



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

**ESTUDO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREAS
COM DIFERENTES USOS DO SOLO UTILIZANDO GEORADAR**

MARIANA MÉDICE FIRME SÁ

Sob orientação do professor

MÁRCIO ROCHA FRANCELINO

Seropédica, Rio de Janeiro
2007

MARIANA MÉDICE FIRME SÁ

**ESTUDO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREAS
COM DIFERENTES USOS DO SOLO UTILIZANDO GEORADAR**

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, RJ.
Agosto de 2007

ESTUDO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO EM ÁREAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO UTILIZANDO GEORADAR

MARIANA MÉDICE FIRME SÁ

APROVADA EM: 20 / 08 / 2007.

Banca Examinadora:

Prof. Márcio Rocha Francelino

DS / IF / UFRRJ

(Orientador)

Prof. Ricardo Valcarcel

DCA / IF / UFRRJ

Prof. Carlos Rodrigues Pereira

DCA / IF / UFRRJ

RESUMO

Interesses recentes em modelagem hidrológica do solo têm ampliado a necessidade de informações sobre a profundidade e movimento da água do solo na paisagem em diferentes escalas espaciais e temporais. Atualmente, dados sobre profundidade do lençol freático são coletadas principalmente a partir do uso de poços de observações. Entretanto, essas técnicas fornecem informações pontuais, o que limita uma análise em áreas de solos de padrões complexos e contrastantes, relevo acidentado e de material não homogêneo ou anisotrópico. A profundidade do lençol freático influi indiretamente no crescimento vegetal, pois pode auxiliar no condicionamento da umidade do perfil, das condições de aeração e nas propriedades térmicas do solo. O tipo de cobertura vegetal também exerce forte influência na dinâmica do lençol freático, tanto auxiliando na infiltração, favorecendo a recarga do mesmo, como de perda através da evapotranspiração. Existem diversos métodos para estudar a dinâmica do lençol freático, dentre eles, o radar de penetração no solo (Ground Penetration Radar – GPR) ou georadar, que ainda é pouco utilizado no Brasil para estudos dessa natureza, sendo mais aplicado em estudos geofísicos. Esse trabalho teve como objetivo estudar a profundidade do lençol freático na presença de diferentes usos do solo utilizando radar de penetração do solo (GPR) e avaliar a resposta do aparelho em função do tipo de solo utilizado. A escolha das áreas amostrais foi possível através da interpretação de imagens do Google Earth, obtidas em junho de 2007. A interpretação das imagens buscou reconhecer o tipo de uso do solo e áreas de transição entre as classes consideradas para este estudo. Foram avaliadas duas áreas de transição de tipo de uso do solo, sendo as seguintes transições: Pastagem X Eucalipto e Pastagem X Floresta nativa. Em cada uma das áreas foram percorridos três transectos de aproximadamente 40 metros de comprimento por 1 metro de largura, sempre utilizando faixas de transição de classes de uso do solo. O lençol freático ficou bem evidenciado em todos os radargramas, representado por um refletor forte, contínuo e subhorizontal. De forma geral não foi observado alteração na profundidade do lençol freático em função ao uso do solo, apenas mudanças do refletor indicando prováveis zonas de maior umidade em camadas mais superficiais nas áreas ocupadas por floresta. O equipamento também foi eficiente em indicar a profundidade efetiva do solo, diferenciando os horizontes superficiais em relação às camadas regolíticas.

ABSTRACT

Recent interests in hydrological modeling of the ground have extended the necessity of information on the depth and movement of the water of the ground in the landscape in different space and secular scales. Currently, given on depth of the water level they are collected mainly from the use of wells of comments. However, those techniques supply punctual information, what limits an analysis in areas of soils of complex and contrasting patterns, relief accident victim and of material no homogeneous or anisotropic material. The depth of the water level influences indirectly influences indirectly on the vegetable growth, because it can aid in the conditioning of the humidity of the profile, of the aeration conditions and in the thermal properties of the soil. The type of vegetable covering also exercises strong influence in the dynamics of the water level, so much aiding in the infiltration, favoring the recharge of the same, as of loss through the evaporation tree. Diverse methods exist to study the dynamics of the water level, amongst them, the Ground Penetration Radar - GPR or to georadar, that is still little used in Brazil for studies of that nature, being more applied in geophysical studies. This work had as objective to study the depth of the water level in the presence of different uses of the ground being used radar of penetration of the ground (GPR) and to evaluate the reply of the device in function of the type of ground used. The choice of the areas you show was possible through the interpretation of images of the Google Earth, gotten in June of 2007. The interpretation of the images searched to recognize type of use of the ground and transistion areas enter the classrooms considered for this study. Two areas of transistion of type of use of the ground had been evaluated, being the following transistions: Pasture X Eucalipto and Pasture X native Forest. In each one of the areas three transectos of approximately 40 meters of length for 1 meter of width had been covered, always using bands of transistion of classrooms of use of the ground. The water level was evidenced in all the radargramas well, represented for a strong, continuous and subhorizontal reflector. Of general form alteration in the depth of the water level in function to the use of the ground was not observed, only changes of the reflector indicating probable more superficial in layers zones of bigger humidity in the busy areas for forest. The equipment also was efficient in indicating the depth accomplishes of the ground, differentiating horizons superficial in relation to the regolithics layers.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
SUMÁRIO	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. GPR	3
2.2. Nível do lençol freático	4
2.3. Influência do tipo de uso do solo na profundidade do lençol freático.....	5
2.4. Gleissolos	6
2.5. Planossolos	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1. Área de estudo e um breve histórico	7
3.2. Coleta de dados.....	8
3.2.1. Georadar	8
3.2.2. Solos	9
3.3. Processamento e interpretação dos radargramas	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1. Perfis.....	10
4.2. Interpretação dos radargramas.....	13
4.2.1. Área campo-floresta nativa.....	13
4.2.2. Área campo-floresta de eucaliptos	14
5. CONCLUSÕES.....	17
6. RECOMENDAÇÕES.....	17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
ANEXO A.....	22

1. INTRODUÇÃO

Interesses recentes em modelagem hidrológica do solo têm ampliado a necessidade de informações sobre a profundidade do lençol freático e do movimento da água no solo em diferentes escalas espaciais e temporais (LIN, 2003). A obtenção destas informações geralmente envolve um elevado custo e tempo de trabalho. Atualmente, dados sobre profundidade do lençol freático são coletadas, principalmente, a partir do uso de poços de observações (RICHARDSON *et al.*, 1992). Entretanto, essas técnicas fornecem informações pontuais, o que limita a análise em áreas de solo de padrões complexos e contrastantes, relevo acidentado e de material não homogêneo ou anisotrópico (DOOLITTLEA *et al.*, 2006). Nessas áreas é necessário um grande número de pontos de observação, o que encarece a investigação, ou são gerados modelos excessivamente simples e susceptíveis a erros (VIOLETTE, 1987).

