



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE FLORESTAS

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**DETERMINAÇÃO DE RESPOSTAS PADRÕES DO GEORADAR EM
DIFERENTES CLASSES DE SOLOS**

GRADUANDO: LUCAS GEROMEL DE GÓES

ORIENTADOR: MARCIO ROCHA FRANCELINO

SEROPÉDICA-RJ
JULHO de 2008



LUCAS GEROMEL DE GÓES

**DETERMINAÇÃO DE RESPOSTAS PADRÕES DO GEORADAR EM
DIFERENTES CLASSES DE SOLOS**

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
JULHO de 2008**

**DETERMINAÇÃO DE RESPOSTAS PADRÕES DO GEORADAR EM
DIFERENTES CLASSES DE SOLOS**

LUCAS GEROMEL DE GÓES

APROVADA EM: 11/07/08

Banca Examinadora:

Prof. Márcio Rocha Francelino
IF/DS - UFRuralRJ
Orientador

Prof. Marcos Gervásio Pereira
IA/DS - UFRuralRJ
Membro Titular

Pedro Adnet Moura
IF/DS
Membro Titular

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha mãe e a Deus por um dia pensarem na geração da minha existência. A minha mãe que em grande parte da minha vida fez o papel dela e de pai sem jamais desanimar ou se queixar, pessoa guerreira em que me inspirei, e aprendi nunca desistir dos meus objetivos. Amiga que mostrou a mim e ao meu irmão a importância da união familiar.

Em segundo lugar ao meu pai por ter contribuído diretamente por minha existência, mesmo tendo nos deixado cedo, tenho lembrança de ele ter sido um pai, um tanto quanto ausente. No entanto, talvez tenha conseguido absorver um pouco da sua cultura e inteligência.

No mesmo patamar agradeço ao meu irmão, por seus ensinamentos, atitude e perseverança. Homem que me ensinou a andar de bicicleta, jogar bola e me defender, quando moleque na escola. Pessoa que em muitos momentos estava ao meu lado, compartilhando da mesma energia.

Em terceiro lugar agradeço a todos os meus familiares por terem contribuído e ainda hoje contribuem massivamente na minha formação educacional, religiosa e pessoal.

A classificação a partir de agora começa a ficar um tanto quanto complicado, mas vou tentar classificar em classes de importância. A meus amigos, cabe ressaltar que amizade é algo sagrado e respeitado, por isso sempre tive poucas mais sinceras amizades. Esses amigos abrangem os novos e os velhos amigos.

Aos novos, sete apenas, considero parte da minha família e formação recente, amigos imprescindíveis, que compartilharam com as horas de alegria e sucesso, até momentos difíceis de agonia, angústia e desabafo.

Aos meus sete velhos amigos, e meu primo, parceiros de infância, que compartilharam com sonhos e anseios da minha vida.

As mulheres por tornar a existência humana mais graciosa, empolgante e compartilhar dos bons momentos da minha vida.

A UFRRJ, por me acolher como mãe em seus braços, e dela por muito tempo poder ter o prazer de chamá-la de casa; e seus funcionários que fazem esse ser viver. No mesmo parágrafo, agradeço o 3º andar do M4, em particular o quarto 432, onde passei boa parte da graduação, vivendo, estudando e amadurecendo.

Devo a esse quarto o senso de cidadania, convivência e profissionalismo, que adquiri, nesses cinco anos de rural, que me ajudaram a refletir e ser um cidadão mais justo. Os vários ciclos de amizade do quarto foram bons e intensos. Em cada um a amizade foi formada, e cada um ensinou-me coisas positivas.

Aos professores por contribuírem diretamente na minha formação e futuros colegas de profissão. Dois em especial o professor Edvá Oliveira Brito, por sua amizade, ajuda em momentos difíceis e orientações. E ao professor Marcio Rocha Francelino, meu atual orientador, parceiros de idéias, sonhos e aprendizados.

Aos colegas em geral que em algum momento me fortaleceram e me incentivaram.

Resumo

Este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicabilidade do Radar Penetrante de Solo (GPR) no estudo de características geofísicas de diferentes classes de solo. Foi utilizado GPR modelo SIR 3000 equipado com antenas de 400 e 900 MHz. Os solos selecionados foram varridos em três faixas com cerca de 10 metros cada uma. Nos dois Argissolos estudados foi possível distinguir claramente a presença do horizonte Bt. No Latossolo o radargrama gerado apresentou clara distinção entre o horizonte superficial e o subsuperficial. No entanto a distinção entre os horizontes subsuperficiais não foi claramente verificada pelo fato da transição entre os horizontes não ser clara, característico da dessa ordem. O Neossolo Regolítico apresentou padrões mais homogêneos em profundidade, devido ao material de textura mais arenosa e a presença de fragmentos de rocha, que gera faixas mais nítidas. No Neossolo Flúvico através do, radargrama, foi possível observar claramente a distinção entre os horizontes superficial mais argilosos e os horizontes subsuperficiais mais arenosos, apresentando claramente a distribuição errática das diferentes camadas. A antena de 400MHz gerou radargramas com respostas que indicam características mais típicas dos solos estudados quando comparado com a antena de 900MHz.

Palavras Chave: GPR; análise radargramétrica; ondas eletromagnéticas, perfil de solo.

Abstract

The objective of this study was to analyse the use of this tool in the acquisition of information on features occurring underground, by comparing the radargrams and pedologic descriptions obtained in the area. The equipment used was a Geophysical Survey model, with an 400 and 900 MHz antenna. The radargram results indicated that the antenna is the ideal for risings, demanding a greater detail of the most superficial layer, up to 1.0 depth meter. Response was excellent for the deepest layers, mainly in probing the occurrence of hardened layers, such as the hardpan. The radargrametric analysis confirmed the existence of a process of transformation in Spodosols. The radargrametric analysis was very resulting the antenna de 400MHz at 900MHz.

Key Words: GPR; Radargrama; radargrametric analysis; electromagnetic, soil profile.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	1
2.1. GPR.....	1
2.2. Solos.....	4
2.2.1 Argissolos.....	4
2.2.2 Latossolos.....	4
2.2.3 Neossolos.....	5
3.MATERIAL E MÉTODOS	5
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4.1. Argissolos Vermelho-Amarelo.....	8
4.2. Argissolos Amarelo	12
4.3. Latossolo Vermelho-Amarelo	13
4.4. Neossolo Regolítico.....	15
4.5. Neossolo Flúvico.....	18
5. CONCLUSÃO.....	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
ANEXO A.....	23
ANEXO B.....	25
ANEXO C.....	27
ANEXO D.....	28
ANEXO E.....	28

Lista de Tabelas

Tabela 1: Localização dos solos estudados.....	6
Tabela 2: Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo.....	9
Tabela 3: Análise física do Argissolo Vermelho-Amarelo.....	9
Tabela 4: Análise química do Argissolo Amarelo.....	12
Tabela 5: Análise física do Argissolo Amarelo.....	12
Tabela 6: Análise física do Latossolo Vermelho- Amarelo.....	14
Tabela 7: Análise química do Latossolo Vermelho Amarelo.....	14
Tabela 8: Análise química do Neossolo Regolítico	15
Tabela 9: Análise física do Neossolo Regolítico	16

Lista de figuras

Figura 01 Demonstração do GPR.....	2
Figura 02 Metodologia utilizada na coleta dos dados.....	7
Figura 03 Coleta de dados com o GPR.....	8
Figura 04: Radargramas sob o Argissolo Vermelho-Amarelo.....	11
Figura05: Radargrama do Argissolo Amarelo.....	13
Figura 06: Radargrama do Latossolo	14
Figura 07: Radargrama do Neossolo Regolítico	17
Figura 08: Radargrama do Neossolo Flúvico	18

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a realização de um levantamento pedológico, segundo IBGE (2005), leva em conta um conjunto de relações e propriedades observáveis na paisagem que possibilitam identificar solos como unidades naturais, prevendo e delineando suas áreas em termos de classes definidas. Os métodos usuais de coleta de dados e descrição de características dos solos no campo compreendem investigações de perfis, levantamentos de áreas-piloto, estudos de toposseqüências, sistema de malhas e o método do caminhamento livre. Todos requerem observações do solo através de tradagens, abertura de trincheira ou aproveitamento de cortes de estradas (barrancos), que permitem a caracterização morfológica e uma prévia classificação do mesmo.

Porém, existem ferramentas da geofísica que podem auxiliar no processo de caracterização do solo e que são pouco utilizadas para essa finalidade (UCHA *et al.*, 2002; FRANCELENO *et al.*, 2007; LANI *et al.*, 2005), das quais o Radar Penetrante no Solo (*Ground Penetrating Radar-GPR*) ou simplesmente georadar, se destaca por possibilitar a visualização detalhada dos horizontes do solo próximos à superfície (GLÓRIA, 2002). Além de ser um método não invasivo, de 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 (ARCONI & DELANEY, 2002). O uso do GPR também pode contribuir para a obtenção de informações sobre a profundidade do lençol freático, profundidade do embasamento, existência de aquíferos, caminhos preferenciais de propagação subterrânea e outras feições geológicas de interesse (CETESB, 1999).

Embora seja uma técnica bem consolidada para estudos da geofísica e arqueologia, para fins pedológicos é ainda pouco utilizada. É comum na literatura o uso do GPR em estudos do comportamento do lençol freático, no entanto o uso desse equipamento no estudo de características do solo, seja para avaliar a existência de camadas adensadas, seja na avaliação de poluentes ou mesmo auxiliar na classificação dos solos, ainda é pouco utilizado.

