmente pelos graduandos do curso de Engenharia Florestal. Segundo alguns relatos de funcionários da universidade, antigamente na área havia um plantio de eucalipto que foi cortado e mata cresceu espontaneamente. Algumas espécies foram plantadas por professores e alunos do próprio Instituto.

O solo foi amostrado até a profundidade de 180 cm e apresentou vestígios de mosqueamento no perfil que indicasse a variação do lençol freático até as camadas superficiais em alguma época do ano. Foi classificado como Gleissolo Háptico (Figura 26). Sua textura foi predominante franco-argilo-arenosa (Tabela 5). Logo após a linha de varredura foi possível observar uma área alagada, o que indica a ineficiência do solo em relação a sua capacidade de infiltração.



FIGURA 25: Área de Transição entre Pastagem e a Floresta Mista

Tabela 5: Resultados da análise física do solo amostrado

Gramínea e Floresta Mista					
Horizonte	Profund. (cm)	Areia	Silte	Argila	Textura
		-----%-----			
A1	0-10	46	21	33	Franco Argilo Arenosa
A2	10 - 40	46	21	33	Franco Argilo Arenosa
Cg1	40 -100	54	15	31	Franco Argilo Arenosa
Cg2	100 - 180	56	12	32	Franco Argilo Arenosa



FIGURA 26: Perfil Gleissolo Háplico

Nessa área foram coletados pontos de controle com seguintes coordenadas UTM: 23K E 633806m e N 748286m (início); 23K E 633802m e N 7482853m (transição); 23K E 633750m e N 7482792 m (final).

5.4.2 Análise Radagramétrica da Área com Pastagem e Floresta Mista

Ficou evidenciado nos radargramas que o lençol freático está presente em diferentes níveis. No primeiro radargrama (Figura 27) existe uma linha tabular mais clara e superficial, com aproximadamente 1 metro de profundidade que ao entrar na área de mata fica menos intensa. A outra linha com traços mais fortes encontra-se a cerca de 2 metros de profundidade. De forma geral, observa-se uma zona mais úmida na área com pastagem. Essa diferença pode ter sido ocasionada pela presença da mata, que como maior potencial de evapotranspiração pode estar consumindo uma quantidade maior de água do que a área com gramínea. Essa possibilidade é reforçada pela presença de um trecho de maior umidade no final da linha, ocasionada pela presença de um pequeno corpo hídrico superficial a 3 metros de distância.

Um fator importante observado nos radargrama foi à mudança na reflexão devido a áreas com maior concentração de sistemas radiculares, percebendo ainda que quanto maior a raiz e mais superficial, maior era sua influência na umidade do solo e na presença de hipérboles.

È possível observar que em algumas regiões o aumento na atenuação do sinal evidenciando uma zona onde o substrato é mais condutivo. Na área da mata, ocorre uma variação no sinal, apresentando um padrão caótico de reflexões e com distintas profundidades de penetração ao longo do perfil, que evidencia as heterogeneidades das características físicas do substrato.

A primeira varredura ocorreu em setembro de 2008, porém nessa área a precipitação acumulada dos últimos sete dias foi nula. Isso pode ter influenciado o nível freático, para que esse pudesse estar no nível mais baixo. Seria de grande relevância a existência de poço de observação, porém até esse momento assim como que aconteceu nas outras áreas, ainda não existia.

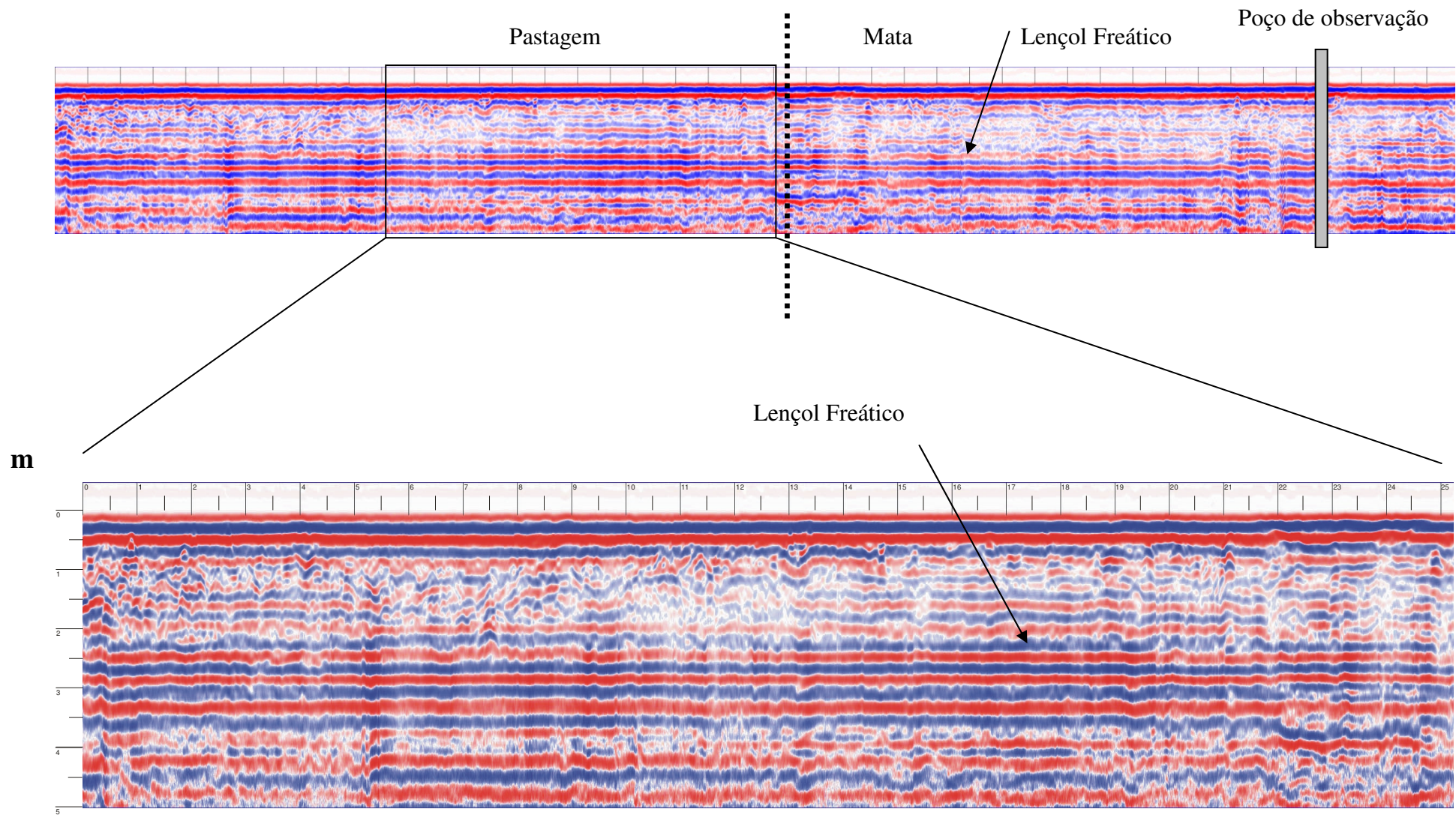


Figura 27: Radagrama da primeira varredura da área transição entre gramínea e a floresta mista

A segunda varredura nessa área ocorreu no dia 25 de maio de 2009, assim como ocorridos em outras áreas, foi possível comparar o nível freático apresentado no radargrama com o coletado no momento da passagem pelo poço de observação. Segundo dados coletados pela Estação Ecologia Agrícola (INMET) – Seropédica, a precipitação acumulada dos últimos sete dias foi de 2,8 mm, o que contribui muito pouco para recarga do nível freático.