A profundidade do lençol freático influi indiretamente no crescimento e no desenvolvimento vegetal, pois pode influenciar às condições de umidade do perfil, de aeração e propriedades térmicas do solo (CRUCIANI, 1980).

O rebaixamento do lençol freático, além do alcance das raízes das plantas, em decorrência de drenagem e, ou do prolongamento de secas sazonais, pode afetar fortemente as atividades agropecuárias. Para o sistema radicular das gramíneas, por exemplo, que atinge uma profundidade média de 20 cm, a altura do lençol freático deverá ser de no mínimo de 40 cm quando associado com irrigação superficial (por aspersão) (GALAGEDARA *et al.*, 2005). Por outro lado, a elevação do lençol freático, pode afetar grandes áreas e gerar prejuízos à agricultura e a outras atividades econômicas.

O tipo de cobertura vegetal exercer forte influência na dinâmica do lençol freático, tanto auxiliando na infiltração, favorecendo a recarga do mesmo, como uma forma de perda através da evapotranspiração. A presença de lençol freático próximo da superfície pode afetar o crescimento da planta, bem como esta pode contribuir para o rebaixamento do lençol. POGGIANI *et al.* (1998) utilizaram a profundidade do lençol freático como um indicador da sustentabilidade das plantações florestais e, para muitos ambientalistas, a monocultura do eucalipto ocasiona o rebaixamento do mesmo (PEREIRA, 2007).

Segundo ALMEIDA & SOARES (2003), ainda existe uma controvérsia histórica sobre o papel desempenhado pelo Eucalipto com relação ao uso e à disponibilidade de água das bacias onde são plantados. Sendo que, uma das justificativas mais freqüentemente utilizadas é que ele provoca o rápido secamento do solo. No entanto, WHITEHEAD & BEADLE (2004) publicaram revisão a respeito do consumo de água do eucalipto, onde uma das suas principais conclusões foi que o consumo de água pelo eucalipto era similar, por unidade de biomassa produzida, ao de qualquer outra cultura vegetal arbórea.

Atualmente 60% da madeira produzida é suprida para uso industrial no Brasil provém de plantações florestais, predominantemente, por plantações de eucalipto e de pinus. A demanda de madeira deverá crescer até 2010, em média, 33% FAO (1995), para suprir as necessidades internas e externas de madeira. E mesmo se considerando o aumento da produtividade dos próximos anos, a taxa anual de reflorestamento deverá crescer mais de 50% para atender o setor, a menos que se utilize madeira proveniente de florestas nativas (BARROS & COMERFORD, 2002). Isso justifica a necessidade de incorporação de novas áreas a cada ano.

As plantações florestais de espécies de rápido crescimento, como o Eucalipto, além de proporcionar benefícios diretos, pelo suprimento de matéria-prima e geração de empregos,

podem significar um alívio à pressão exercida sobre os poucos remanescentes florestais naturais no país. Além disso, as plantações em regiões tropicais têm mais chances de suprir essa demanda em razão do rápido crescimento das árvores, que podem atingir valores superiores a 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (BARROS & COMERFORD, 2002).

Ademais, quando se analisa o impacto de uma cobertura florestal no ciclo hidrológico, deve-se levar em consideração a interceptação, infiltração, percolação, evaporação, transpiração e escoamento superficial da água. Existem muitas críticas em relação às taxas de transpiração do eucalipto, mais, no entanto, há uma alta taxa de crescimento e de eficiência no uso da água (PEREIRA *et al.*, 2006).

Estudos realizados por SUBBA RAO (1984) e FLORENCE (1986) mostram que apenas alguns poucos gêneros da espécie *Eucaliptus* são capazes de crescer em áreas mais encharcadas, tais como, *E. robusta*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*, o que impede a generalização sobre efeito de altas taxas de consumo de água para todas as espécies do gênero.

O impacto das florestas plantadas sobre a quantidade de água nas microbacias pode ser mais ou menos severo, dependendo das condições hidrológicas regionais, como quantidade de água do sistema em termos de precipitação média e a demanda evaporativa de água. Dessa forma, torna-se muito importante a análise e o monitoramento do possível efeito e considerá-lo no plano de manejo contribuindo assim, para a sustentabilidade hidrológica do plantio.

Existem diversos métodos para estudar a dinâmica do lençol freático, dentre eles, o radar de penetração no solo (Ground Penetration Radar – GPR) ou georadar, que ainda é pouco utilizado para estudos dessa natureza no Brasil, sendo mais aplicado em estudos geofísicos. Entretanto, esse método é também indicado para investigações não destrutivas no solo, apresentando excelentes resultados em ambientes de solos de baixa condutibilidade elétrica.

Esse trabalho teve como objetivos estudar a profundidade do lençol freático na presença de diferentes usos do solo utilizando radar de penetração do solo (GPR) e avaliar a resposta do aparelho em função do tipo de solo utilizado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. GPR

Os métodos geofísicos são técnicas indiretas de investigação das estruturas de subsuperfície através da aquisição e interpretação de dados instrumentais, caracterizando-se, portanto, como métodos não invasivos ou não destrutivos.

O GPR ou georadar é um método geofísico que utiliza os fenômenos de transmissão e propagação de ondas eletromagnéticas de altas frequências, tipicamente na faixa de 10 a 2500 MHz, para identificar estruturas rasas em sub-superfície (SANSONOWSKI, 2003).

O método baseia-se na emissão de pulsos de alta frequência para o subsolo por meio de uma antena transmissora, sofrendo 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. O eixo vertical representa o tempo duplo (ida e volta do sinal) e o eixo horizontal, a intensidade do sinal. A central de comando exibe os sinais em tempo real, sendo possível visualizá-los no monitor do equipamento. Os sinais gravados digitalmente podem ser processados posteriormente (SANSONOWSKI, 2003).

Uma das principais vantagens deste método, frente a outras formas de investigação não invasiva, é a enorme versatilidade operacional (equipamento leve e portátil) que permite a aquisição de grande quantidade de dados num curto intervalo de tempo, viabilizando desta forma uma amostragem espacial bastante detalhada (ARCONÉ & DELANEY, 2002). O uso do GPR também pode contribuir para a obtenção de informações sobre a profundidade do embasamento, existência de aquíferos, caminhos preferenciais de propagação subterrânea e outras feições geológicas de interesse (CETESB, 1999).