Com o uso da tecnologia GPR é possível obter informações contínuas de faixas do solo, permitindo conhecer as variações existentes na subsuperfície e conseqüentemente, ampliando o entendimento de várias características do solo. Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a aplicabilidade do radar penetrante no solo (GPR) em estudos pedológicos, tendo como objetivos específicos:

- Gerar um banco de dados com os radargramas gerados no estudo;
- Estabelecer radargramas padrões para os diferentes tipos de solos estudados;
- Correlacionar variações nos radargramas com diferentes características dos solos, como profundidade, adensamento, variação textural e diferenciação de horizontes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Radar de Penetração no Solo (GPR)

O radar de penetração no solo é um método geofísico de ondas eletromagnéticas de rádio em frequências muito altas (entre 10 – 1000 MHz) usado para localizar estruturas e feições geológicas e pedológicas rasas (ANNAN *et al.*, 1991).

O aparelho é composto de quatro partes principais, são elas: a antena assemelha – se a caixa quadrada de coloração laranja; a haste que é ligada na antena e serve para a movimentação do equipamento; o odômetro, suporte que auxilia na movimentação da antena, registra a velocidade e distância de caminhamento; e por último o coletor que se assemelha a um computador sendo este

conectado na antena (Figura 1). A antena é responsável pela emissão das ondas eletromagnéticas para o solo e transmissão das respostas obtidas para o coletor, onde há também o armazenamento desses dados.



Figura 1: GPR montado e pronto para ser utilizado.

A transmissão das ondas eletromagnéticas é repetidamente radiada para dentro do solo pela antena transmissora colocada na superfície do terreno.

A frequência da antena utilizada e o tipo do solo definirão a profundidade de alcance da subsuperfície, podendo variar entre poucos centímetros até dezenas de metros (OLIVEIRA, 1998). Sinais de alta frequência produzem imagens com melhores resoluções, mas com pouca penetração, ocorrendo o inverso para sinais de baixa frequência. Em situações de baixa condutividade elétrica como em solos arenosos e sem a presença de água salina, o sinal de radar pode atingir profundidades superiores a 20 metros, utilizando uma antena de 100 MHz. No entanto, no caso de solos com alta condutividade elétrica, solos como o GLEISSOLO SÁLICO, ou com presença de água salina, o sinal é fortemente atenuado, o que implica um fator limitante ao uso do GPR nesses tipos de substrato (BERES & HAENI, 1991).

Nos Latossolos, Argissolos, Espodossolos e especialmente nos Neossolos Quartzarênicos, é possível alcançar relativo sucesso na investigação com o radar, principalmente em estudo de horizontes com certo grau de adensamento ou com presença de fragipãs ou duripãs (UCHA, 2002).

O sistema funciona a partir da emissão de um pulso de alta frequência eletromagnética pelo equipamento, o qual é transmitido para o solo e tem sua resposta registrada em intervalos de tempo medido em nanossegundos. As medidas de tempo e do percurso das ondas eletromagnéticas se sobrepõem fornecendo uma imagem detalhada da subsuperfície.

Os sinais refletidos são amplificados, transformados para audio-frequência, gravado, processado e mostrado em tela ou na forma de radargramas (DANIELS *et al.*, 1995).

Os distintos valores de velocidade das reflexões, da energia eletromagnética, proveniente das interfaces entre materiais ou camadas, são responsáveis pela amplitude do sinal refletido e será tanto maior quanto maior for o contraste existente entre as velocidades (ou constantes dielétricas) dos correspondentes materiais. Em caso de mudança textural abrupta, a mudança repentina na característica do solo é claramente registrada no radargrama. (FRANCELINO *et al.*, 2007).

As propriedades elétricas dos terrenos que são controladas principalmente pela umidade, quantidade e tipo de sais em solução e teor de argila, irão determinar a propagação do sinal no solo (FISHER *et al.*, 1992; BREWSTER *et al.*, 1995).

Paralelo ao aumento da umidade observa-se também o aumento da condutividade elétrica do solo e conseqüentemente o padrão da imagem é acentuado, produzindo reflexões nítidas ao encontrar o topo do lençol freático. Outro fator que produz reflexões mais acentuadas, com o radargrama mais nítido e forte é a presença de lateritas e cascalhos (SILVA *et al.*, 1980; TOPP *et al.*, 1980).

A propagação de uma onda eletromagnética de alta frequência no terreno pode ser descrita pela sua velocidade (v) e a atenuação sofrida durante o percurso magnético. A velocidade é dada pela seguinte expressão:

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

c é velocidade da onda eletromagnética no espaço livre e K é a constante dielétrica do meio de propagação (DAVIS & ANNAN, 1989).

De acordo com a expressão nota-se que quanto menor a condutividade elétrica e a constante dielétrica do solo, maior será a penetração do sinal, conseqüentemente maior será a resolução.

O uso do radar para estudo dos solos de tabuleiros costeiros no litoral norte da Bahia mostraram claramente os domínios dos solos com duripã (Espodossolos e Argissolos), oferecendo comportamento diferenciado quando comparado com o Latossolo, Argissolo ou Espodossolo sem características fráguas/dúrgicas. Solos transicionais sem a presença de horizontes endurecidos, como o Argissolo latossólico, não são diferenciados do Latossolo Amarelo, provavelmente devido à frequência do aparelho utilizada (80 MHz) que não possibilitou maior detalhamento (UCHA *et al.* 2002).

Uma das principais vantagens no uso desse equipamento é a possibilidade de uma visualização contínua ao longo da vertente, dentro da análise integrada da topossequência. MARCELINO *et al.*, (2005) obtiveram bons resultados com o uso do GPR avaliando o nível do lençol freático em transição de floresta amazônica e cerrado. Segundo esses autores, a umidade do solo teve influência nas reflexões sendo que a profundidade do topo do lençol freático variou 1,8m sob a floresta permanente, 0,9m sob floresta manejada e 3,7m sob o pasto. Concluiu que a camada de laterita e cascalho, comumente presente em Latossolos, são bons refletores das ondas eletromagnéticas, no entanto se o lençol freático estiver abaixo de 4 metros, uma antena de 100 MHz é necessário para obter melhor resultado.

A análise radargramétrica do georradar possibilitou dimensionar os trabalhos de sondagem, alcançando uma profundidade da ordem dos 15m (ARANHA *et al.*,2006).

Utilizando duas antenas com frequência de 200 e 400 MHz na detecção de estruturas artificiais em valas escavadas, DOURADO *et al.*,(2003) obteve imagens mais nítidas com a de 200MHz. Foi possível identificar a tubulação subsuperficial de PVC através da presença de pequenas feições hiperbólicas, formadas pela difração das ondas eletromagnéticas nestes materiais, que podem ser considerados pontuais na escala dos ensaios. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que, para as condições do local ensaiado, o GPR é uma técnica muito eficiente para detecção de escavações rasas.

Segundo os autores, além da distinção do lençol freático a imagem do GPR mostrou o horizonte C/R de transição do solo arenoso para rocha alterada. Com a antena de 100 MHz foi possível mapear com clareza uma zona anômala de falha ou passagem brusca da região de sedimentos clásticos para uma região mais siltosa. O radargrama destacou também o elevado número de estruturas primárias da rocha, o que juntamente com o lençol freático próximo à superfície pode estar favorecendo a concentração de água, tornando mais susceptível a erosão. (SHIRAIWA *et al.*,2003).

Aplicando o GPR para localizar depósitos de estanho em Rondônia. PORSANI *et al.*,(2004) identificaram zonas com predominância de corpos de até 30m de profundidade com elevado padrão de reflexão. A aplicabilidade do equipamento foi constatada para esses fins, podendo ser anterior a sondagem, com o objetivo de se tornar mais viável financeiramente.

2.2 Solos

2.2.1 Argissolos

Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, com argila de baixa atividade e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem que apresente os requisitos para serem enquadrados nas classes dos Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos. A transição entre os horizontes A e Bt é geralmente clara, abrupta ou gradual. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenado, de cores avermelhadas ou amareladas, e menos frequente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, com acúmulo de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos (EMBRAPA, 1999).

Devido à mudança textural abrupta entre o horizonte A e o Bt, os Argissolos são muito susceptíveis a erosão, já que a água penetra facilmente nos horizontes superficiais tendo seu fluxo minimizado quando em contato com os horizontes subsuperficiais. O acúmulo de água nesse ponto faz com que a parte superior do perfil fique vulnerável a ação erosiva.

Os Argissolos estão amplamente distribuídos por todo o território brasileiros. Nos Tabuleiros baianos ele pode apresentar camadas adensadas, o que ocasiona impedimento ao desenvolvimento radicular de espécies arbóreas. Como essa região vem sendo ocupada intensamente pelo plantio de eucalipto, identificar essas camadas é fundamental para o sucesso desta atividade. Isso pode ser realizado utilizando GPR equipado com antena de alta frequência (UCHA *et al.*, 2002).

2.2.2 Latossolos

São constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300

cm se o horizonte A apresenta mais de 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2006). São solos com elevado grau de intemperização, destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo.

São normalmente profundos, com a espessura do solum raramente inferior a um metro. Apresentam pouca diferenciação entre os horizontes, com transições difusas ou graduais. São em geral solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases (EMBRAPA, 2006). São os solos mais comuns no Brasil (RESENDE *et al.*, 2005), com distribuição em todas as regiões. Sem impedimentos físicos, sua limitação de uso está relacionada principalmente com sua baixa fertilidade natural.

2.2.3 Neossolos

São constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso (com menos de 30cm), com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário. Possuem seqüência de horizontes A-R, A-C-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-C, sem atender, contudo aos requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Chernossolos, Vertissolos, Plintossolos, Organossolos ou Gleissolos. Esta classe admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo o horizonte O ou H hístico, com menos de 30cm de espessura quando sobrejacente à rocha ou a material mineral. Alguns solos têm horizonte B com fraca expressão dos atributos (cor, estrutura ou acumulação de minerais secundários), não se enquadrando em qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006).