O radargrama dessa passagem (Figura 28) mostrou o refletor tabular contínuo entre 2 m e 2,5 m, o que foi comprovado com poço de observação, que no momento da varredura apresentou uma leitura de 2,15 m. Essa segunda varredura apresentou um rebaixamento do lençol de aproximadamente 50 cm quando comparada com a primeira varredura (figura 29) realizada em setembro de 2008. Na área da mata pode ainda ser observada uma zona mais clara que na pastagem, indicando menor umidade devido a maior evapotranspiração dessa cobertura do solo.

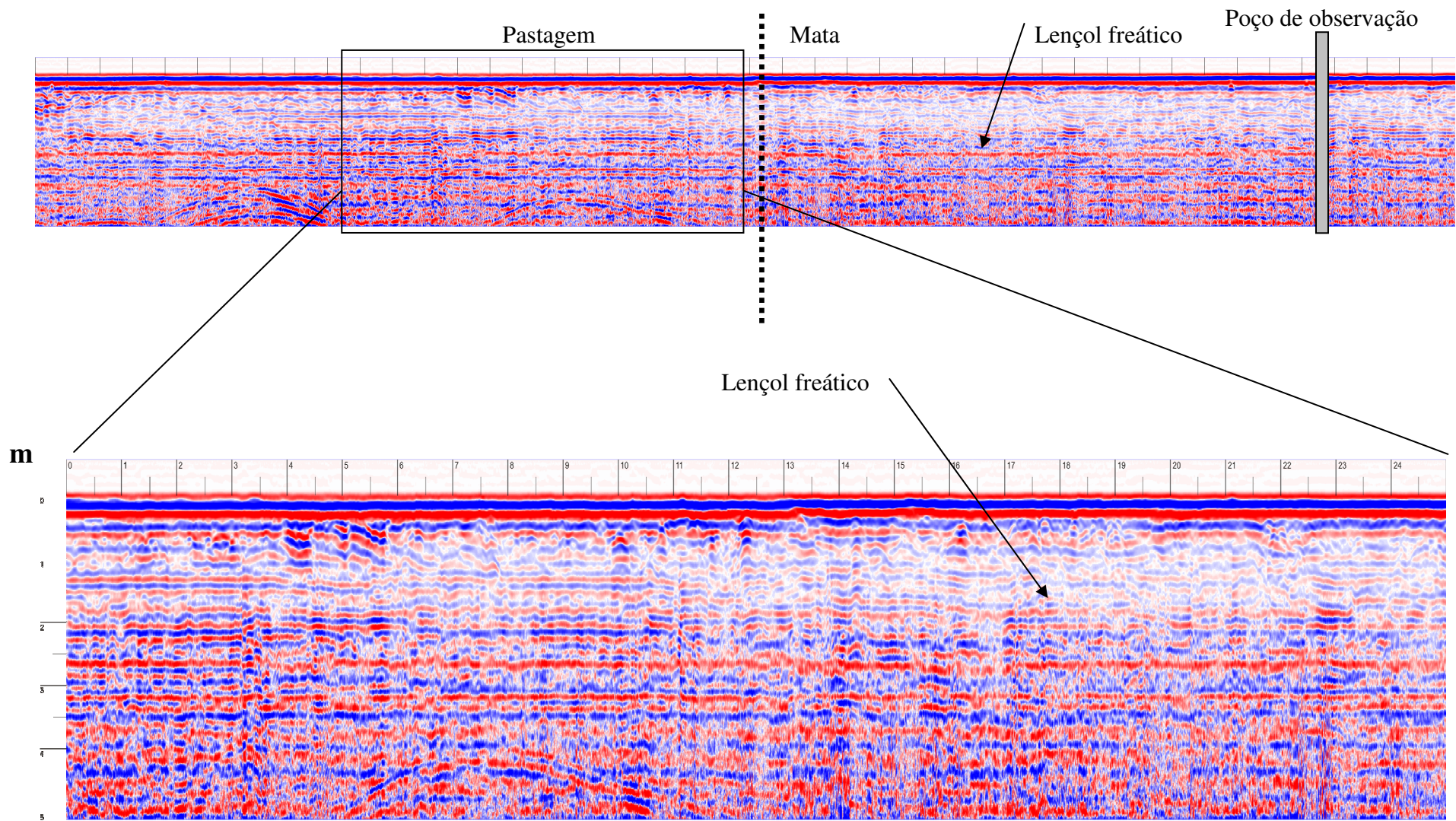
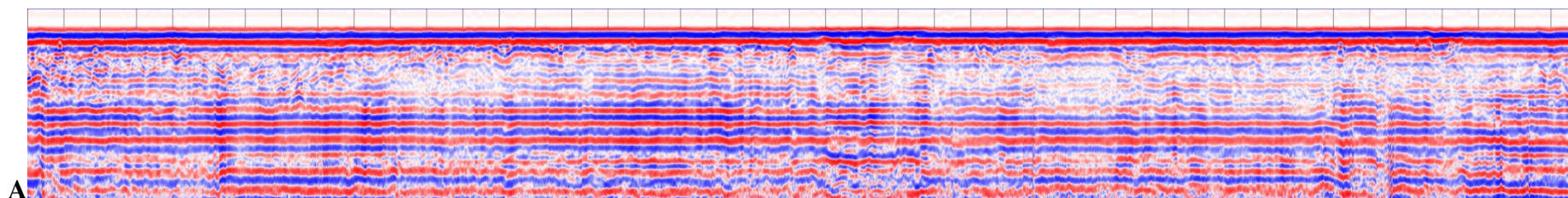
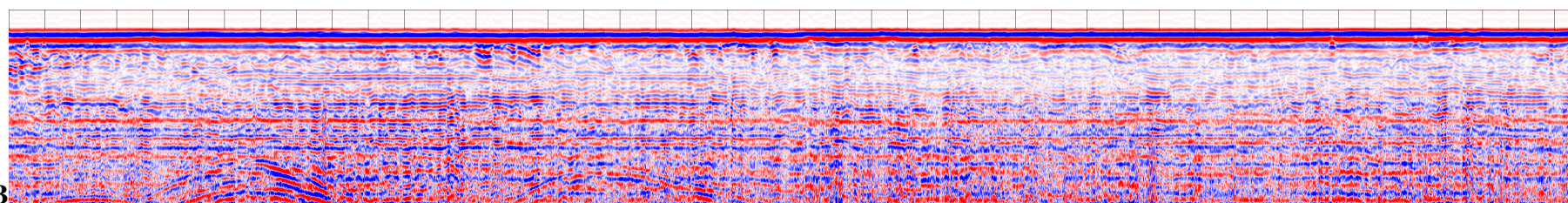