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 tanto maior 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 sistema GPR 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, 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 áudio-frequência, gravado, processado e mostrado em tela ou na forma de radargramas (DANIELS *et al.*, 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 *et al.*, 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 e HAENI, 1991). Além disso, a presença de argila atenua a propagação dos campos e ondas eletromagnéticas, reduzindo a profundidade de investigação com esse tipo de equipamento.

FRANCELINO *et al.* (2007) estudando a dinâmica do lençol freático no delta do rio Doce, verificou 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.

2.2. Nível do lençol freático

A água é um fator essencial para o desenvolvimento das plantas. Qualquer cultura consome grande volume de água durante o seu ciclo de desenvolvimento. E a maior parte desse volume apenas passa pela planta, perdendo-se posteriormente pela transpiração. Essa demanda de água é necessária ao crescimento e desenvolvimento vegetal e é suprida pela água do solo, à medida que a planta necessita (GUTIERREZ, 2002).

No entanto, embora a água seja indispensável, as raízes suportam seu excesso tão mal quanto uma escassez. Nenhuma cultura, exceto o arroz, consegue crescer num solo saturado (PRIMAVESI, 2002).

Por esse motivo, tanto um lençol freático profundo como um superficial podem constituir limitações para o crescimento da planta. Se o nível freático for muito baixo, o déficit hídrico irá estimular a expansão do sistema radicular para zonas mais distantes e úmidas do perfil do solo, e o volume de solo explorado pela raiz deverá ser tanto maior quanto menor for a umidade do solo. Já o desenvolvimento da parte aérea da planta é severamente inibido.

Em geral, todos os processos vitais de uma planta são afetados pelo déficit hídrico, comprometendo o seu crescimento, uma vez que a primeira resposta é a diminuição do turgor e, conseqüentemente, redução do crescimento da planta (LARCHER, 2004).

Mas se o nível freático é superficial pode limitar o crescimento da raiz simplesmente por falta de oxigênio no horizonte encharcado. Quando há excesso de água no solo, a taxa de difusão de oxigênio no solo é bastante reduzida. Sob um solo saturado, o movimento do oxigênio pode ser mais de mil vezes menor do que num solo bem aerado. Essa falta de oxigênio pode limitar severamente a respiração das células das raízes, e, além disso, favorece a formação de ambientes quimicamente redutores, ou seja, ambientes ácidos e inóspitos para o desenvolvimento radicular (GLIESSMAN, 2001).

2.3. Influência do tipo de uso do solo na profundidade do lençol freático.

O conhecimento do efeito da cobertura vegetal na água do solo é de fundamental importância no que diz respeito ao seu papel no ciclo hidrológico, bem como à elaboração de novas práticas de exploração e manejo do solo com a finalidade de manter o funcionamento hidrológico das microbacias hidrográficas (LIMA, 2006).

O efeito da cobertura vegetal na água do solo depende do tipo de solo, da idade e da fase de desenvolvimento da planta, área foliar, genótipo, das condições atmosféricas.

Uma cobertura florestal geralmente reduz o nível da água no solo mais do que qualquer outra cobertura vegetal. Porém, importância da cobertura florestal está no fato destas áreas apresentarem, normalmente, boas condições de infiltração, e assim tornam-se importantes fontes de abastecimento de água para o subsolo (LIMA, 2006). Além disso, quando a árvore transpira perde água para o ar na forma de vapor, isso resfria a superfície da folha e ao mesmo tempo torna a floresta um termostato. Quando a temperatura sobe, a água transpirada aumenta também, retirando calor do ar. Assim, o superaquecimento, durante o dia, causado pela insolação é evitado e as temperaturas tornam-se mais amenas. Por essa razão não existem extremos de temperatura na Floresta Amazônica Equatorial, como ocorrem em áreas desérticas (PRIMAVESI, 2002).

Em locais onde o lençol freático é superficial (zona ripária, planícies costeiras, áreas alagáveis, etc.) a cobertura florestal provoca, pela evapotranspiração, um rebaixamento do lençol freático. Nestas áreas o corte súbito da floresta pode resultar, frequentemente, na subida do lençol freático. Por outro lado, em regiões mais altas a drenagem é mais eficiente, limita o armazenamento da água e conseqüentemente há uma maior alimentação do lençol freático (LIMA, 2006).

O rebaixamento do lençol freático pela presença de plantios florestais, comerciais ou não, é conseqüência principalmente do efeito do sistema radicular e da densidade das árvores. Diversos trabalhos na literatura têm mostrado o efeito das árvores na água do solo (LIMA, 1990; DIAS JR., *et al.*, 1999; PENNINGTON & LAFFAN, 2004). Esses estudos contribuem com diretrizes para melhorar e auxiliar no zoneamento de áreas mais aptas para atividades agrícolas, pois diferentes tipos de manejo podem afetar a água subterrânea de diferentes maneiras.

A capacidade de infiltração da água no solo e a posterior recarga do lençol freático também é influenciada pelas características do solo. Algumas atividades antrópicas, como: tráfego intenso, pisoteio exagerado de animais e as práticas agrícolas têm tido um impacto significativo nesta etapa do ciclo hidrológico, pelo fato de causar compactação do horizonte superficial. Essa compactação do solo reduz sua porosidade, devido ao entupimento dos poros.

Esse adensamento do solo também limita a penetração da raiz, e assim ocorre um confinamento das raízes na camada superficial, isso é muito comum em terras agrícolas, bem como em solo pastoril de uso permanente. A restrição do espaço enraizado significa menor aporte de nutrientes e água, uma vez que o volume solo explorado pela raiz é menor. E essa situação tende a piorar com o passar do tempo, ou seja, à medida que a chuva atinge solo e destrói os grumos superficiais (agregados), que se sedimentam formando uma camada adensada que “cresce” de baixo para cima (PRIMAVESI, 2002). As raízes nunca penetram em um solo adensado quando seco e o desenvolvimento da planta é comprometido.

Nas florestas a chuva cai primeiro nas folhas das árvores, escoando suavemente para o piso onde litter encontra-se sobre o solo. Amortecendo o impacto e conservando os agregados. Por esse motivo solos agrícolas precisam ser mecanizados ou manejados sob sistemas que causem um menor impacto, como o plantio direto, para não perder a sua produtividade.

