

## **Uso de georradar no estudo de camadas compactadas por pisoteio bovino.**

Tom Adnet Moura<sup>1</sup>  
Carlos Eduardo Gabriel Menezes<sup>2</sup>  
Márcio Rocha Francelino<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ  
Telefone 21 – 2267-7158 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
tom\_adnet@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – Campus Pinheiral  
Telefone 24 – 3356-3610 - Pinheiral - RJ, Brasil  
ceduardogm@uol.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ  
Telefone 21 – 2682-1128 - Seropédica - RJ, Brasil  
marciorocha@ufrj.br

### **Abstract**

The following paper is an study of compaction caused by cattle trampling in different soils using GPR - *Ground Penetrating Radar*. The study was conducted in the city of Pinheiral, located in the southern state of Rio de Janeiro, whose predominant land use is pasture and barns, in two areas used as pasture, characterized as Urtisol and Oxisol. The signal propagation depends on the electrical properties of materials and changes in these properties make it part of the reflected signal and will change, so the georradar responses are directly linked to soil characteristics. In each place, the transition between the cattle trampling path and adjacent open areas was analyzed by two sweeps downward the gradient of altitude with the 900MHz GPR antenna. Data from impact penetrometer in soil were used to compare with radar grams, besides soil analysis. Through analysis of radiograms noted that the GPR antenna equipped with a 900 MHz allowed verification of compacted areas, allowing also the analysis of the depth of the area affected by animal trampling on these soil types of the moisture present at collection existing of data. Note that in a situation of slopes, compacted tracks favor a damming surface soil moisture, which favors the appearance of erosive process, especially in the areas of Urtisols that are on the surface of a Bt factor preventing.

**Palavras-chave:** geophysics, pedology, pasture, soil erosion, geofísica, pedologia, pastagem, erosão do solo.

## 1. Introdução

Devido ao potencial efeito da compactação causada pelo pisoteio de bovinos, a taxa de infiltração de água no solo pode ser reduzida a níveis acentuados, aumentando o risco de erosão, de déficit hídrico e nutricional nas plantas, fazendo com que suas raízes desenvolvam-se superficialmente, diminuindo a sua produtividade (MORAES et al., 1995).

O pastoreio excessivo e/ou alta taxa de lotação, a falta de sistematização das áreas com declive acentuado, o uso de fogo e de espécies de gramíneas de baixa produtividade e de baixa resistência ao pisoteio, associados com a falta de investimentos, ocasionam a degradação das pastagens. De acordo com Vieira (1985), o aumento da densidade e da microporosidade do solo e a redução da porosidade total e da macroporosidade, promovem alterações nas relações de ar, água e temperatura do solo, afetando negativamente a germinação, emergência, crescimento e produção das plantas.

Apesar de efeito generalizado e vários estudos, o estado de compactação induzido pelo pisoteio animal ainda não é bem definido e justifica esforços da pesquisa no sentido de definir parâmetros que possam orientar sistemas de manejo de animais e de solos (SEIXAS e OLIVEIRA JR., 2001). Diversos são os métodos para se analisar a compactação do solo, entretanto, existem ferramentas da geofísica que podem auxiliar no estudo da compactação do solo e que ainda são pouco utilizadas para essa finalidade (UCHOA et al., 2002; LANI et al., 2005; FRANCELINO et al., 2007). Dentre elas, o Radar Penetrante no Solo (*Ground Penetrating Radar* - GPR) ou simplesmente georradar, se destaca por possibilitar uma visualização detalhada dos horizontes do solo próximos à superfície (GLÓRIA, 2002) com a vantagem de ser um método não invasivo. Assim, esse trabalho teve como objetivo analisar a compactação originada pelo pisoteio bovino em duas áreas com diferentes classes de solos: Argissolo e Latossolo utilizando georradar, em áreas de pecuária extensiva no município de Pinheiral, RJ.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo.

O estudo foi desenvolvido em duas encostas utilizadas como pastagem extensiva na bacia do Ribeirão Caximbal, município de Pinheiral, região sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é classificado como Cwa – clima tropical de inverno seco e verão chuvoso, a região apresenta várias formas de relevo com distintos graus de dissecação. A altitude varia desde 360 metros na grande várzea do Paraíba do Sul, foz do Caximbal, até 720 metros na serra do Arrozal, no interflúvio ao sul da bacia do ribeirão Caximbal. Pinheiral encontra-se na unidade geomorfológica da depressão do médio Paraíba do Sul, onde é freqüente a presença de colinas colmatadas que fazem a interface com o grande '*Graben-Horst*' que caracteriza esse sistema (RADAMBRASIL, 1983). A região está inserida no domínio ecológico da Mata Atlântica, cuja vegetação original denomina-se Floresta Pluvial Baixo Montana.

No município foram escolhidas duas encostas, uma sobre Argissolo e uma sobre Latossolo. A encosta sobre Argissolo está localizada em elevação com comprimento de encosta em torno de 120 metros, dividida nos seguintes compartimentos: topo com declive de 17%; terços superior, médio e inferior da vertente com formato linear, convexo e côncavo, e declives de 26, 29, e 37%, respectivamente. Já a encosta sobre Latossolo localiza-se numa toposequência com Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico dominando o terço médio e com Nitossolo no terço superior e inferior.