Em nível de subordem existem os Neossolos Litólicos, Flúvicos, Quartzarênicos e Regolítico. Esse último são constituídos com horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr; admite horizonte Bi com menos de 10cm de espessura, e apresenta contato lítico a uma profundidade maior que 50cm, e ambos ou um dos seguintes requisitos:

- 4% ou mais de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) na fração areia grossos ou areia fina, porém referidos a 100g de TFSA em algum horizonte dentro de 200cm a partir da superfície;
- 5% ou mais do volume da massa do horizonte C ou Cr, dentro de 200cm de profundidade, apresentando fragmentos de rocha semi-intemperizada, saprólitos ou fragmentos formados por restos da estrutura orientada da rocha (pseudomorfos) que deu origem ao solo (EMBRAPA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas as classes de solos em diferentes áreas, sempre priorizando os locais que já haviam sido realizadas em outros trabalhos a fim de aproveitar os dados analíticos. Na Tabela 1 é possível visualizar as ordens e os locais dos solos estudados.

Tabela 1: Classes e a localização dos solos estudados no presente trabalho

Ordem dos solos	Localização	Coordenadas	Fonte
Argissolo Vermelho-Amarelo	Rio de Janeiro-RJ	UTM 23K 643032 7470330	Francelino, 2007
Argissolo Amarelo	Senador Guimard-AC		Acre, 2006
Latossolo Vermelho-Amarelo	Senador Guimard-AC		Acre, 2006
Neossolo Flúvico	Cachoeira de Macacu – RJ		
Neossolo Regolítico	Rio de Janeiro – RJ	UTM 23K 643244 7470589	Francelino, 2007

As amostras de solos apesar de terem sido analisadas química e fisicamente em diferentes laboratórios, todos seguiram as recomendações contidas em EMBRAPA (1997).

Os solos foram classificados seguindo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Foi utilizado Radar Penetrante do solo TerraSIRch modelo SIR-3000, equipado com antenas de 400 MHz para estudos de até 4 metros e de 900 MHz, que atinge até 1 metro 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.

Os dados foram coletados com 532 leituras em cada ponto. A caixa contendo as antenas foi montada sobre um trenó, o que permitiu uma aquisição contínua de dez metros de comprimento na parte central de cada transecto foi aberto cada perfil.

Todos os transectos percorridos pelo GPR foram registrados em GPS de navegação. O radar foi passado três vezes sob cada solo, em linhas (Figura 2), após ter realizado a calibração do odômetro do aparelho. O transecto representa a passagem com o equipamento, totalizando 10m de comprimento, distante 1m entre os transectos. Na parte central de cada transecto, aproximadamente 5m do início da passagem, foi aberto um perfil, para a análise e descrição do solo.

Uma barra de ferro, a uma profundidade conhecida, foi introduzida na base do perfil, no sentido transversal, objetivando estabelecer uma resposta radargramétrica clara e confiável que permitisse dar uma boa estimativa da profundidade alcançada. Isso auxiliou a calibração de profundidade de alcance do radargrama.

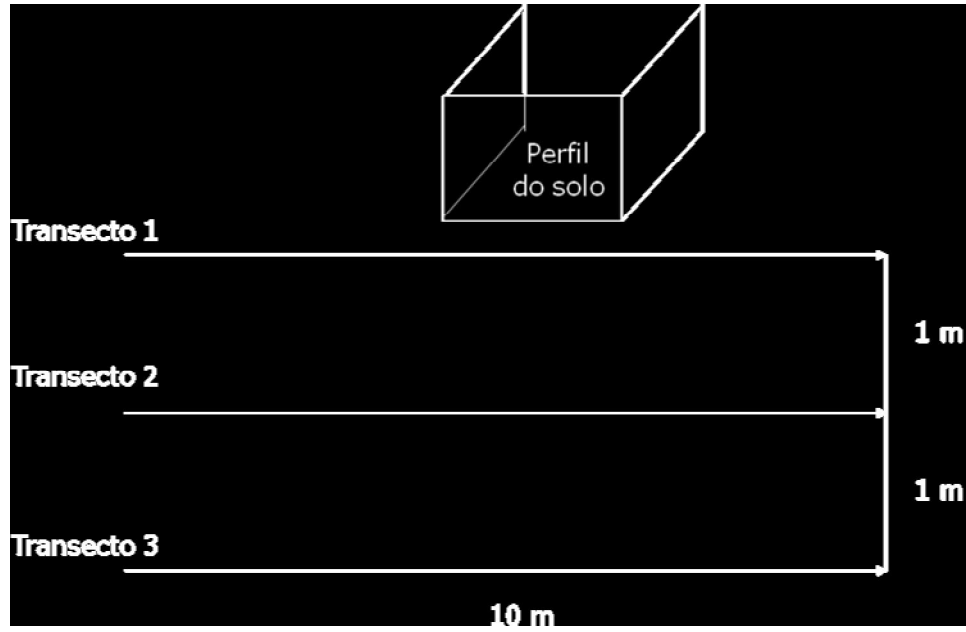


Figura 2: Desenho esquemático da coleta de dados com o GPR.

Na Figura 3 é possível visualizar o momento da passagem com equipamento, sob o Nessler-Regilítico.



Figura 3: Utilização do Georadar em área de Neossolo Regolítico.

A passagem do equipamento preferencialmente requer uma limpeza prévia do terreno para que o equipamento possa ser deslocado sem nenhum impedimento. O uso do equipamento após conhecer seu funcionamento é relativamente simples, necessitando apenas de duas pessoas: uma para controlar a coletora e outra para impulsionar a antena (Figura 3).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Argissolo Vermelho-Amarelo

O Argissolo Vermelho-Amarelo está localizado nas imediações da planta industrial da fábrica de vidros da AMBEV (Companhia de bebida das Américas).

Foi identificado no terço inferior da encosta de colina, sendo um solo profundo, sem camada de impedimento aparente e em relevo regional suave ondulado, sem problemas de drenagem. Possui apenas pequenos fragmentos de quartzo variando de 5 a 15 mm, que podem explicar algumas hipérbolas encontradas no radargrama (Figura 4). A descrição morfológica registra as principais propriedades dos perfis que podem ser relacionadas com a análise do radargrama. Apresenta textura inicial média no horizonte A, passando à argilosa nos 44 cm de profundidade. A estrutura no horizonte A é média granular, passando para blocos subangulares pequenos nos horizontes Bt1 e Bt2. Em geral a transição foi plana e difusa exceto no A1 que foi plana gradual. Essa condição no entanto não afetou a diferenciação observada no radargrama.

As Tabelas 2 e 3 sintetizam os resultados das análises químicas e físicas do Argissolo Vermelho-Amarelo. Analisando as características físicas é possível dizer que inicialmente a textura

é areia franca, passando por franco arenoso, até tornar-se argila a partir de Bt. Essa variação textural foi facilmente registrada no radargrama, principalmente utilizando a antena de 400 MHz, como pode ser observado na Figura 3. FRANCELINO *et al.*, (2007) encontraram resultados semelhantes estudando solos no município de Linhares – ES. Nota-se também um aumento de ruídos a partir de 2 metros de profundidade, indicando a presença de material mais condutivo, provavelmente siltoso, ou seja, horizonte C ou mesmo Cr.

Tabela 2: Análise química do Argissolo Vermelho-Amarelo

Horiz	pH _{água}	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	M	n	Corg	P	K
	1:2,5	Cmol _c / dm ³					----- % -----					gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹		
A1	5,2	0,109	2,8	1,0	0,07	2,3	0,30	3,98	6,28	63	7,0	1,7	7,7	18	28
A2	5,1	0,120	2,6	1,6	0,06	1,8	0,70	4,38	6,18	71	13,8	1,9	8,0	11	23
Bt1	4,9	0,124	3,0	1,5	0,06	2,8	1,05	4,68	7,48	63	18,3	1,7	3,7	11	23
Bt2	4,7	0,139	2,5	1,7	0,06	3,0	1,85	4,40	7,40	59	29,6	1,9	2,2	12	25

Tabela 3: Análise física do Argissolo Vermelho-Amarelo

Horiz.	Prof. (cm)	Argila	Argila	Areia	Silte	G.F*.
		natural	total	total		
		gkg ⁻¹				
A1	0-22	110	170	770	60	36
A2	22-44	200	270	680	50	26
Bt1	44-84	230	490	490	20	53
Bt2	84-150	10	500	490	10	98

* Grau de Flocculação.

Pode-se verificar no radargrama da antena de 900 MHz que este fornece mais detalhes que o da antena de 400 MHz. O horizonte Bt1 apresenta-se totalmente distinto dos demais. Ao longo do perfil verificam-se diversas variações verticais abruptas que podem ter ocorrido devido à presença de pequenos fragmentos de material quartzoso.

De modo geral na Figura 4 B distinção entre as duas porções argilosas de arenosas foi perceptível pelo GPR. Entre os horizontes A1 e A2 a refletância não é muito clara, podendo se confundir entre eles, já que o padrão de reflexão é muito parecido. À medida que aumenta a profundidade a distinção entre os horizontes é atenuada. A distinção entre o A2 e o Bt1 é claramente evidenciada por uma estrutura rosada, bastante homogênea e constante até aproximadamente um metro, onde cessa de repente, dando início ao Bt2. Esse horizonte apresenta

padrão totalmente diferenciado em relação ao Bt1, o que pode ocorrer provavelmente pelo fato do material presente no horizonte Bt2 ser mais homogêneo em termos mineralógico do que o Bt1.