Um estudo realizado por ALMEIDA & SOARES (2003), no norte do estado do Espírito Santo, mostrou que as plantações de eucalipto se comparam à Mata Atlântica quanto à evapotranspiração e ao uso de água do solo. E quanto comparado ao longo dos 7 anos do estudo, o eucalipto pode consumir menos água que a mata nativa na região estudada. A mata nativa apresentou também taxas de evapotranspiração muito próximas às obtidas para a Região Amazônica.

MARCELINO *et al.* (2005) realizaram um monitoramento de poços, sob diferentes coberturas vegetais, durante o período de novembro de 2002 a fevereiro de 2003 e obtiveram como resultado que a profundidade do topo do lençol freático variou de 1,8 m na área de floresta permanente, de 0,9 m na área de manejo florestal e de 3,7m na área de pastagem. O resultado obtido, apesar de depender de outros fatores, indica que a maior variação ocorrida na pastagem, provavelmente, é devido à maior evaporação e menor retenção da água nesta área.

2.4. Gleissolos

São solos hidromórficos, constituídos por material mineral e sujeitos a inundação. Ocorrem geralmente em depressões na paisagem e possuem horizonte Glei dentro de 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos (EMBRAPA, 2006).

Em condições naturais, os solos desta classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica. O processo de Gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido à redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos em decorrência da escassez de oxigênio causada pelo encharcamento (MENDONÇA, 2006).

2.5. Planossolos

Estes solos ocorrem principalmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem a permanência cíclica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada, e até mesmo sob condições de clima semi-árido (EMBRAPA, 2006).

Esta Classe compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (MENDONÇA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo e um breve histórico

Este estudo foi desenvolvido de maio a julho de 2007, no Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. Situada entre os paralelos 22°49' S e 22°45' S e 43°38' W e 43°42' W, com altitude variando de 10 a 30 metros. O relevo predominantemente é o de várzea, praticamente plano com microrrelevos de 0 a 3° de declive e, em alguns locais, suavemente ondulado, de topo arredondado, com pendentes de alguns metros. O clima predominante na área é o tropical úmido de savana (Aw), segundo Köppen (1948). O período chuvoso é dezembro a março (verão), e a estiagem de junho a agosto (inverno). A precipitação média anual, com base nos dados das normais dos últimos dez anos (1997 a 2006), é de 1270 mm. A umidade relativa média anual é de 80%, e a temperatura média anual varia de 20 a 27°C. Os dados climatológicos foram obtidos de registros fornecidos pelo posto da Estação Agrometeorológica de Seropédica - INMET/PESAGRO - RJ.

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

A escolha das áreas amostrais foi possível através da interpretação de imagens do Google Earth (Figura 1), obtidas em junho de 2007. A interpretação das imagens buscou reconhecer tipo de uso do solo e áreas de transição entre as classes consideradas para este estudo. Foram avaliadas duas áreas de transição de tipo de uso do solo, sendo as seguintes transições:

- Pastagem X Eucalipto;
- Pastagem X Floresta nativa;

Como dito anteriormente, procurou-se diminuir a influência de outras variáveis ambientais, portanto, as áreas escolhidas apresentam homogeneidade em termos de solo e relevo.

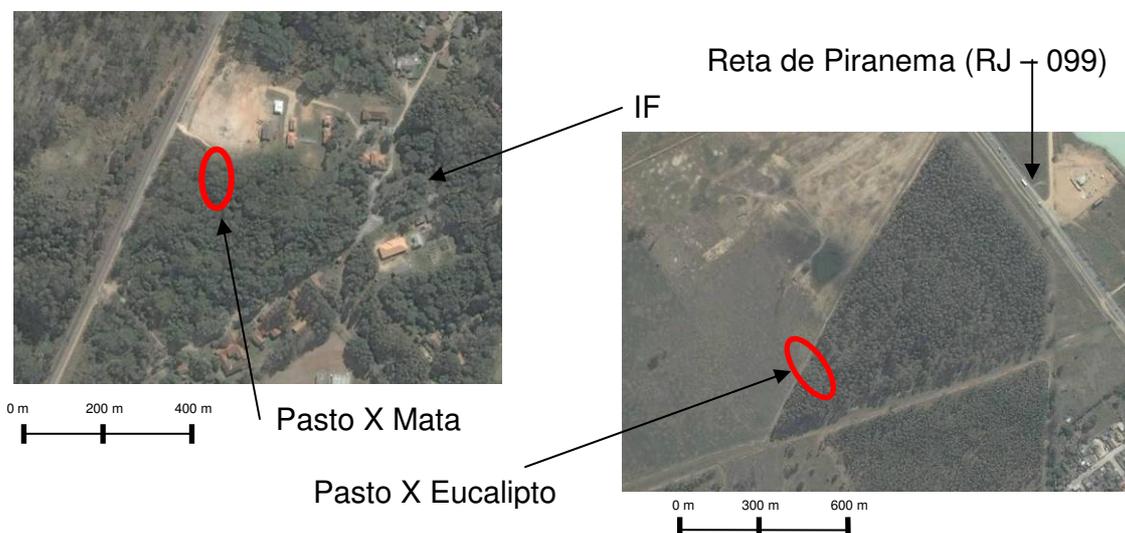


Figura 1: Localização das áreas de transição utilizadas para a passagem do GPR.

3.2. Coleta de dados

3.2.1. Georadar

Em cada uma das áreas foram percorridos três transectos de aproximadamente 40 metros de comprimento por 1 metro de largura, sempre utilizando faixas de transição de classes de uso do solo.

Foi utilizado Radar Penetrante do solo TerraSIRch modelo SIR-3000, equipado com antena blindada de 400 MHz para estudos de até 5 metros de profundidade, com comprimento de registro de 256 ns com 512 amostras por traço. O equipamento foi tracionado por todas as superfícies das áreas selecionadas (Figura 2). Os dados foram coletados de maneira contínua, com 532 leituras em cada ponto.