Figura 28: Radargrama da segunda varredura da área de transição entre gramínea e floresta mista



A



B

Figura 29: Comparação dos radargramas da primeira (A) e segunda (B) varredura na área de transição gramínea e a de floresta mista

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que nas áreas de plantio de goiabeira e grama o que influenciou a profundidade do lençol freático foi à proximidade com a calha do rio Macacu. Já na área com o eucalipto, o fator determinante foi o relevo, onde a presença de um setor abaciado permitiu um maior acúmulo de umidade. Apenas na área de mata nativa a umidade do solo foi influenciada claramente pelo tipo de uso, sendo que ela diminuiu quando comparada com a cobertura de gramínea. A época do ano, se mais chuvoso ou seco, influenciou diretamente na profundidade do lençol freático. Foi possível determinar a presença de raízes das espécies arbóreas, representada com padrões hiperbólicos distintos. O georadar foi eficiente na detecção do lençol freático nas condições estudadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERES JR. M. e HAENI, F. P. Application of ground - penetrating - radar ethods in National Working Group for the IGCP Project, Ground Water. v.29, n.3, p.375-386, 1991.

BOEZIO M. N. M.; COSTA J. F. C. L.; KOPPE J. C. Mapeamento de Nível Freático Utilizando Leituras Piezométricas e da Topografia Como Informação Secundária, Mina do Trevo, Siderópolis, SC, 2003.

BREWSTER, M.L., ANNAN, A.P., GREENHOUSE, J.P., KUEPER, B.H., OLHOEFT, G.R., REDMAN, J.D. AND SANDER, K.A. Observed migration of a Controlled DNAPL Release by Geophysical Methods. Ground Water, v. 33, n. 6, p. 977-987, 1995.

BROUYÈRE, S.; DASSARGUES, A.; HALLET, V. Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: A field investigation. Journal of Contaminant Hydrology, v.72, n.1, p.135-164, 2004.

COELHO M. C.; SOUZA L. A.; TORRES R. B.; PEREIRA S. Y.; GUADALUME G. W. Recuperação ambiental, Participação do Poder Público: Uma Experiência em Campinas. Nível Freático Influenciado pela vegetação nativa e solos em fragmentos de duas formações vegetais na bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas, SP, p.144 -173. 2006.

CRUCIANI. D. E. A drenagem na agricultura. São Paulo: Nobel, 4ª Ed., 1987, 337p

DANIELS J.J; ROBERTS R.; VNDEL M. Ground Penetration Radar for the diction of liquids contaminants. Jounal of Applied Geophysics, v.33: p.95-207, 1994.

DAVIS J.L.; ANNAN A.P. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting, p. 531–551. 1989.

DOOLITTLEA, J.A.; JENKINSONB, B.; HOPKINSC, D.; ULMERD, M.; TUTTLE, W. Hydropedological investigations with ground-penetrating radar (GPR): Estimating water-table depths and local ground-water flow pattern in areas of coarse-textured soils. *Geoderma*, v.131, p. 317-329, 2006.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília; Rio de Janeiro: 2006, 306 p.

FAPUR – FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA DA UNIVERSIDADE RURAL. Problemas de Drenagem do COMPERJ, Novembro de 2006, p 21-31.

FISHER, E., MCMECHAN, G. A. e ANNAN, A. P. Acquisition and Processing of Wideaperture Ground-Penetrating Radar Data. *Geophysics*. 57(3): 1992, p.495-504.

FRANCELINO, M.R.; LANI, J.L.; FIRME SÁ, M.M.; ARANHA, P.R.A.; VILARINHO, E.S. Estudo do lençol freático utilizando radar de penetração do solo. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal, 2007.

GANDOLFO, O. C. B.; SOUZA, L. A. P.; TESSLER, M. G. e RODRIGUES, M. Estratigrafia Rasa da Ilha Comprida (SP): Um Exemplo de Aplicação do GPR. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.19, n.3, p.251-262. 2001.

GLÓRIA, K. S. Metodologias Alternativas para Detecção e Localização de Vazamentos Bol. téc. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 45, n.2, p.114-126, 2002.

INSTITUTO BAÍA DE GUANABARA. Nossos Rios. A Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. Niterói, RJ. 2002.

IPEF – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. Fibra. *Jornal da Cenibra*, n. 217, 2003

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, México, p.479, 1948.

LANI, J.L.; FRANCELINO, M.R.; ARANHA, P.; ROSADO, V.B.; VILARINHO, E. Uso de GPR na identificação da profundidade do lençol freático e na mudança textural. *Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. 2005.

MARCELINO, T. H., SHIRAIWA, S, BORGES, W. R., FILHO, N. P., RAITER, F. GPR para a verificação do nível d'água subterrânea em transição Floresta Amazônica e Cerrado. *Acta Amazônica*, v. 35, n. 3, p.367-374, 2005.

MATTOS, C.C.L.; SILVA, M.A.R.; OLIVEIRA, M.N. COMBAT, I.B. Boletim Agrometeorológico. Floresta e Ambiente, v.5, n.1, p.208-215, 1998.

MOHAMOUD, Y.M.; EWING, L.K.; BOAST, C.W. Small plot hydrology: I. Rainfall infiltration and depression storage determination. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.33, n.4, p.1121-1131, 1990.

OLIVEIRA, A. M. dos S. E BRITO, S.N. A Geologia de Engenharia. ABGE, SP, 1998, 166 p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos no Brasil: guia auxiliar para o seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 1992, 201 p.

PINHEIRO, L.B.A.; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G. & DUARTE, S.T. 2000. Avaliação da aptidão agrícola para uso florestal. Floresta e Ambiente, v.7, n. 1, p. 54-59.

POGGIANI, F. Ecologia e Reflorestamento. Circular Técnica IPEF, n. 61, p.1-12, 1979.

PORSANI, J. L.; ELIS, V. R.; HODO, F. Y. Geophysical investigations for the characterization of fractured rock aquifers in Itu, SE – Brazil. Journal of Applied Geophysics. v. 57, p.119-128, 2005.

REYNOLDS J.M. Instructions to applied and environmental geophysics. Chinchester: John Wiley & Sons, p. 682-745, 1997.

ROCHA P. L. F. Aplicações de Técnicas Geofísicas na Parte Emersa da Baía de Guanabara: uma Revisão Bibliográfica. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ v.26, p. 117-120, 2003

RODRIGUES S.; PORSANI J.L. Utilização do GPR para caracterizar tambores plásticos enterrados no sítio controlado de geofísica rasa do IAG/USP. Revista brasileira de geofísica. v. 24, n.2, p.1-12, 2006.

SANSONOWSKI R.C. A Modelagem Numérica Como Instrumento de Apoio à Avaliação Ambiental. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Campinas, Campinas-SP. 2003.