Abaixo do Bt2 observa-se outro padrão de refletância diferenciado, com maior quantidade de ruído, indicando a presença de material com maior teor de silte. Com 4,5 metros de distância percorrida desde o início, numa profundidade de aproximadamente 3,5 metros, é possível perceber uma estrutura diferenciada, que percorre até o fim do transecto, chega a 2 metros de profundidade.

A Figura 4C apresenta o mesmo Argissolo, no entanto com maior grau de detalhamento, já que a antena passou a ser a de 900MHz, onde o nível de detalhe é bem maior. Analisando a figura é possível perceber que como em 4a, não é possível ter uma distinção clara entre os horizontes A1 e A2. A distinção começa a ser mais clara quando se inicia o Bt1, é o momento em que a refletância e a coloração são mais acentuadas, indicando tratar de uma superfície com padrões de refletância diferenciados, de um horizonte mais coeso, como o Bt1. O Bt2 também é perceptível, apresentando padrão diferenciado a partir de 80 cm de profundidade.

De modo geral o radargrama representa bem o Argissolo, podendo distinguir o horizonte Bt para qualquer uma das antenas estudadas.

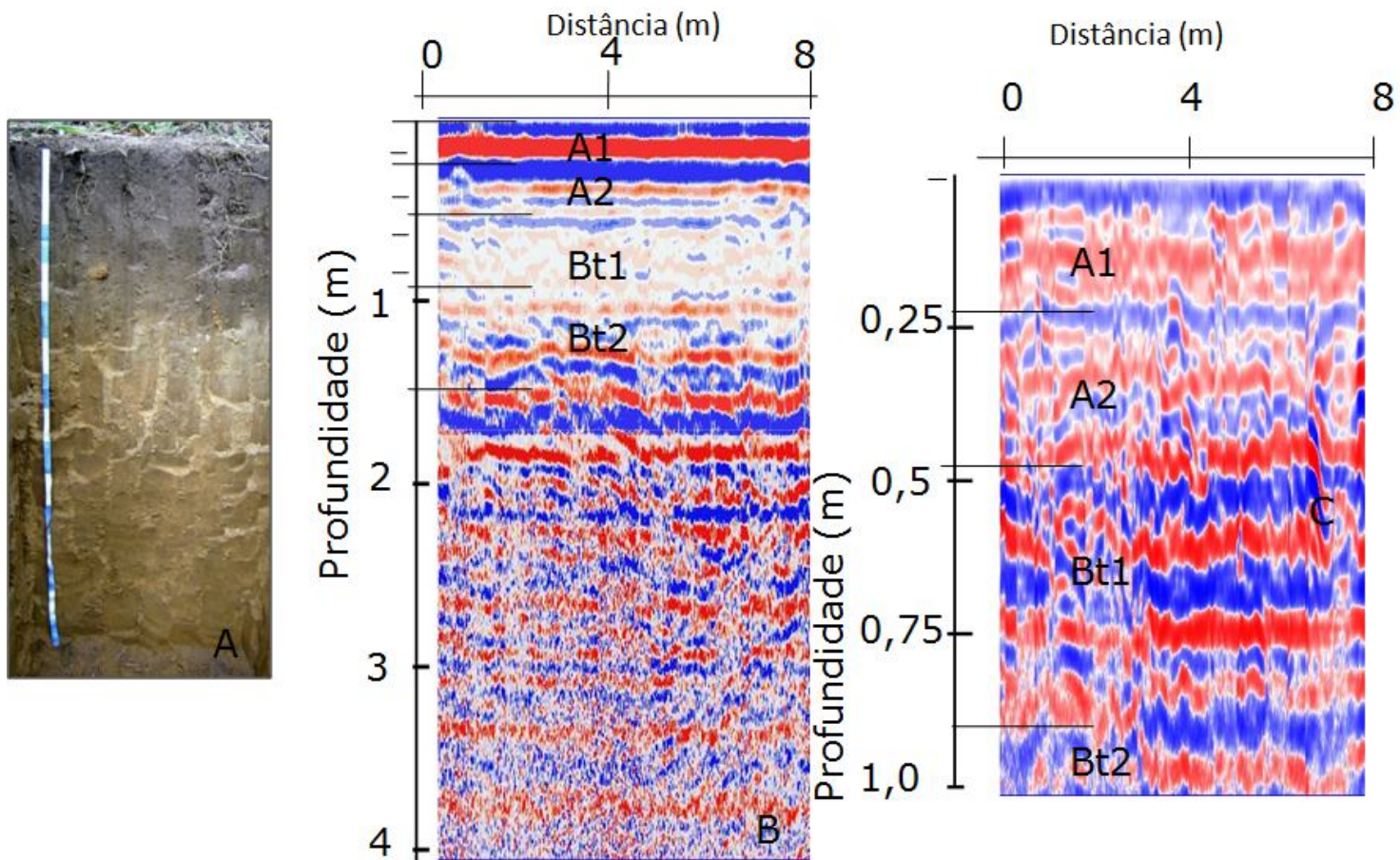


Figura 4: (A) Perfil do Argissolo Vermelho-Amarelo; (B)Radargrama com a antena de 400MHz; (C)Radargrama com a antena de 900MHz.

A justificativa dos radargramas apresentados pode ser explicada através da correlação com a análise física e a descrição morfológica da classe de solos em questão. A análise química não apresentou nenhum resultado tão expressivo a ponto de contribuir com boa resposta radargramétrica.

A transição entre os horizontes foi bem caracterizada nos radargramas (Figura 4), isso se deve em a transição plana gradual no horizonte A1, e plana difusa a partir de A2 (ANEXO B). A alta porcentagem de areia no horizonte A1 contribuiu com respostas mais tabulares e com colorações mais acentuadas. À medida que aumenta a porcentagem de argila, ocorre diminuição da coloração.

A estrutura, consistência, pegajosidade e plasticidade não promoveram uma boa resposta radargramétrica, já que em geral o perfil apresenta estrutura em blocos subangulares, macia, friável, não plástica e não pegajosa (ANEXO B).

4.2. Argissolo Amarelo

A análise física, Tabela 4, nos mostra se tratar de um horizonte A1 franco arenoso, passando a franco argiloso no segundo horizonte Bt. A areia é muito razoável nesse solo, chegando a 59% no primeiro horizonte e decrescendo em profundidade. Apresenta teores medianos de silte e acúmulo de argila no horizonte Bt, o que o caracteriza como um Argissolo. Na Tabela 5 são apresentadas as características químicas do solo. De modo geral o Argissolo Amarelo, é de baixa fertilidade natural, com altíssima taxa de Al no solo, chegando a se acumular o horizonte Bt; contribuindo para a saturação por alumínio, chegando a quase 90% no horizonte Bt.

Tabela 4: Análise química do Argissolo Amarelo

Horiz	pH _{água} 1:2,5	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	N	Corg	P
		----- Cmol _c / dm ³ -----				----- % -----					gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹		
A1	4,0	0,03	2,70	2,1	0,08	10,23	1,20	4,93	15,1	32,52	19,57	0,20	20,0	0
Bt	5,0	0,03	0,05	0,12	0,21	5,44	3,00	0,41	5,85	7,01	87,97	0,51	3,7	0

Tabela 5: Análise física do Argissolo Amarelo

Horiz.	Prof. (cm)	Argila total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte
		----- gkg ⁻¹ -----			
A1	0-60	180	200	390	230
Bt	60+	410	110	290	190

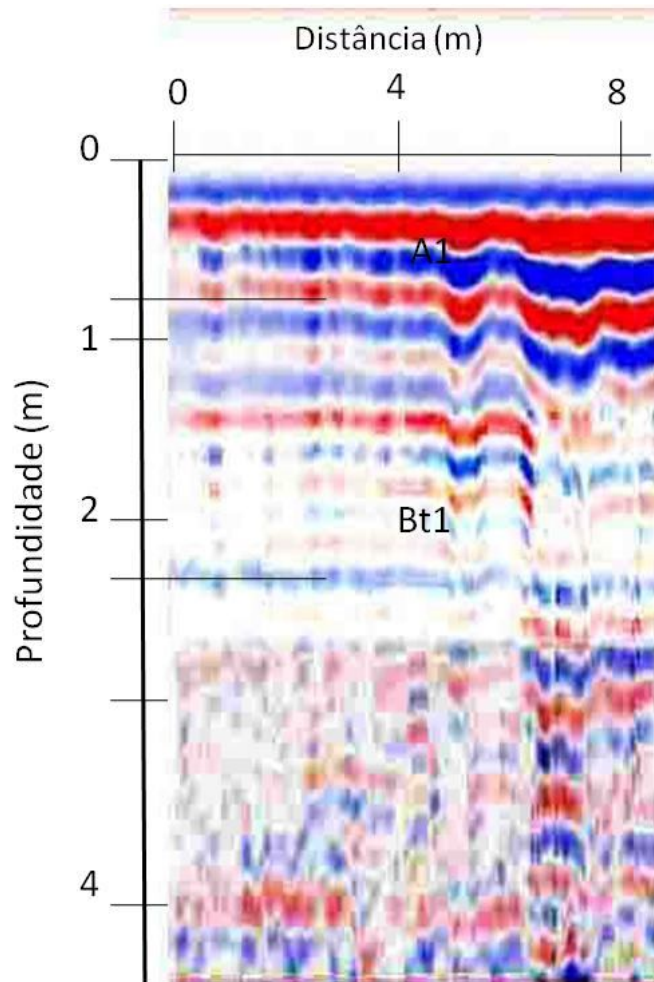


Figura 5: Radargrama do Argissolo Amarelo com a antena de 400 MHz.

Na figura 5 é possível perceber que o GPR pode caracterizar bem a presença do horizonte Bt, assim como a mudança textural, que embora não tenha sido descrito, é geralmente plana nos Argissolos, sendo bem representado nos radargramas.