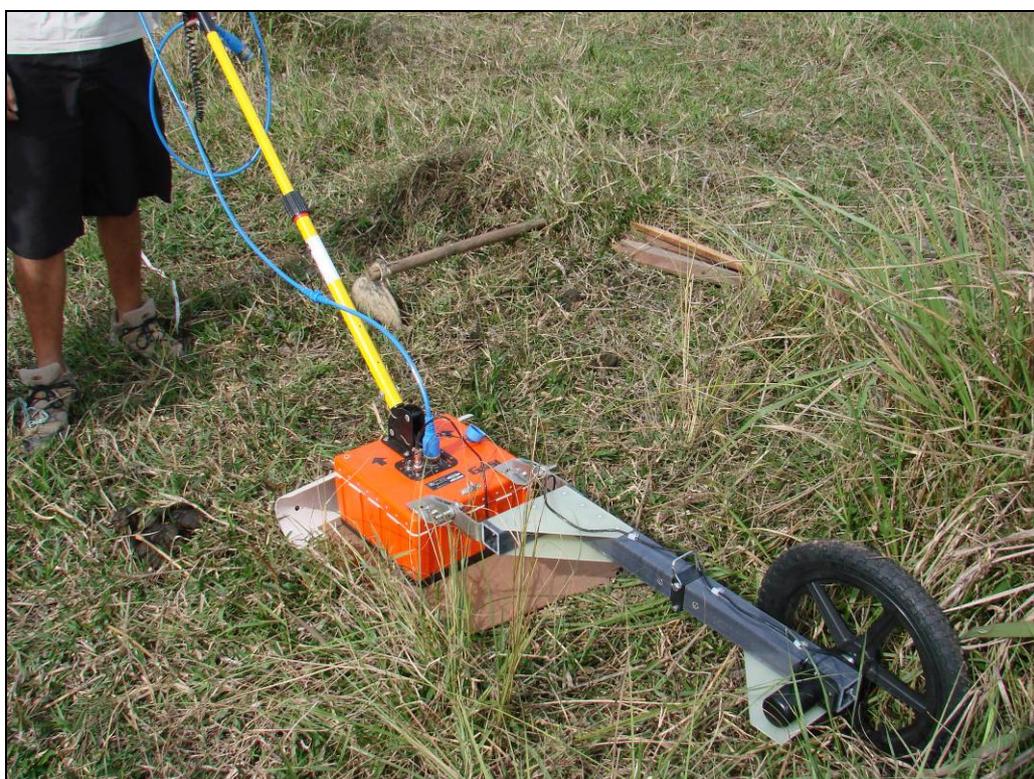


Figura 2: GPR sendo tracionado na área 2.

Todos os transectos percorridos pelo GPR foram registrados em equipamento de posicionamento por satélite do tipo navegação modelo GARMIN III Plus.

Foram abertas picadas nas áreas de mata e eucalipto para facilitar a varredura com o equipamento.

Foi enterrado a 30 cm da superfície, bastão de alumínio (Figura 3) em cada área selecionada para efetivar o cálculo da velocidade de propagação do sinal em cada tipo de solo.



Figura 3: Bastão de alumínio utilizado para determinar a velocidade de propagação do sinal.

3.2.2. Solos

Foram abertos dois perfis com aproximadamente 1,5 metros de profundidade e descritos morfologicamente, conforme Santos *et al.* (2005) para auxiliar na calibração da resposta do radar, além da coleta de amostras de solos, a cada 20 cm de profundidade, 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).

3.3. Processamento e interpretação dos radargramas

Os dados do radar foram processados nos softwares Radan File Viewer 1.0, Radan to bitmap 1.1 e Photoshop 6.0. O processamento consistiu na análise das frequências, aplicação de contrastes, cortes e remoção de ruídos das imagens e ajuste para melhorar a visualização das imagens, o que facilitou a interpretação dos radargramas e aumentou a qualidade da imagem. O radargrama gerou um mapa da subsuperfície em duas dimensões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Perfis

A floresta do IF (Figura 4) apresenta aproximadamente 20 anos e foi resultado da regeneração natural da área. Nesta área havia um plantio de eucalipto que foi cortado, a mata então, cresceu espontaneamente. A mata apresenta espécies nativas e exóticas, bem adensada e presença de bastante regeneração natural no sub-bosque. Não há registros de intervenção na área.

O solo da área foi classificado como Gleissolo Háplico (Figura 5, anexo A). Foi amostrado até a profundidade de 180 cm e não houve identificação de coloração no perfil que indicasse a presença do lençol freático em alguma época do ano. Sua textura foi predominante franco-argilo-arenosa (Tabela 1). Próximo do final da linha de varredura verificou-se a existência de área alagada, evidenciando a dificuldade de infiltração deste solo.

Apesar da homogeneidade em termos de classes texturais, foi observado variação na coloração deste, além da presença de grãos médios de feldspato a partir de 140 cm. Nessa profundidade o solo se encontrava mais seco e grosseiro e a partir de 160 cm essas características se acentuavam.

Tabela 1: Resultado das análises físicas dos solos amostrados

Perfil nº 1		(Mata do IF)					
Horizonte			Composição granulométrica da terra fina (g/kg)			Relação silte/argila	Textura
Cód	Símbolo	Profundidade (cm)	Areia (> 0,05 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)	Argila (<0,002 mm)		
18	A1	0-10	462,00	207,85	330,15	0,63	Franco Argilo Arenosa
17	A2	-40	461,00	207,17	331,83	0,62	Franco Argilo Arenosa
20	Cg1	-100	542,00	145,65	312,35	0,47	Franco Argilo Arenosa
23	Cg2	-180	562,00	116,62	321,38	0,36	Franco Argilo Arenosa
Perfil nº 2		Plantio da Bárbara					
Horizonte			Composição granulométrica da terra fina (g/kg)			Relação silte/argila	Textura
Cód	Símbolo	Profundidade (cm)	Areia (> 0,05 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)	Argila (<0,002 mm)		
19	A1	0-15	528,00	282,64	189,36	1,49	Franco Argilo Arenosa
22	A2	-30	535,00	249,01	215,99	1,15	Franco Argilo Arenosa
24	A3	-45	398,00	239,01	362,99	0,66	Franco Argilosa
30	Bt1	-130	170,00	281,80	548,20	0,51	Argila
65	Bt2	-155	611,00	147,06	241,94	0,61	Franco-argilo-arenosa
66	Bt3	-155+	641,00	163,03	195,97	0,83	Franco-argilo-arenosa



Figura 4: Área de transição de pastagem para floresta (matinha do IF).



Figura 5: Perfil Gleissolo Háptico

Já na área de reflorestamento com eucalipto (figura 6) o solo amostrado foi classificado como Planossolo Háplico (Figura 7), sem horizonte E álbico, porém com transição textural abrupta entre A3 e Bt1. Este solo apresentou intenso mosqueamento, indicando constantes flutuações do lençol freático naquela profundidade.

O plantio de eucalipto apresentava a idade aproximada de sete anos, com presença de sub-bosque constituída de eucaliptos mais jovens. A pastagem encontrava-se bastante degradada, composta de *Panicum* sp. e *Brachiaria* sp.



Figura 6: Área de transição entre pastagem e floresta de eucalipto.