SANTOS L. A. F; LIMA J. P. C.; Potencial de Uso Público da Floresta Nacional, Floresta e Ambiente. . v.6, n. 1, p.23 - 37, 1999.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C. & ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005, 100 p.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso da Vinhaça E Impactos nas Propriedades do Solo e Lençol Freático. Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental. v.11 n.1, 2007.

SOARES J. P. O Ciclo Hidrológico em Plantações de Eucalipto, INPE- Papel da Floresta no Ciclo Hidrológico da bacia, Primeiro Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul - Serhidro-Ps 2007.

VIOLETTE, P. Surface Geophysical Techniques for Aquifers and Wellhead Protection Area Delineation. Report No. EPA/440/12-87/016. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water Protection, Washington, DC. 1987, p. 63.

ANEXO 1

PERFIL Nº: 01

Classificação: Neossolo Flúvico Psmítico (Arénico)

Localização: coord. UTM: Zona 23K 738753 E 7508045 N, Sítio do Gilberto Cachoeiras de Macacu
- RJ

Situação e declive: Trincheira Aberta Terraço Fluvial, Plana.

Altitude: 20 m

Litologia/Geologia: Quaternária

Material de origem: Sedimentos Aluvionários

Uso atual: Cultivo de Goiaba

Vegetação primária: Floresta Tropical Perenefolha

Drenagem: Fortemente drenado

Erosão: Não aparente

Relevo: Plano

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Raízes: Poucas, medias no Ap, raras e finas no AC e no topo do C1.

Observações: Perfil descrito moderadamente úmido e presença de minhocas no Ap.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 – 15 cm; Silto argilosa, blocos pequenos sub-angular, fraco, e se desfaz granular, moderadamente plástica e não pegajoso.

AC 15 – 21 cm; Areia siltosa, bruno, muita matéria prima, transição plana e abrupta, granular, friável não plástica e não pegajosa.

C1 21 – 90 cm; Areia fina, friável, mosqueado fraco brunado, transição, não plástica e não pegajosa.

C2 90 – 150 cm; Areia, siltosa matéria prima, areia fina friável, não plástica e pegajoso.

ANEXO 2

PERFIL N°: 02

Classificação: Neossolo Flúvico Psmítico

Localização: coord. UTM: Zona 23 K 737261 E 7505152 N, Rio Grass, Cachoereras de Macacu - RJ

Situação e declive: Terraço Fluvial

Altitude: 22 m

Litologia/Geologia: Quaternária

Material de origem: Sedimentos Aluvionários

Uso atual: Cultivo de grama

Vegetação primária: Floresta Tropical Perenefolha

Drenagem: Fortemente drenado

Erosão: Não aparente

Relevo: Plano

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Raízes: Ap poucas e medias, raras no C1.

Observações: Perfil descrito moderadamente úmido.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 – 37 cm; Silto argiloso, blocos pequenos, médio, fraco e desfaz angular, moderadamente plástico, não pegajoso, ondulada abrupta.

AC 37 – 68 cm; Areno siltosa (areia fina), matéria prima, maciço, friável, não pegajoso, não plástico, transição ondulada gradual.

C1 68 – 120 cm; Silto arenoso, maciça, friável, não plástico e não pegajoso, transição ondulada gradual, mosqueamento fraco.

C2 120 – 140(+) cm; Silto arenoso, maciça, friável, não plástico e não pegajoso, transição ondulada gradual, mosqueamento médio.

ANEXO 3

PERFIL Nº 3

Classificação: Planossolo Gleico, A Fraco.

Localização: Floresta Nacional Mario Xavier- Seropédica/RJ

Situação e declive: Trincheira Aberta Em Campo de Eucalipto, Relevo Plano.

Altitude: 35 m

Litologia/Geologia: Sedimentos Aluvionais do quartenário

Material de origem:

Uso atual:Eucalipto

Relevo local: Plano

Relevo reg.: Plano

Vegetação primária: Floresta Tropical Subperenifólia

Drenagem: Mal drenado

Erosão: Não aparente

Relevo: Plano

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade:Não rochosa

Raízes: Médias e Finas, comum no horizonte Ap, finas e raras no horizonte B1 e B2

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 – 15 cm: Cor 2,5 Y 4/1, Textura arenosa, maciça, não plástica, não pegajosa, transição ondulada abrupta;

AB 15 – 30 cm: Cor 2,5 Y 4/2, Textura arenosa, maciça, não plástica, não pegajosa, transição ondulada abrupta, Camada mais endurecida;

B1 30 – 50 cm: Cor 2,5 Y 4/3, Textura arenosa, grãos grandes, maciça, mosqueado pequeno e fraco, não plástico, não pegajoso, transição plana e difusa;

B2 50 – 65(+) cm: Cor 2,5 Y 5/4, Textura areno-siltosa, maciça, mosqueado comum e médio, não plástico, não pegajoso;

ANEXO 4

PERFIL Nº 04

Classificação: GLEISSOLO HÁPLICO a moderado textura média fase floresta subperinifólia relevo plano.

Localização: Coord. UTM: Fuso 23K 633763,750 E 7482781,500 N, Área de mata ao lado do Instituto de Florestas da UFRRJ.

Situação e declive: Trincheira aberta em área de floresta com relevo plano.

Altitude: 30 m.

Geologia: Sedimentos arenosos e argilosos do Quaternário.

Material de origem: Produto da alteração do material supracitado.

Uso atual: Reflorestamento com mata nativa.

Vegetação primária:

Drenagem: Imperfeitamente drenado.

Erosão: Não aparente.