É possível dizer que os radargramas dos Argissolos apresentados (Figura 4 e 5), mostraram claramente a presença do horizonte Bt. Para esse dois Argissolos pode-se estabelecer esse padrão, resultado que talvez possa ser característico de todos os Argissolos, no entanto é preciso mais estudos para ser confirmada essa hipótese.

4.3 Latossolo Vermelho-Amarelo

Em relação ao Latossolo, as análises químicas e físicas somente foram realizadas nos horizontes A e Bw. Esses apresentaram texturas franco-argilo-arenoso e argila respectivamente (Tabela 6). Ocorre um incremento no teor de argila em profundidade e a areia apresenta baixos teores, enquanto que o silte apresenta valores razoáveis. Esse tipo de textura pode afetar negativamente a reflectância do sinal do radar, conforme se pode visualizar na Figura 6.

A análise química mostra ser um solo extremamente pobre, com pouca quantidade de nutrientes. Apresenta baixos teores de Ca, Mg, K e P alta saturação por alumínio (Tabela7).

Tabela 6: Análise física do Latossolo Vermelho-Amarelo

Horiz.	Prof. (cm)	Argila Areia Areia			
		Total	Grossa	Fina	Silte
		gkg ⁻¹			
A	0-81	240	140	460	170
Bw	81+	450	70	330	150

Tabela 7: Análise química do Latossolo Vermelho - Amarelo

Horiz	pH _{água} 1:2,5	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	M	N	Corg	P
		Cmol _c / dm ³								%		gkg ⁻¹ mgkg ⁻¹		
A	4,0	0	0,10	0,41	0,07	8,07	1,00	0,58	8,6	6,71	63,29	0	15,9	1,65
Bw	4,0	0	0,20	0,08	0,03	6,46	1,50	0,31	6,7	4,58	82,87	0	13,0	0,32

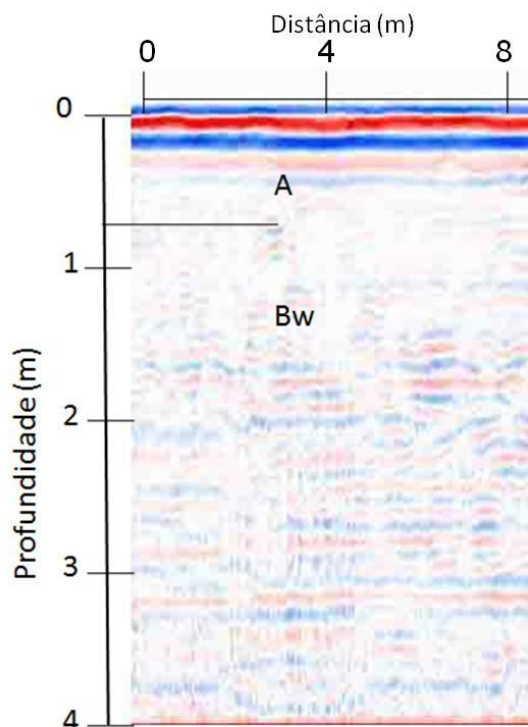


Figura 6: Radargrama do Latossolo Vermelho-Amarelo com antena de 400 MHz.

A leitura desse perfil foi realizada um dia após ter chovido na região, fazendo com que o teor de umidade de horizonte superficial estivesse alto, o que intensificou a reflectância desse material e gerou as linhas mais definidas presente nos horizontes superficiais (Figura 6). Tal influência também foi verificado por FRANCELENO *et al.*, (2007) em solos do delta do rio Doce.

Não foi possível a passagem do GPR com a antena de 900MHz, o que provavelmente traria melhor detalhamento da transição dos horizontes, o que não foi tão caracterizado pela antena de 400MHz, já que a transição gradual e difusa não possibilitou respostas das mudanças dos horizontes.

Por tratar-se de material mais homogêneo, o Latossolo não apresentou diferenças perceptíveis na análise do radargrama, diferentemente do Argissolo e do Neossolo. Esse resultado pode ser característico desse tipo de solo em estudo com o georadar.

4.4. Neossolo Regolítico

O Neossolo Regolítico está situado na encosta do terço médio de uma pequena colina aplainada com afloramento de material gnaisse-migmatito, situada no interior da fábrica de vidros da AMBEV. A sua profundidade é alterada conforme diminui a altitude do terreno. Esse solo apresenta ótima reserva natural de nutrientes, porém é fortemente limitado pela profundidade e presença de lentes quartzo-feldspática. Essas lentes possuem espessura que varia de 15 a 25 cm e encontram-se espalhadas em diferentes posições ao longo do perfil (vertical, horizontal e diagonal). Dependendo da posição em que ocorre pode representar obstáculo ao aprofundamento do sistema radicular. Vale destacar o alto teor de areia nos horizontes AC e CR, conseqüente da presença de fragmentos de rocha semi-intemperizada ou saprólito.

Tabela 8: Análise química do Neossolo Regolítico

Horiz	pH _{água}	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	M	n	Corg	P	K
	1:2,5	----- Cmol _c / dm ³ -----									----- % -----	gkg ⁻¹	mgkg ⁻¹		
Ap	6,2	0,026	6,2	3,6	0,15	2,8	0,00	9,97	12,7	78	0,0	0,2	25,7	30	57
A	5,2	0,029	3,8	2,2	0,06	3,3	0,00	6,09	9,39	65	0,0	0,3	10,2	7	25
AC	5,5	0,058	3,0	2,5	0,05	1,2	1,00	5,61	6,81	82	15,1	0,9	1,1	4	21
CR	5,9	0,168	3,3	2,4	0,06	0,3	0,50	5,93	6,23	95	7,8	2,7	0,6	1	23

Tabela 9: Análise física do Neossolo Regolítico

Horiz.	Prof. (cm)	Argila	Argila	Areia	Silte	GF*
		natural	total	total		
		gkg ⁻¹				
Ap	0-5	150	280	560	160	48
A	5-30	220	290	640	70	26
AC	30-50	40	80	870	50	53
CR	50-150	10	50	940	10	89

*Grau de Flocluação

O perfil foi descrito como um Neossolo Regolítico, com textura média, sendo franco-argilo-arenosa no horizonte A e areia a partir de AC. O grau de flocluação em geral é médio tendo um aumento a profundidade.

A Figura 7B mostra a imagem radargramétrica do Neossolo Regolítico com a antena de 400MHz, onde é possível distinguir os horizontes Ap pela uniformidade e forma do padrão de reflexão. O A e o AC já apresentam várias hipérboles, indicando a presença de materiais diferenciados, provavelmente alguns calhaus. O horizonte CR já exibe um padrão mais homogêneo até atingir o material de origem a 150 cm de profundidade. A partir dessa profundidade o padrão muda novamente, aparentando padrões mais irregulares, com muitos ruídos.

A Figura 7C apresenta o radargrama da antena de 900 MHz, onde observa-se um maior detalhamento em relação a presença das hipérboles nos horizontes A e AC. Pode notar também uma diferenciação no horizonte CR, onde a partir dos 75 cm verifica-se uma maior presença de ruídos, que provavelmente deve ter sido ocasionado por um maior teor de silte. Poderia, portanto, diferenciar esse horizonte em Cr1 e Cr2, ou mesmo estender o horizonte AC até essa profundidade e separá-lo em AC1 e A