Figura 7: Perfil Planossolo Háplico.

4.2. Interpretação dos radargramas

O lençol freático ficou bem evidenciado em todos os radargramas, representado por um refletor forte, contínuo e subhorizontal, conforme verificado por PORSANI *et al.*(2005) e FRANCELINO *et al.*(2007).

A profundidade não foi possível estimar com precisão devido a problemas técnicos com o programa, onde o radargrama seria pós-processado em função da posição da barra de alumínio enterrada para determinar o tempo em nanosegundos em que o sinal percorreu o substrato para então converter a profundidade para metros. Foi considerada então, a profundidade informada pela configuração do GPR, que é estabelecida em função da frequência da antena utilizada e do tipo de solo informado, que no caso foi argiloso.

4.2.1. Área campo-floresta nativa

De forma geral não foi observado alteração na profundidade do lençol freático em função ao uso do solo (Figura 8), apenas mudanças do refletor indicando prováveis zonas de maior umidade na camada entre 2,5 e 5,0 metros a partir de 22 metros do ponto inicial dos perfis, correspondente à área ocupada pela mata.

Os refletores foram mais fortes até 1,7 m de profundidade, correspondendo ao limite do solo; a partir daí até a zona próxima do lençol freático as reflexões foram mais fracas. Pode-se observar um aumento na atenuação do sinal evidenciando uma zona onde o substrato é mais condutivo.

Já 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, provavelmente devido à presença de raízes das árvores e de zonas com maior teor de umidade.

O aumento no número de refletores hiperbólicos com vértices foi devido às interferências do sistema radicular das árvores de grande porte.

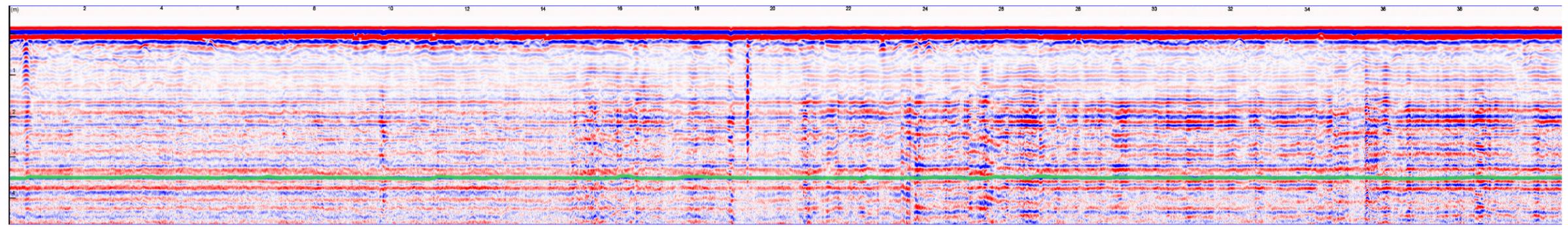
No perfil 39 observa-se logo no início uma zona na forma de uma cunha, caracterizada por reflexões fracas e que estão mais atenuadas no final do perfil. Esta zona, subindo o perfil até uma profundidade de aproximadamente 3 metros, pode ser interpretada como uma área com maior condutividade, que pode ser ocasionada por algum ajuste de sedimentação.

4.2.2. Área campo-floresta de eucaliptos

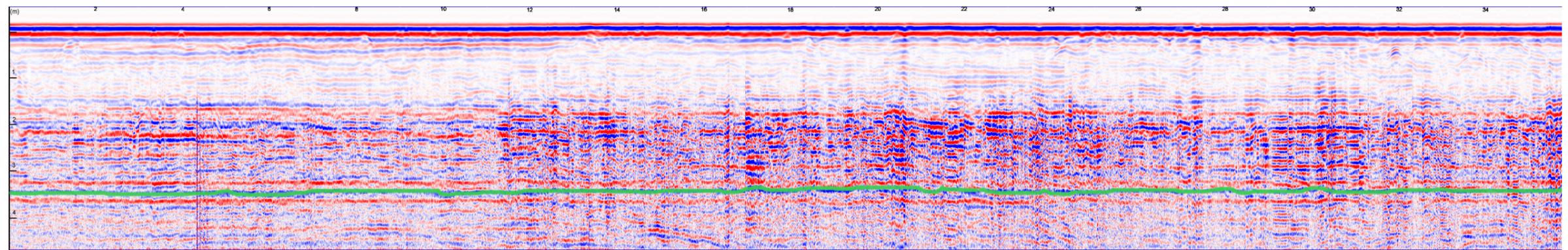
Observa-se nos três perfis varridos na área da Barbará que o nível do lençol freático encontra-se aproximadamente a 3,5 metros. Em alguns momentos parece existir um segundo nível do lençol mais próximo da superfície, aproximadamente a 2,0 metros de profundidade.

Nota-se a existência de reflexões anômalas em zonas isoladas (Figura 9), como pode ser observada no perfil 41, aproximadamente a 6, 8 e 9 metros de distância do ponto inicial (lado esquerdo do perfil), composta de material mais condutivo de natureza desconhecida nas áreas ocupadas por pastagem. Pode ser devido ao avanço da linha de encharcamento e conseqüentemente presença de zonas de maior mosqueamento ou mesmo presença de plintita.

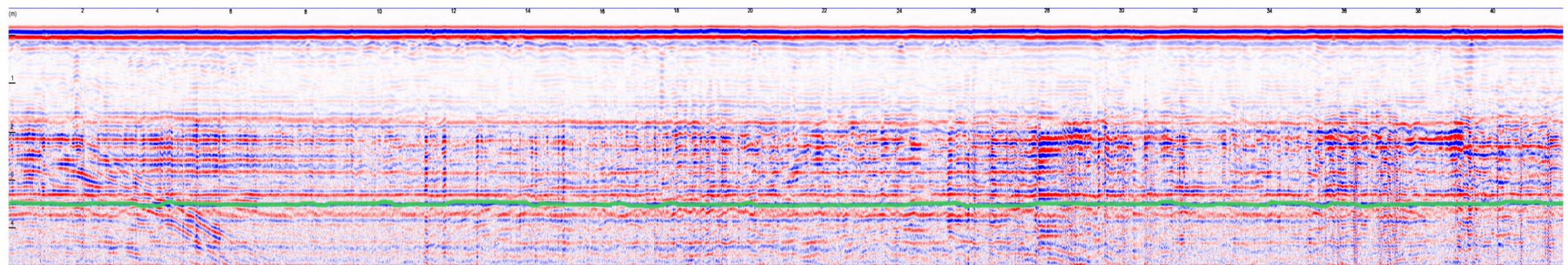
Novamente nota-se a influência das raízes no aumento dos refletores hiperbólicos ao entrar na área com eucalipto.