Relevo: Plano

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

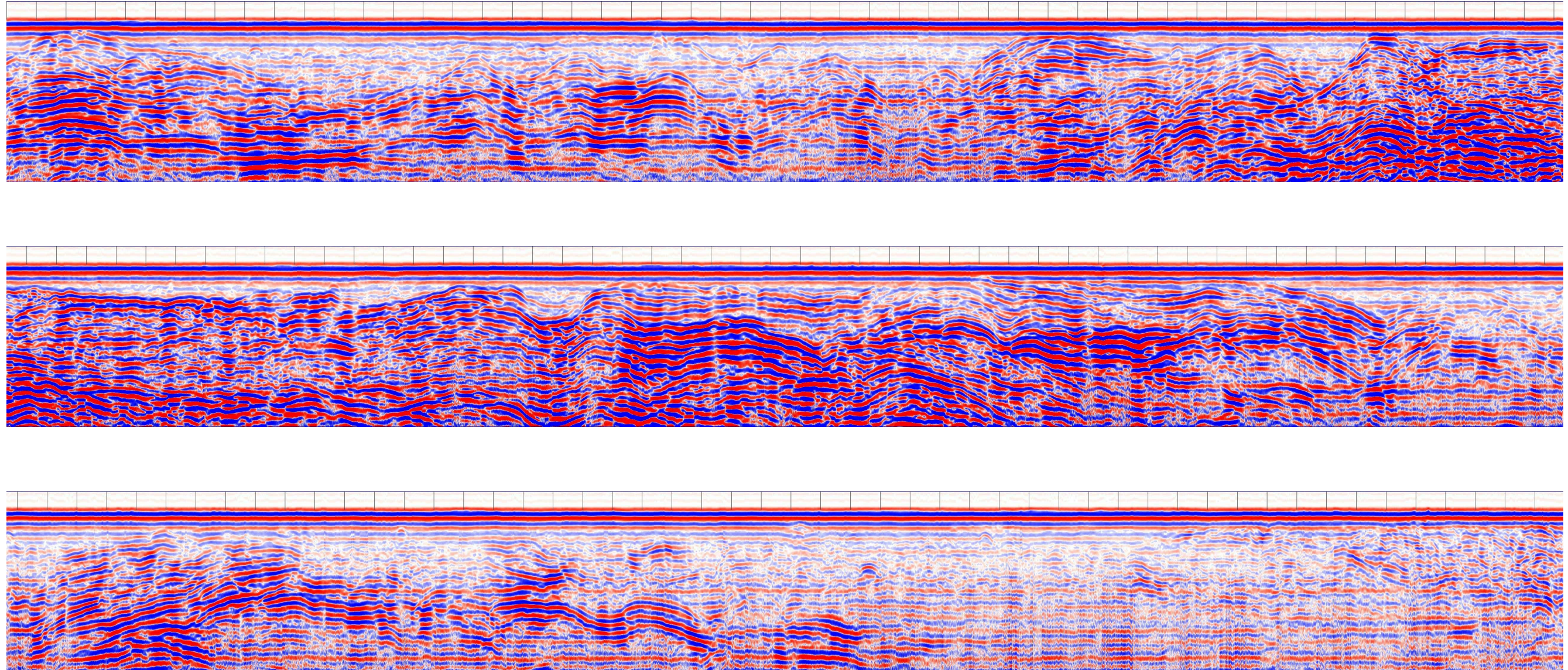
A1 0-10 cm; franco argilo arenosa; bloco subangular pequeno forte com aspecto de maciça muito pouco coesa; macia solta, não plástica e não pegajosa, transição plana e gradual.

A2 10-40 cm; franco argilo arenosa; maciça; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajosa; transição difusa

Cg1 40-100 cm; franco argilo arenosa; maciça, plástica e pegajosa; transição gradual

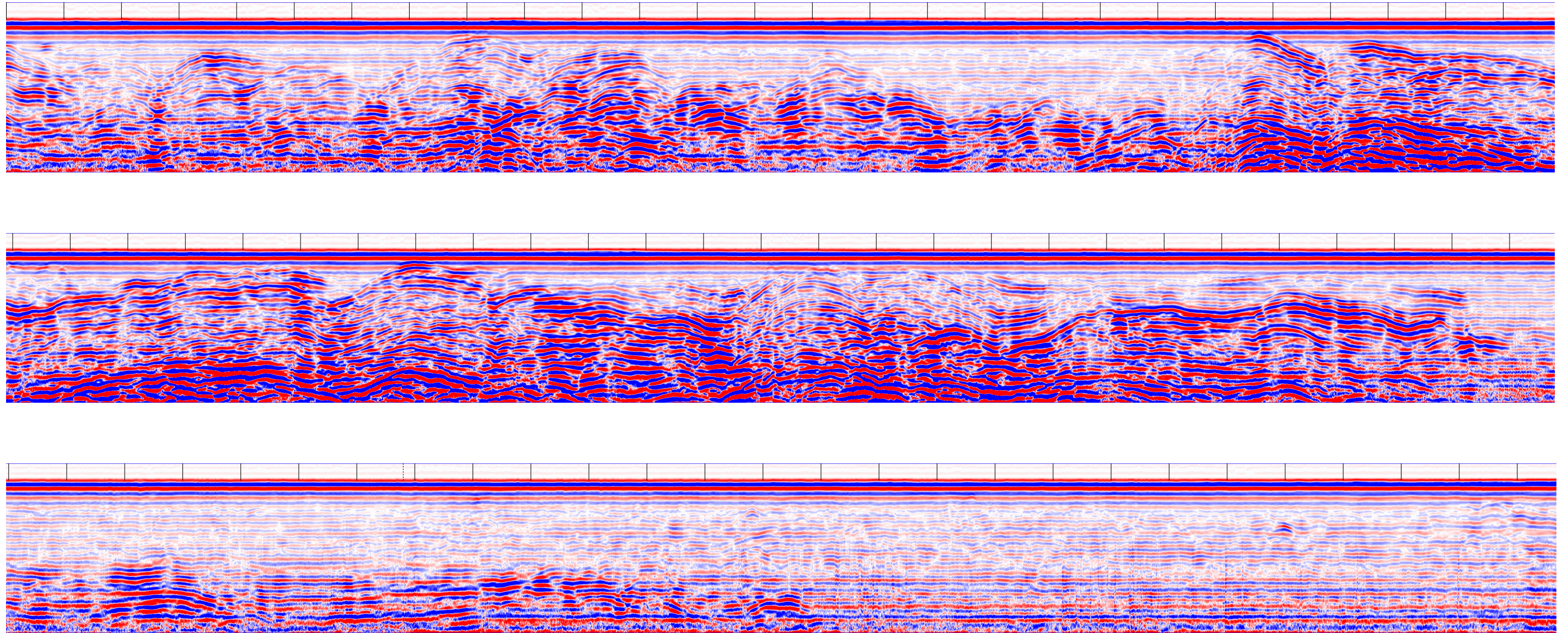
Cg 2100-180cm+ Observado através de trado