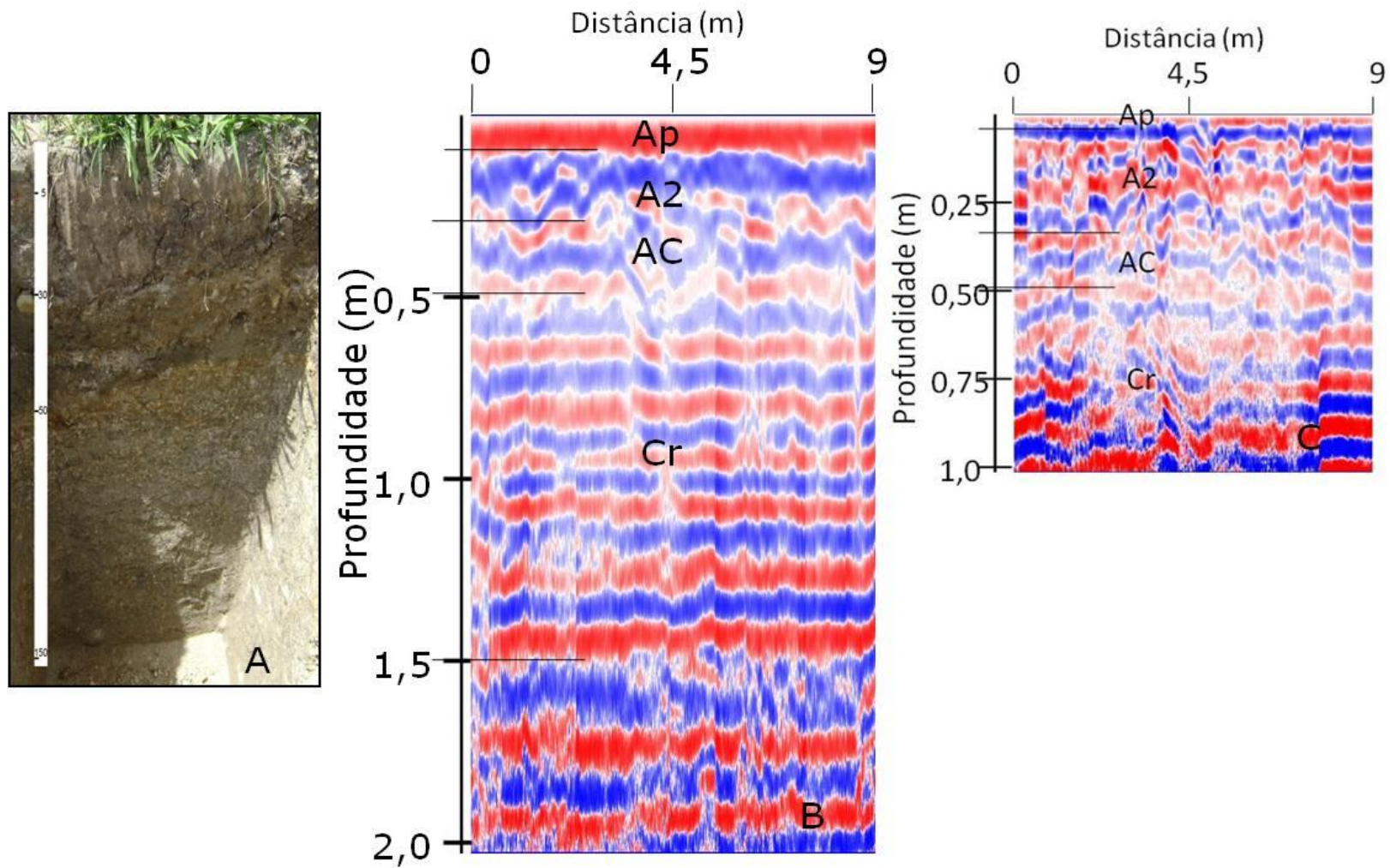


Figura 7: (A) Perfil do Neossolo Regolítico; (B) Radargrama com a antena de 400MHz; (C) Radargrama com a antena de 900MHz.

A transição ondulada e abrupta dos horizontes A2 e AC, plana e difusa do horizonte Ap, foi bem representada nos radargramas (Figura 7). O acúmulo de areia a partir do horizonte AC, intensificou o padrão no radargrama de 400MHz (Figura 6B), sendo caracterizado por respostas mais contínuas e homogêneas, com hipérbolas definidas, característico de fragmentos de rocha semi-intemperizada.

A estrutura e a consistência não foram marcantes para geração de respostas radargramétricas características. (ANEXO B).

4.5. Neossolo Flúvico

Esse solo encontra-se localizado às margens atual do rio Macacu, atualmente utilizado com plantio de goiabeira. Até o momento não foi descrito e nem analisado, mas o resultado do radargrama utilizando a antena de 400 MHz mostra um padrão típico deste solo (Figura 8), onde se percebe a existência de diversas camadas sobrepostas de forma irregular, caracterizando bem as condições típicas do Neossolo Flúvico. O sinal forte nas cores vermelha e azul correspondem à alta umidade das camadas inferiores. O lençol freático acompanha a irregularidade das camadas, como pode ser observado na parte inferior do radargrama.

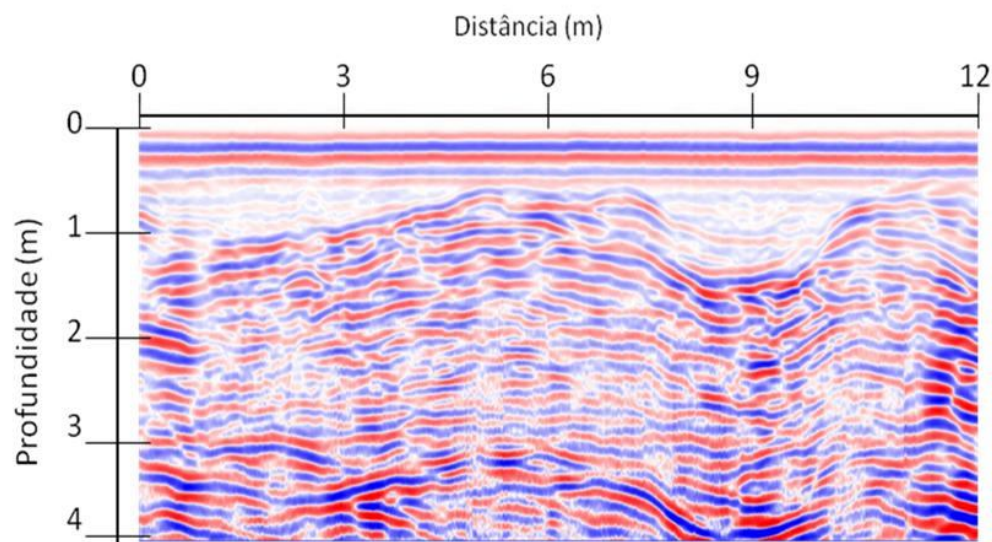


Figura 8: Radargrama do Neossolo Flúvico com antena de 400 MHz.

Apesar de não termos dados analíticos, da química e física do Neossolo Flúvico, algumas considerações podem ser feitas em relação à resposta radargramétrica obtida. São solos formados pela deposição de material flúvico, material extremamente susceptível a ação hídrica do lençol freático. Normalmente nesses solos é possível distinguir facilmente a presença de duas porções; uma arenosa mais superficial e outra mais argilosa na subsuperfície.

O material arenoso, não permite qualquer compactação, ficando muito vulnerável a ação do lençol freático. Isso foi claramente visualizado na Figura 8, onde é possível perceber o limite dos montes arenosos, tendo seus picos chegando a um metro de profundidade. A coloração fica mais evidente ao aproximar de 3 m, isso é possivelmente explicado pela presença do lençol freático, onde seu percurso é acompanhado por essa coloração mais evidente.

5. CONCLUSÃO

A investigação da subsuperfície do solo com o uso do GPR possibilitou uma análise dos padrões de respostas, gerado pelo aparelho. Além de permitir uma visualização contínua de toda a extensão percorrida pelo aparelho. A antena de 400MHz gerou radargramas com respostas que representam características mais típicas dos solos estudados quando comparado com a antena de 900MHz. A umidade e a matéria orgânica mais características dos horizontes superficiais, contribuíram com respostas mais tabulares e de coloração mais evidenciada. Os radargramas mostraram claramente características dos solos estudados, tais como: O horizonte Bt em Argissolos, a não distinção dos horizontes no Latossolo, respostas hiperbólicas caracterizando o Neossolo Regolítico e por último a deposição dos materiais flúvicos, característico de Neossolo Flúvico.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo ainda são incipientes, porém verifica-se um grande potencial de aplicações do georadar em estudos pedológicos, necessitando-se realizar varreduras em outras classes de solos em diferentes regiões, de forma a determinar com mais detalhes, padrões específicos para cada classe. Solos como os Espodossolos, Cambissolos, Plintossolos e Neossolos Quartzarênicos provavelmente apresentarão respostas bastante diferenciadas, o que permitirá melhor compreensão do comportamento destas classes, quando submetidas ao estudo com o georadar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Zoneamento Ecológico-Econômico do estado do Acre Fase II: documento síntese. Rio Branco: SEMA-AC. 2006. 356p.

ARANHA, P. R. A. & SOBREIRAB, F. G. Utilização do Geo-radar na identificação de feições associadas ao escorregamento ocorrido em Realeza, Manhuaçu – MG. Revista de Geologia, Vol. 19, nº 1, 35-47, 2006.

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. Koppelman and H. Lee eds.) Proceedings of SPIE 4758; p.302-307. 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.,

CETESB. Métodos geofísicos Geofísica aplicada à detecção da contaminação do solo e das águas subterrâneas. Projeto CETESB – GTZ. 1999. 13p.

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. Ground penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting. 37(5): 531-551. 1989.

DOURADO, J. C., CHANG, H. K., MALAGUTTI FILHO W., BRAGA, A. C. de O., Utilização de radar de penetração no solo na Detecção de Estruturas Artificiais rasas no solo. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 22, N. Especial, p. 75-81, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA solos, Rio de Janeiro, 412p. 1999.

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

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

FONTANA A; GERVASIO M. P.; NASCIMENTO G. B.; ANJOS L. H. C.; EBELING A. G. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região norte Fluminense-RJ. Floresta e Ambiente, V. 8, n.1, p.114 - 119, jan./dez. 2001.

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).

FRANCELINO, M.R. Solos e ambiente na AMBEV-Vidros. Seropédica: Relatório do convênio Ambev-Fapur. 25p. 2007.

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.

IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de pedologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 300 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 4).

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

LANI, J. L.; FRANCELINO, M.R.; ARANHA, P.R.A; ROSADO, V.B.; VILARINHO, E.S. Uso de GPR na identificação da profundidade do lençol freático e na mudança textural. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2005, Recife. 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, Vol. 35 (3), 367-374, 2005.

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

PORSANI, J.L., MENDONÇA, C. A., BETTENCOURT, J. S., HODO, F. Y. Investigações GPR nos distritos mineiros de Santa Bárbara e Bom Futuro: Província estanífera de Rondônia. Revista Brasileira de Geofísica (2004) 22(1): 55-66.

REDMAN, J.D. AND SANDER, K.A: Observed migration of a Controlled DNAPL Release by Geophysical Methods. Ground Water, Vol. 33, No. 6, Nov.-Dec.1995, pp. 977-987.

SHIRAIWA, S., MOURA, I. B., PORSANI, J. L. O uso do GPR para estudo de estruturas pedológicas de uma vertente relacionada. Eighth International Congress of The Brazilian Geophysical Society. 2003.

SILVA, G.H., LEAL, J.W., MONTALVÃO, R.M., BEZERRA, P.E., PIMENTA, O.N. dos S., TASSINARI, C.C.G., FERNADES, C.A.C. Geologia. In Projeto RadamBrasil, folha SC 21 Juruena. Rio de Janeiro. P.75-76, 1980.

TOPP, G.C; DAVIS, J.L. & ANNAN, A.P. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. Water Resour. Res.16: 574-582, 1980.