a) Faixa 37

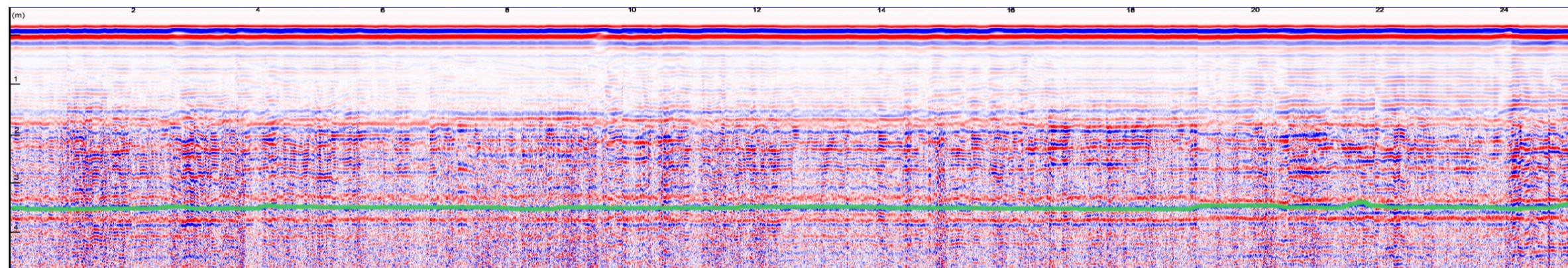


b) Faixa 38

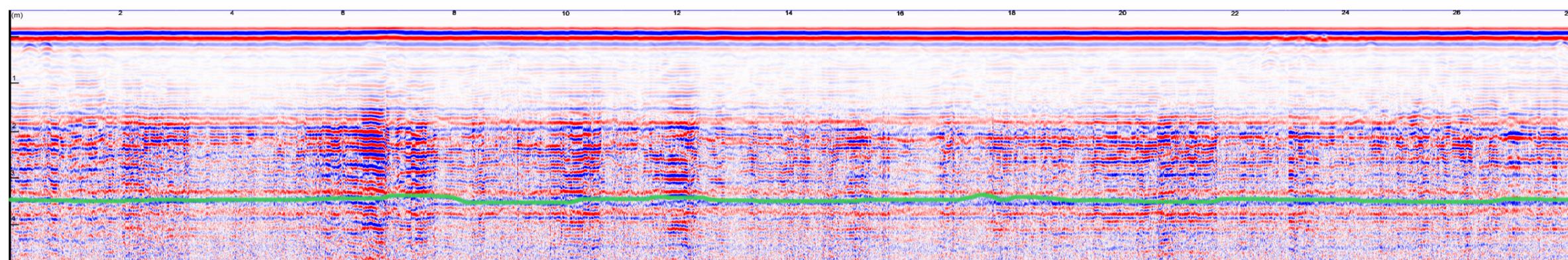


c) Faixa 39

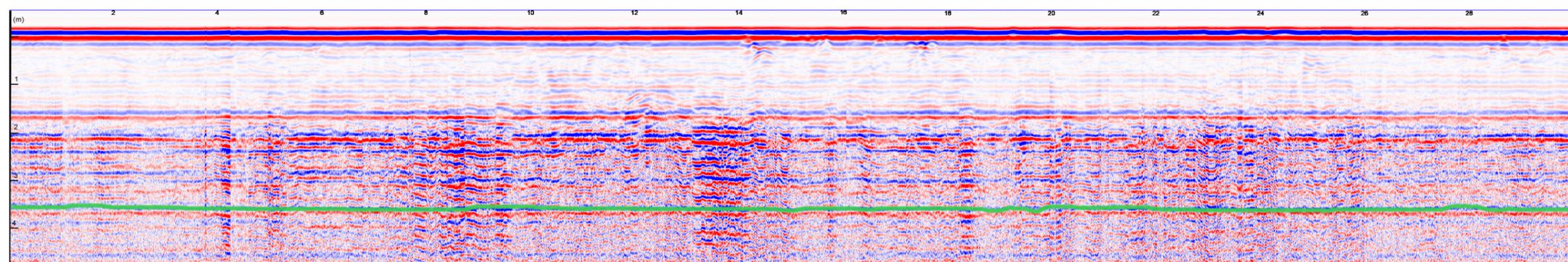
Figura 8: Radargramas da área campo-floresta nativa.



Lençol freático
a) Faixa 40



Lençol freático
b) Faixa 41



Lençol freático
c) Faixa 43

Figura 9: Radargramas da área campo-floresta de Eucalipto.

5. CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- 1) O lençol freático ficou bem evidenciado em todos os radargramas, representado por um refletor forte, contínuo e subhorizontal.
- 2) De forma geral não foi observado alteração na profundidade do lençol freático em função ao uso do solo, apenas mudanças do refletor indicando prováveis zonas de maior umidade em camadas mais superficiais nas áreas ocupadas por floresta.
- 3) O equipamento também foi eficiente em indicar a profundidade efetiva do solo, diferenciando os horizontes superficiais em relação às camadas regolíticas.

6. RECOMENDAÇÕES

Ajustar resultados do radar com dados de campo.

Realizar varreduras ao longo de uma escala temporal que abrange tanto períodos chuvosos como mais secos. Percebendo assim, não só a profundidade, mais como o lençol varia ao longo de um ano.

Realizar varreduras em solos com diferenças texturais mais acentuadas.