ANEXO 5



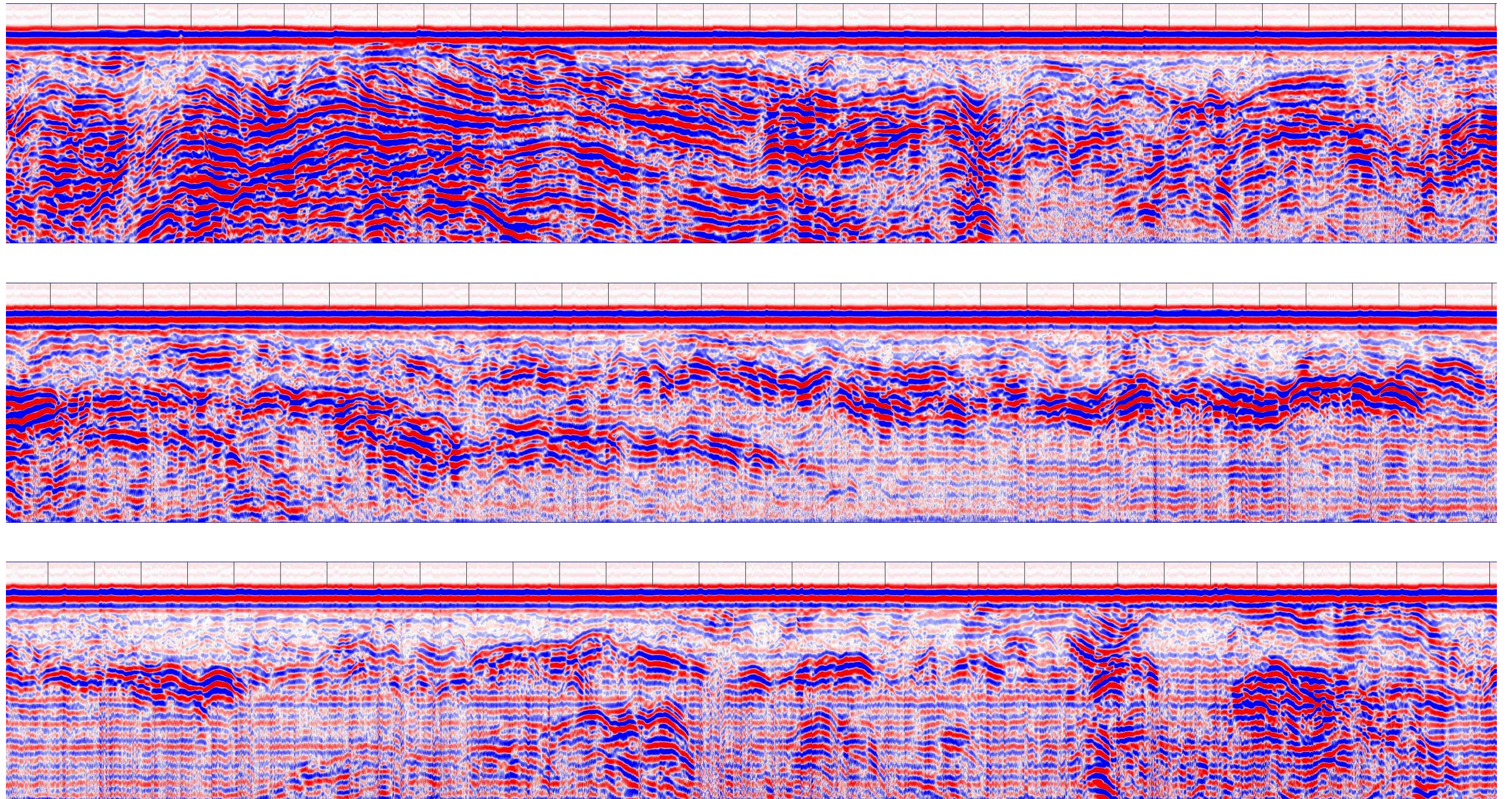
Radargrama completo da primeira varredura da área com goiaba.

ANEXO 6



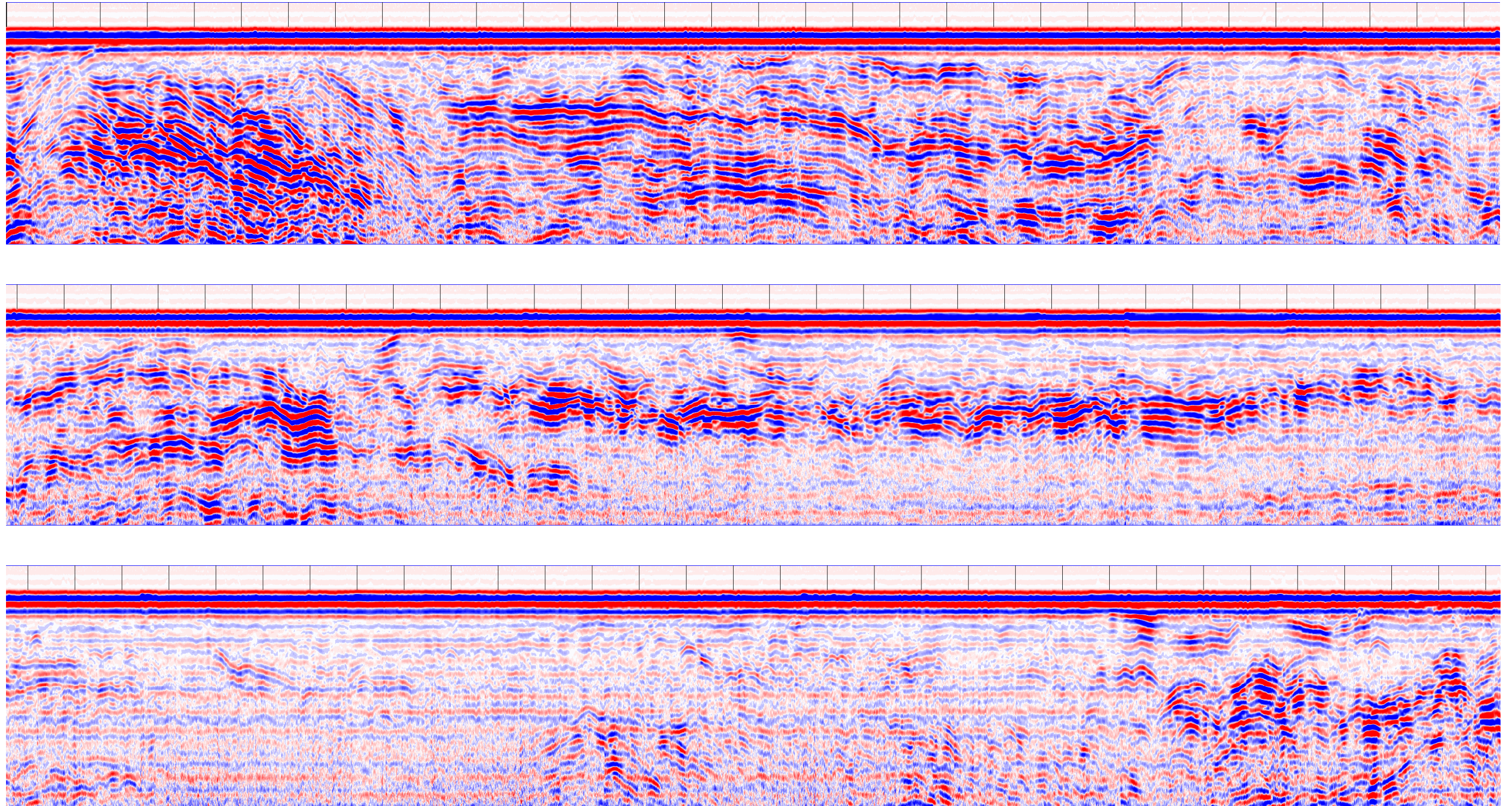
Radargrama completo da segunda varredura na área de goiaba.