UCHA, J.M., BOTELHO M., VILAS BOAS G. S., RIBEIRO L. P. & SANTANA P. S. Uso do radar penetrante no solo (GPR) na investigação dos solos dos tabuleiros costeiros no litoral norte do estado da Bahia. Revista brasileira de ciências do solo, 26: 373-380 2002.

ANEXO A

PERFIL N° 07

Data: 08/12/2007

Classificação: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico latossólico A proeminente relevo suave ondulado fase floresta tropical subperinifólia.

Localização: AMBEV vidros, próximo ao depósito de cascalhos de vidros. Coord. UTM 23K 643032 7470330.

Situação e declive: Trincheira aberta em terço inferior de encosta (barranco).

Altitude: 33 m

Litologia: Gnaisse-migmatito

Material de origem: Intemperização do material supracitado.

Uso atual: Pastagem de colônia.

Vegetação primária: Floresta tropical subperinifólia.

Drenagem: Bem drenado.

Erosão: Não aparente.

Relevo local: Ondulado

Relevo regional: Suave ondulado

Pedregosidade: Não pedregosa.

Rochosidade: Não rochosa

Raízes: Média e comuns no Ap, raras e finas no A2, finas e raras no Bt1.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0-22 cm, textura média; fraca, média granular; macia, friável, não plástica e não pegajosa; transição plana gradual.

A2 22 – 44 cm, textura média; fraca, pequena blocos subangulares; macia, friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e difusa.

Bt1 44 - 84 cm, argilosa; fraca, média blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.

Bt2 84 - 150⁺cm, argilosa; fraca, média blocos subangulares; moderado, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

PERFIL N° 02

Data: 22/11/2007

Classificação: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico léptico relevo ondulado fase floresta tropical de várzea

Localização: AMBEV vidros coord. UTM 23K 643244 7470589
Situação e declive: Trincheira aberta em terço médio de encosta ao lado esquerdo da rua de acesso à fábrica.
Altitude: 32 m
Litologia: Gnaisse-migmatito
Material de origem: Intemperização do material supracitado.
Uso atual: Pastagem de colonião.
Vegetação primária: Floresta tropical subperinifólia.
Drenagem: Imperfeitamente drenado.
Erosão: Não aparente.
Relevo local: Ondulado
Relevo regional: Suave ondulado
Pedregosidade: Moderadamente pedregosa
Rochosidade: Muito rochosa
Raízes: Finas e comuns no Ap, abundante no AC e ausentes no Cr.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

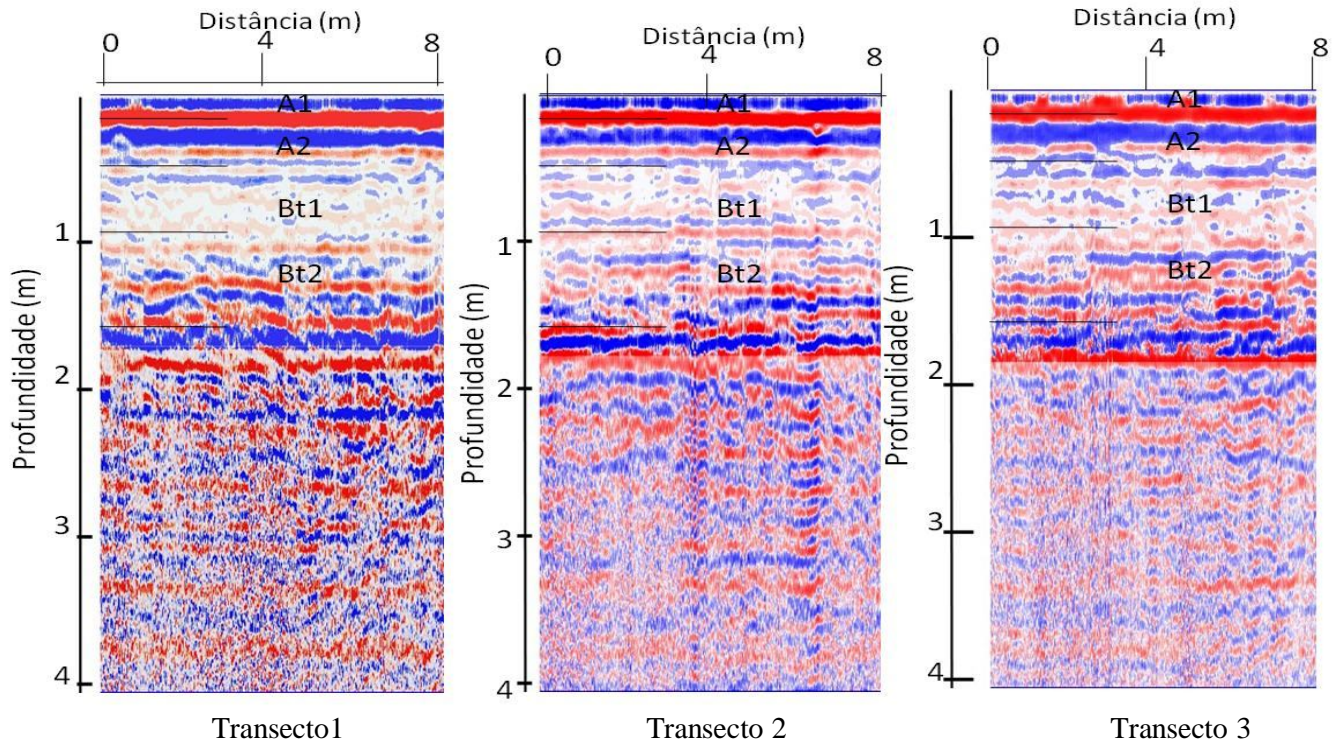
Ap 0-5 cm, textura média; fraca pequena blocos sbangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição planada e difusa.

A2 05 – 30 cm, textura média; fraca e média blocos angulares e subangulares; macia, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e abrupta.

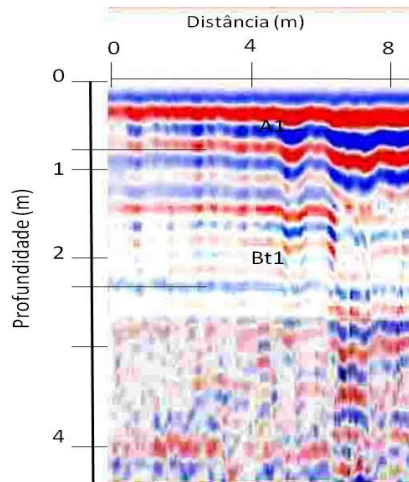
AC 30-50 cm, Areno-siltosa; maciça; não pegajoso e não plástica; transição ondulada e abrupta.

Cr 50-150⁺ cm

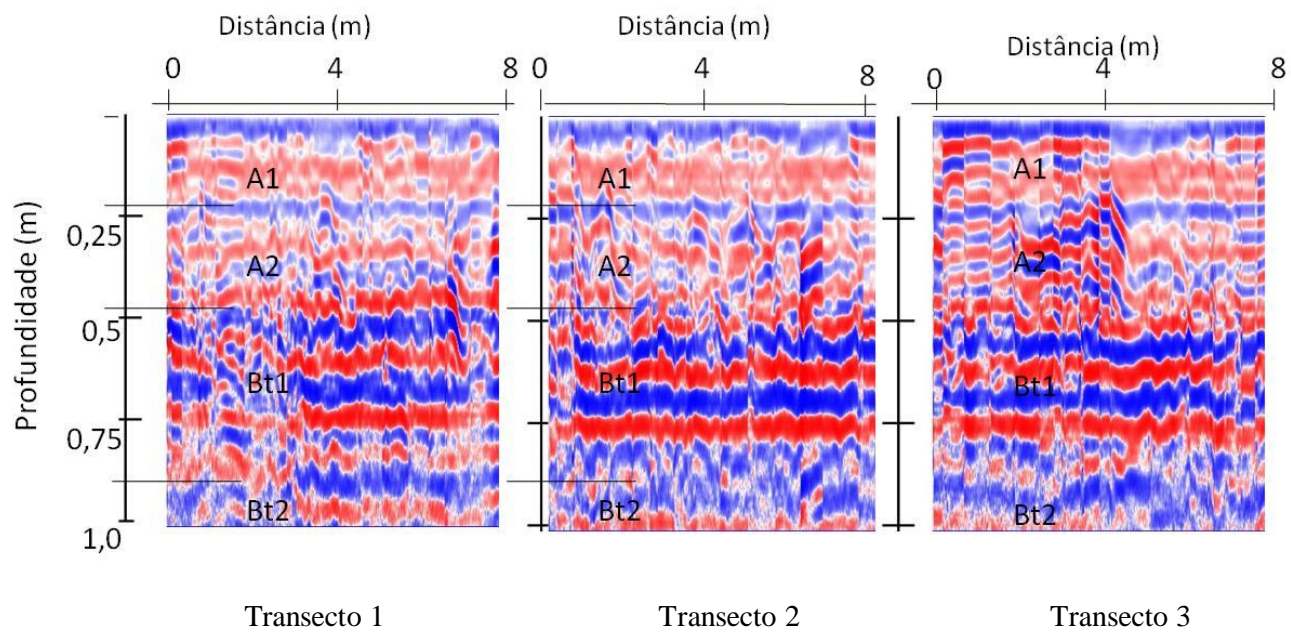
ANEXO B



Anexo B1: Radargrama do Argissolo Vermelho-Amarelo com a antena de 400MHz.