Utilizar faixas de varredura de maior tamanho, pois o resultado pode ter sido influenciado devido ao efeito de borda.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.C. de & SOARES, J.V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.159-170, 2003.
- ARCONE, S.A. & DELANEY, A.J. A field study of GPR attenuation rates in natural and contaminated silt. In Ninth International Conference on Ground Penetrating Radar, (S.K. Koppenjan and H. Lee eds.) Proceedings of SPIE 4758; p.302-307. 2002.
- BARROS & COMERFORD. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: Tópicos Ci. Solo 2, Viçosa. SBCS. P. 487-592, 2002.
- BERES JR. M. e HAENI, F. P. Application of ground - penetrating - radar methods in National Working Group for the IGCP Project, 1991. Ground Water. 29(3): 375-386.
- BREWSTER, M.L., ANNAN, A.P., GREENHOUSE, J.P., KUEPER, B.H., OLHOEFT, G.R., REDMAN, J.D. AND SANDER, K.A. 1995: Observed migration of a Controlled DNAPL Release by Geophysical Methods. Ground Water, Vol. 33, No. 6, Nov.-Dec.1995, pp. 977-987.
- CETESB. Métodos geofísicos Geofísica aplicada à detecção da contaminação do solo e das águas subterrâneas. Projeto CETESB – GTZ. 1999. 13p.
- CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo: Nobel, 1980. 333p.
- DANIELS, J.J., ROBERTS, R. AND VENDL, M. Ground penetrating radar for detection of liquid contaminants. Applied Geophysics, Vol. 33, 1995. pp. 195-207.
- DAVIS, J. L. E ANNAN, A. P. Groundpenetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting. 37(5): 531-551. 1989.
- DIAS JUNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S. da; Silva, A. R.; FERREIRA, D. F. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de aracruz, ES. Revista Árvore, Viçosa, Revista Árvore, Viçosa - MG, v. 23, n. 4, p. 371-380, 1999.
- DOOLITTLEA, J.A.; JENKINSONB, B; HOPKINSC, D; ULMERD, M; TUTTLE, W. Hydrogeological 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, 2006. p. 317–329.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

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

FAO. 1995. FAO yearbook: Fishery statistics – Catches and landings 1993. Vol. 76. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 687 p.

FISHER, E., MCMECHAN, G. A. e ANNAN, A. P. Acquisition and processing of wideaperture ground-penetrating radar data. *Geophysics*. 57(3): 495-504. 1992.

FLORENCE, R. G. 1986. “Cultural problems of Eucalyptus as Exotics”. *Commonwealth Forestry Review*, 65(2): 141-163.

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. p. 305-311 (Apresentação oral).

GALAGEDARA, L.W.; PARKIN, G.W. ; REDMANC, J.D. ; BERTOLDIB, P. von ; ENDRES, A.L. Field studies of the GPR ground wave method for estimating soil water content during irrigation and drainage. *Journal of Hydrology*, v.301, 2005. p.182–197.

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*, Vol. 19(3), p.251-262. 2001.

GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRS, 2001. 563 p. 3 ed.

GLÓRIA, K. S. Metodologias Alternativas para Detecção e Localização de Vazamentos Bol. téc. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 45 (2): abr./jun., p. 114-126. 2002.

GUTIERREZ, A. de S. D. A contribuição do agricultor para o abastecimento urbano de água. *O Agrônomo*, Campinas, 54(1): 45-46, 2002.

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

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LIMA, W. P. Overland flow and soil nutrient losses form Eucaliptus plantations. *IPEF International*, v. 1, p. 35-44, 1990.

LIMA, W. de P. *Apostila de manejo de bacias hidrográficas*. Departamento de Ciências Florestais. USP. 2006. 131p.

LIN, H.S. *Hydropedology: bridging disciplines, scales, and data*. *Vadose Zone Journal* v. 2, 2003. p.1 – 11.

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*. Vol. 35(3). 2005: 367-374.

MENDONÇA, J.F.B. Solo: substrato da vida. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.156 p.

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

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*, 7(1): 54–59.

PEREIRA, P. Dossiê Deserto verde: o latifúndio do eucalipto. Texto de Frei Sérgio. 2006. Obtido em, 21/05/2007.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R. da; SOUZA, R. A. de; FONSECA, N. R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. *Irriga, Botucatu*, v. 11, n. 4, p. 518-531 out.-dez., 2006.

PENNINGTON, P. I.; LAFFAN, M. Evaluation of the use of pré- and post-harvest bulk density measurements in wet *Eucalyptus obliqua* in Southern Tasmânia. *Ecological Indicators*, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 39-54, 2004.

POGGIANI, F.; STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. *Série Técnica IPEF*. v. 12, n. 31, p. 33-44, abr., 1998.

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, 2005. p.119-128.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a Agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

RICHARDSON, J.L.; WILDING, L.P.; DANIELS, R.B. Recharge and discharge of groundwater in aquic conditions illustrated with flow analysis. *Geoderma*, v.53, 1992. p.65–78.

SANSONOWSKI, R.C. A modelagem numérica como instrumento de apoio à avaliação ambiental. Campinas: Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, 2003. 121p. Dissertação (mestrado).

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.

SUBBA RAO, B. K. 1984. “Impact f Eucalyptus Plantations on Locality Factors”. *Workshop on Eucalyptus Plantations*. Bangalore, pp. 171-190.

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. 63p.

WHITEHEAD, D; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 193, p. 113-140, 2004.

ANEXO A

PERFIL Nº 01

Data: 27 / 07 / 2007

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

Localização: Coord. UTM:Zona 23 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; maciça 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

Cg2 100-180cm+ Observado através de trado.

PERFIL Nº 02Data: 28 / 07 / 2007**Classificação:** PLANOSSOLO HÁPLICO A moderado franco-argilo-arenosa a argila relevo plano floresta perenifólia**Localização:** Coord. UTM:Zona 23 637868,94 E 7479219,67 N, Área de plantio de eucalipto, próximo à reta de Piranema.**Situação e declive:** Trincheira aberta Coletado em plantação de eucalipto em área plana.**Altitude:** 20 m.**Litologia:** Sedimentos arenosos e argilosos do Quaternário**Material de origem:** Alteração do material supracitado.**Uso atual:** Plantio de eucalipto.**Vegetação primária:** Floresta tropical perenifólia.**Drenagem:** Imperfeitamente drenado.**Erosão:** Não aparente.**Relevo:** Plano.**Pedregosidade:** Não pedregosa.**Rochosidade:** Não rochosa.**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A1 0-15 cm; franco argilo arenosa; granular com aspecto de maciça muito pouco coesa; macia solta, não plástica e não pegajosa, transição plana e gradual.

A2 15-30 cm; franco argilo arenosa; granular com aspecto de maciça muito pouco coesa; solta, solta, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

A3 30-45 cm; franco argilosa; blocos angulares com aspecto de maciça pouco coesa; firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara.

Bt1 45-130 cm; mosqueado abundante médio distinto; argila; fraca média; colunar com aspecto de maciça coesa "*in situ*", firme, muito plástica e muito pegajosa, transição ondulada e clara.

Bt2 130-155 cm; franco argilo arenosa;

Bt3 155cm+; franco argilo arenosa. Observado por tradagem.

Observações

Presença de minhocas no A1

Solo mais solto material mais claro a partir de 1,3 m

A partir de 1,4 m surge feldspato

Em 1,55 m material solto amarelado areia grossa e feldspato