ANEXO 7



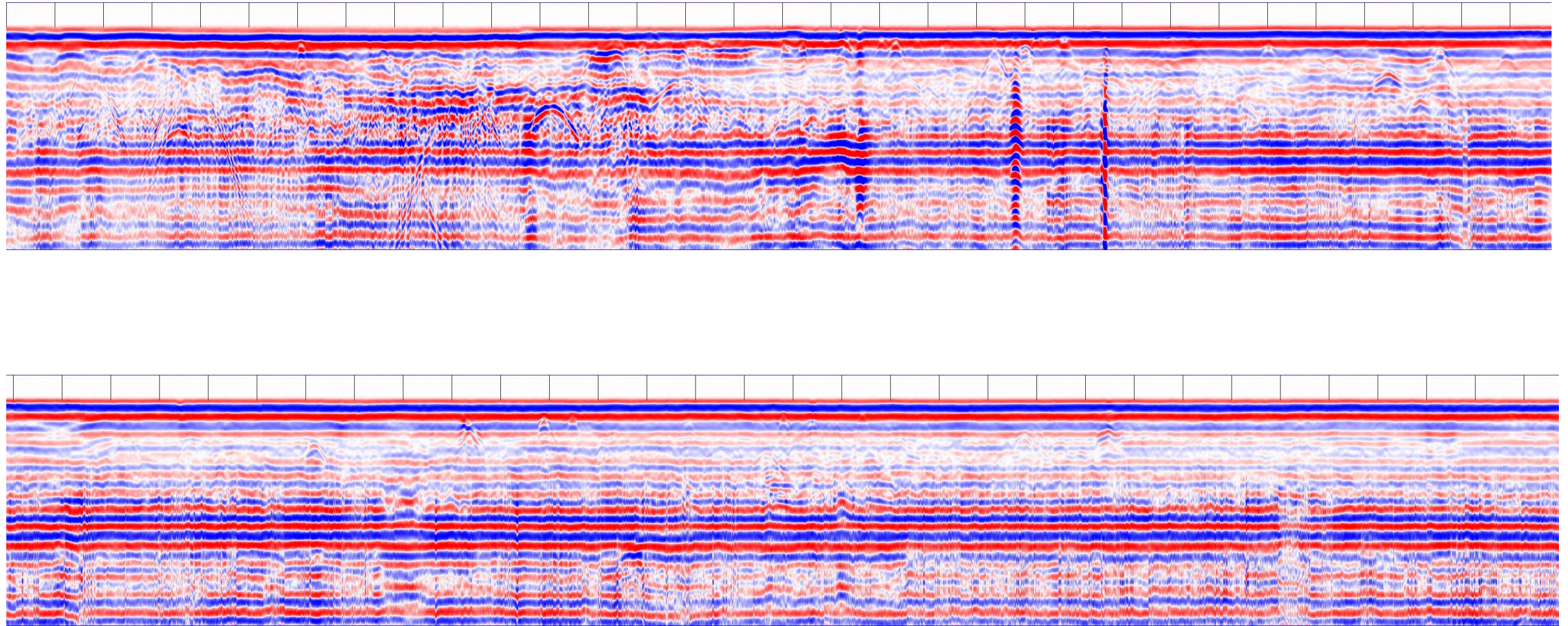
Radargrama completo da primeira varredura na área de gramínea.

ANEXO 8



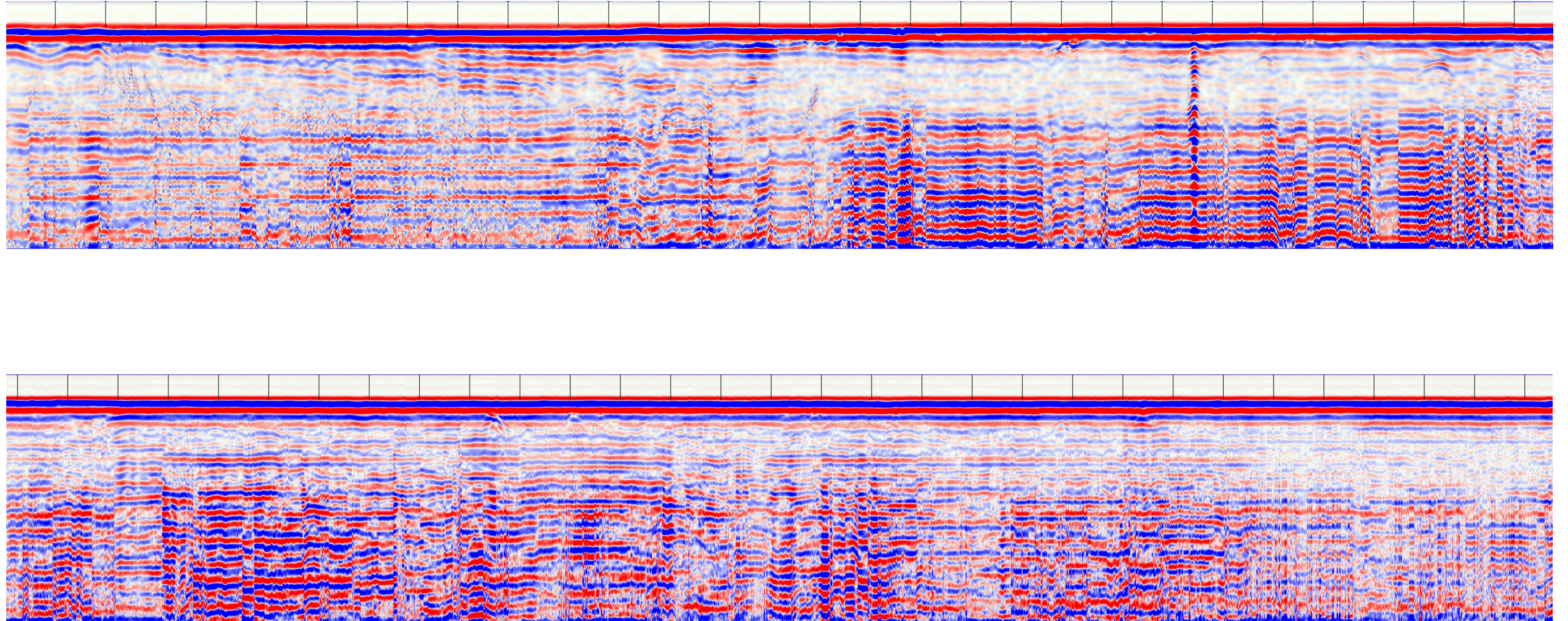
Radargrama completo da segunda varredura na área de gramínea