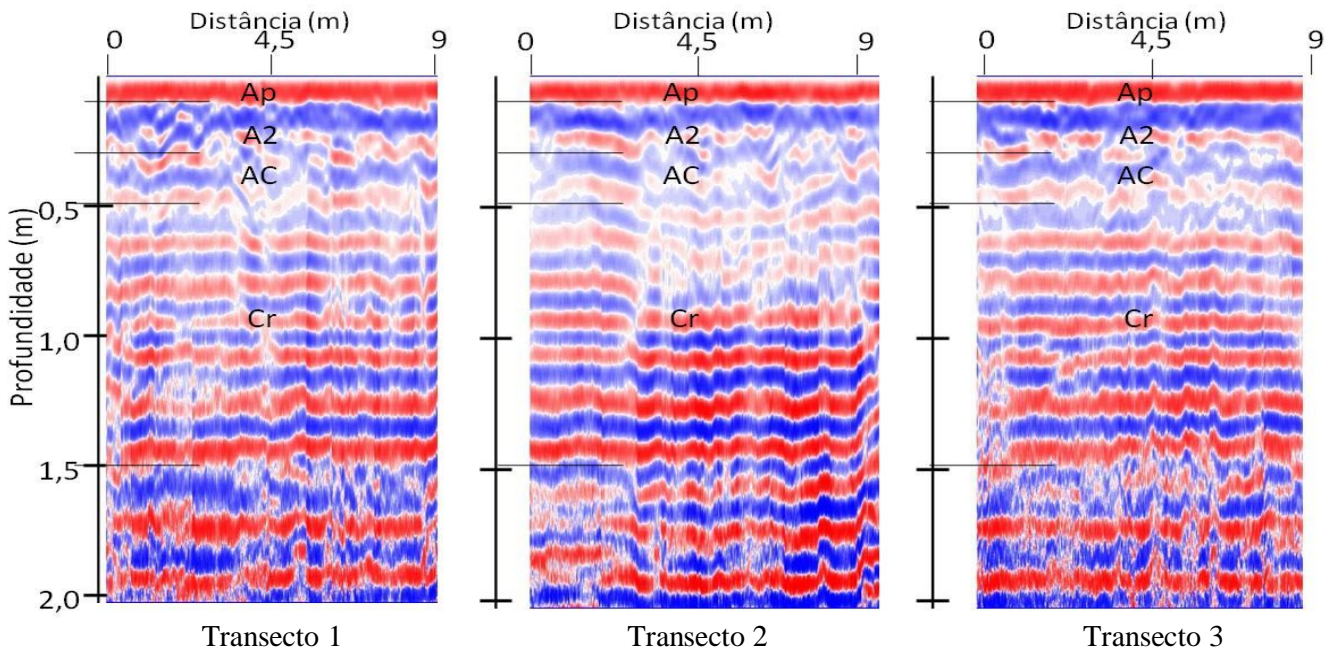


Anexo B2: Radargrama do Argissolo Amarelo com a antena de 400MHz.

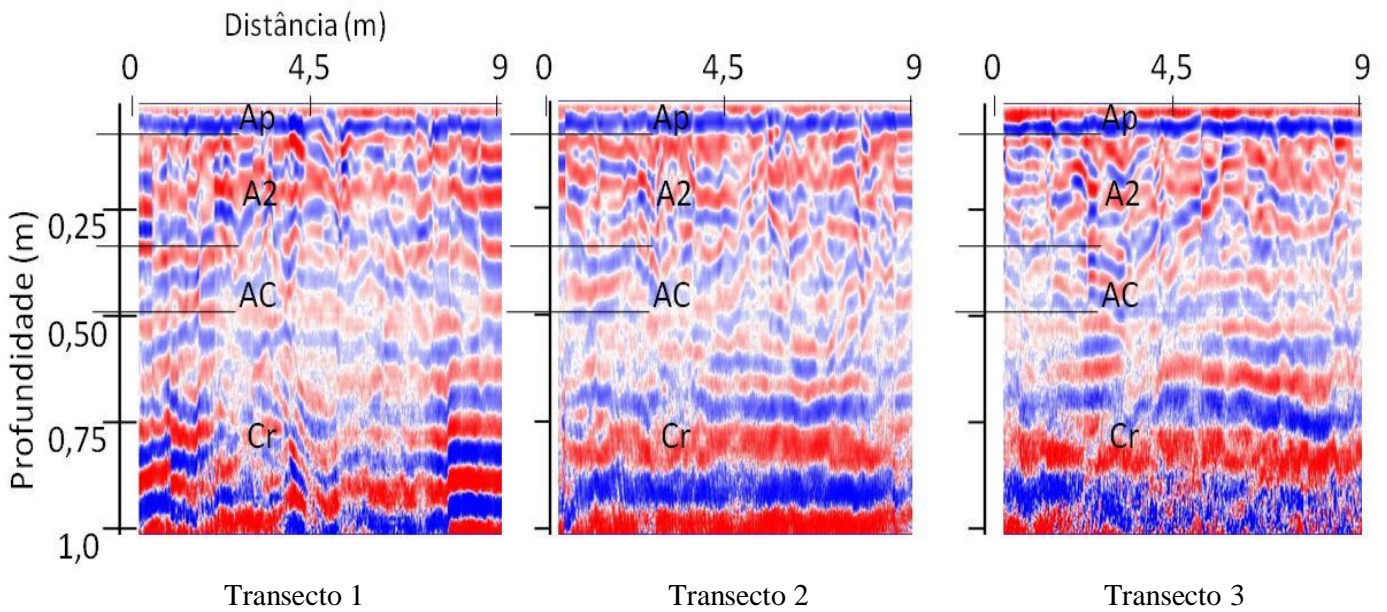


Anexo B3: Radargrama do Argissolo Vermelho-Amarelo com a antena de 900MHz.

ANEXO C



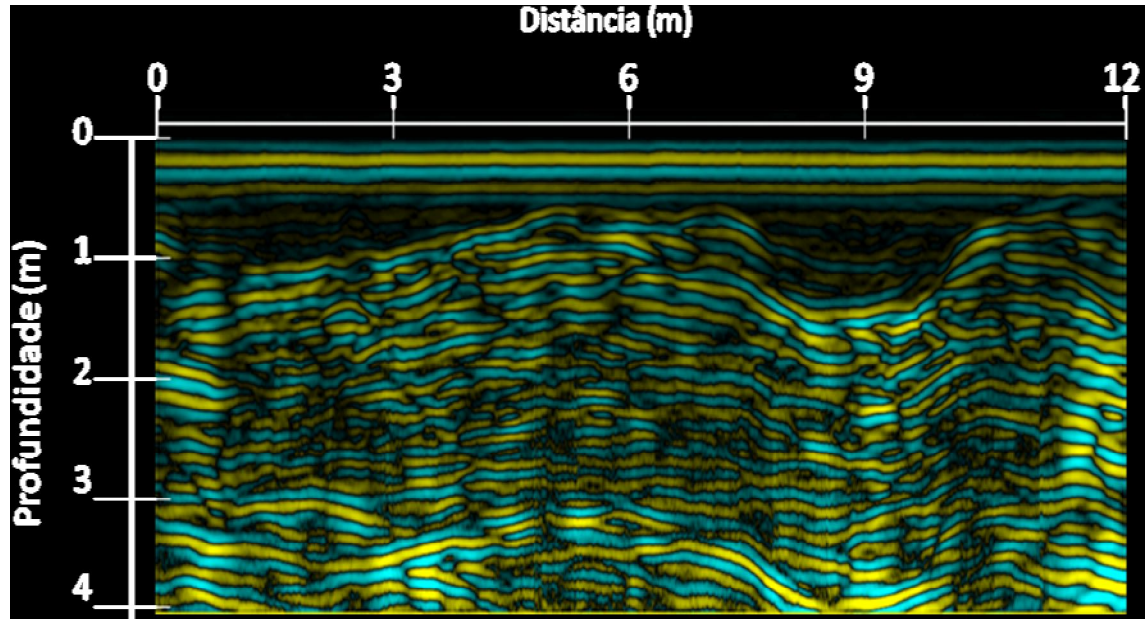
Anexo C1: Radargrama do Neossolo Regolítico com a antena de 400MHz.



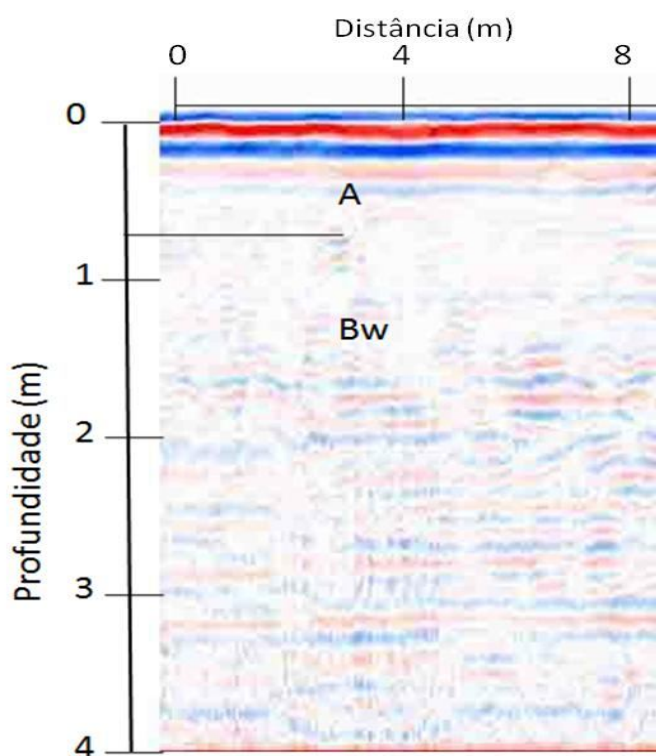
Anexo C2: Radargrama do Neossolo Regolítico com a antena de 900MHz.

ANEXO D

Anexo D: Radargrama do Neossolo Flúvico com a antena de 400MHz.



ANEXO E



Anexo E: Radargrama do Latossolo Vermelho-Amarelo com a antena de 400MHz.