ANEXO 9



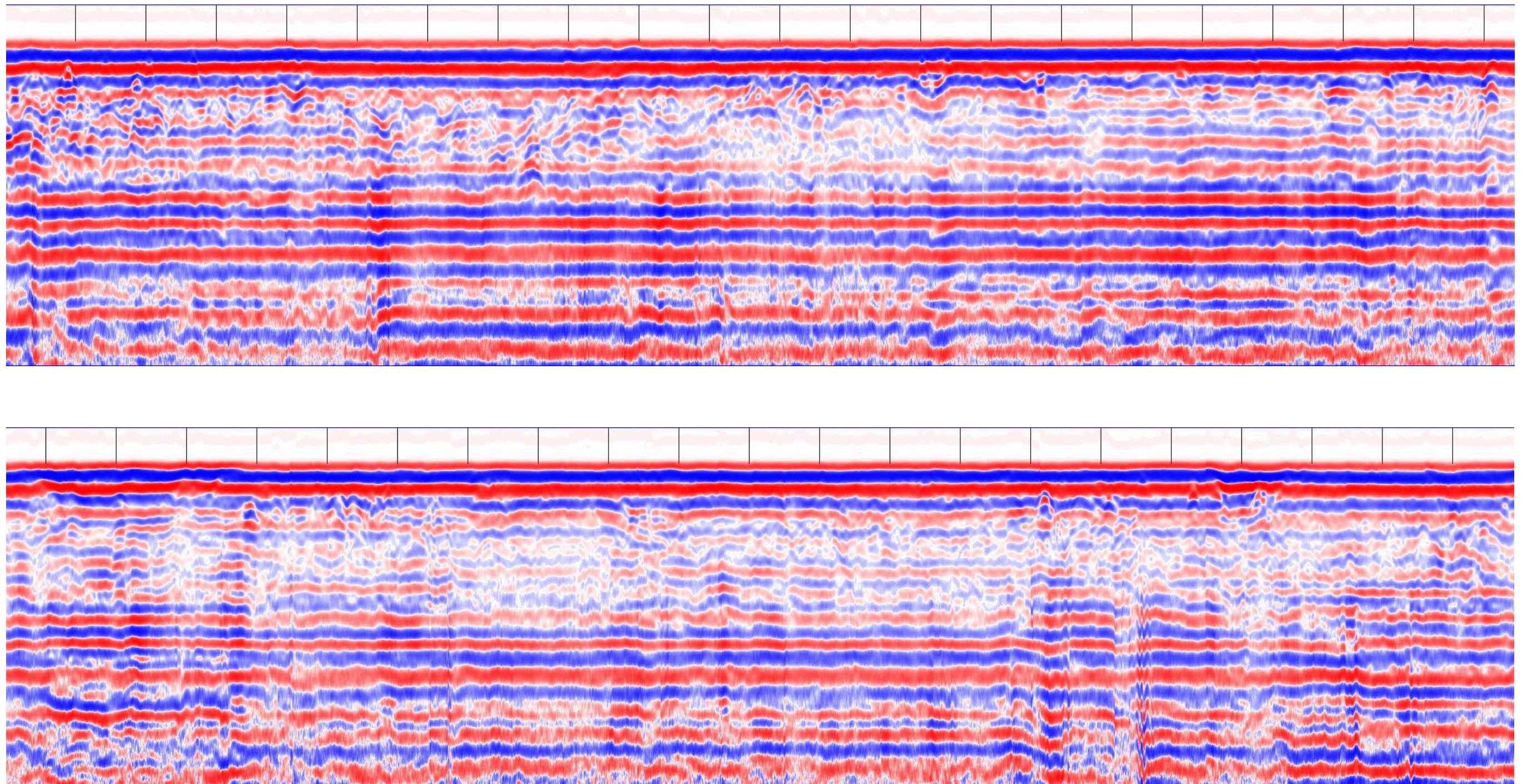
Radargrama completo da primeira varredura na área de transição entre gramínea e floresta com eucalipto.

ANEXO 10



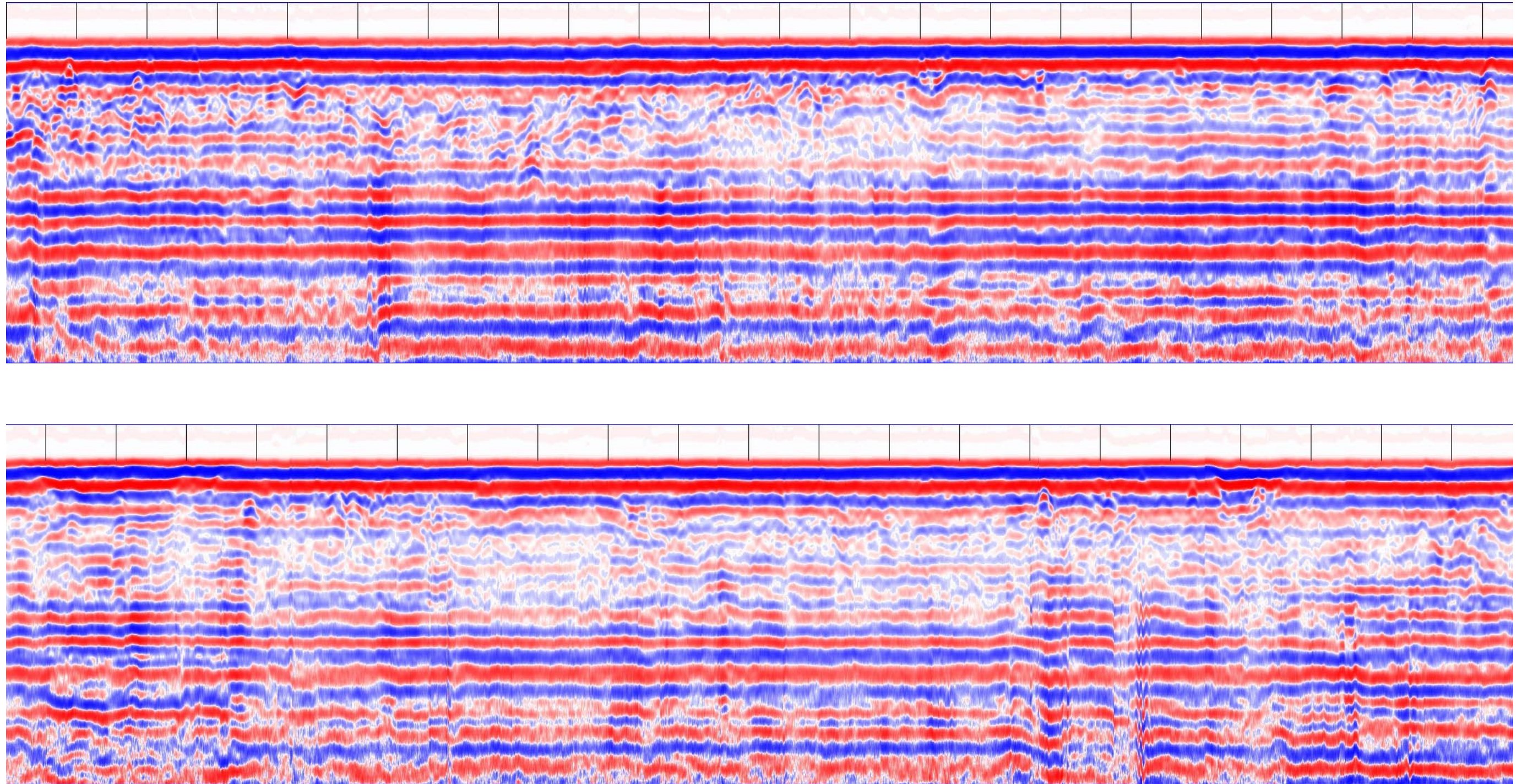
Radargrama completo da segunda varredura na área de transição entre gramínea e floresta com eucalipto.

ANEXO 11



Radargrama completo da primeira varredura na área de transição entre gramínea e floresta nativa

ANEXO 12



Radargrama completo da segunda varredura na área de transição entre gramínea e floresta nativa