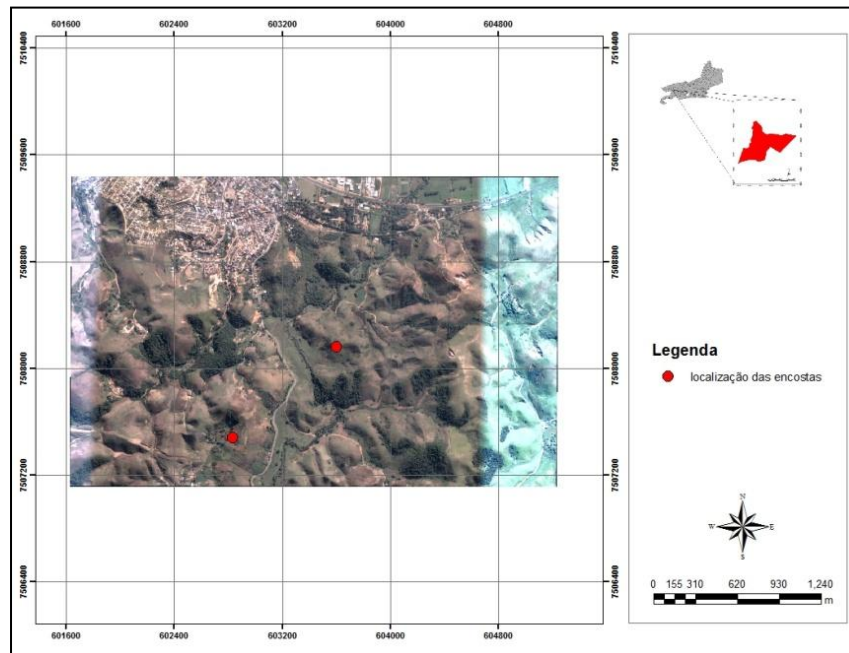


Figura 1. Localização da área de estudo.

## 2.2 Georradar e Penetrômetro de Impacto

Nesse estudo foi utilizado Radar Penetrante do solo *TerraSIRch* modelo SIR-3000, equipado com antena de 900 MHz, que possui capacidade de realizar leituras de até 1 metros de profundidade, com comprimento de registro de 256 ns com 512 amostras por traço.

Foram realizadas no total duas passagens com o georradar em cada área, totalizando 4 passagens com linha de varredura de aproximadamente 30 metros de comprimento e cerca de 1 metro de largura. Os dados foram coletados de maneira contínua e o georradar foi tracionado de modo transversal, no sentido da maior concentração dos denominados “caminhos de boi”. Em todas as áreas foram registradas as posições geográficas com equipamento de recepção de sinais de satélite de sistema de posicionamento global do tipo navegação modelo GPS MAP 76 CSX GARMIN, sendo coletados pontos nos extremos de cada transecto realizado.

Para validar os dados obtidos com o georradar, foi utilizado um penetrômetro de impacto no solo. Este aparelho tem por finalidade medir a resistência do solo à penetração, assim foram realizadas três repetições para cada ponto de leitura, dentro e fora das faixas compactadas, de forma a verificar a variação na compactação existente entre as duas condições e compará-las aos registros existentes nos radargramas. O processamento dos dados seguiu o modelo criado por Stolf (1987), onde a análise da compactação se dá pela razão entre o número de impactos realizados e a profundidade alcançada. As amostragens com o penetrômetro foram realizadas imediatamente após às varreduras com o Georradar.

Foram utilizados os softwares *Radan file Viewer 1.0* e *Radan to Bitmap* para gerar a imagem bidimensional dos radargramas.

### **3. Resultados e discussão**

#### **3.1 Área 1 – Encosta com Argissolo**

Através da análise dos dois radargramas gerados, foi possível verificar a existência de camadas compactadas distribuídas ao longo de toda a encosta. As áreas de “caminho de boi” apresentaram uma atenuação significativa no sinal do georradar, deixando uma imagem mais clara e desfocada na parte superficial do radargrama até uma profundidade de aproximadamente 10 cm, conforme observado na Figura 2. A presença dessa camada afetou a propagação do sinal abaixo dela, provocando deslocamento das faixas radargramétricas representadas do azul e do vermelho até uma profundidade de aproximadamente 40 cm.

As faixas com cores mais fortes (maior contraste) existentes a cerca de 8 e 20 metros no radargrama partindo-se da esquerda, correspondem a áreas mais úmidas, padrão semelhante ao encontrado por Médice (2007). Elas ocorrem imediatamente anteriores a presença das camadas mais compactadas, o que pode estar sendo ocasionada por uma possível ação de represamento da umidade subsuperficialmente, ou seja, um funcionamento semelhante às barragens subterrâneas visto tratar-se de uma encosta.

De forma geral pode-se observar uma maior umidade da parte superficial até uma profundidade de 40 cm, verificada pela presença de linhas tabulares mais fortes nessa camada. Essa profundidade coincide com a presença do horizonte Bt, o que pode explicar esse fenômeno, pois a presença de uma camada com maior teor de argila pode estar diminuindo a infiltração da água. Essa condição pode favorecer a instalação de um processo erosivo, principalmente se a cobertura do solo for retirada e o surgimento de novas áreas adensadas se intensificarem.

Os dados obtidos com o Penetrômetro de Impacto geraram dois gráficos (Figura 03), um representando as áreas de caminhos de boi e outro as áreas adjacentes, relacionando a razão entre o número de impactos realizados e a profundidade alcançada.

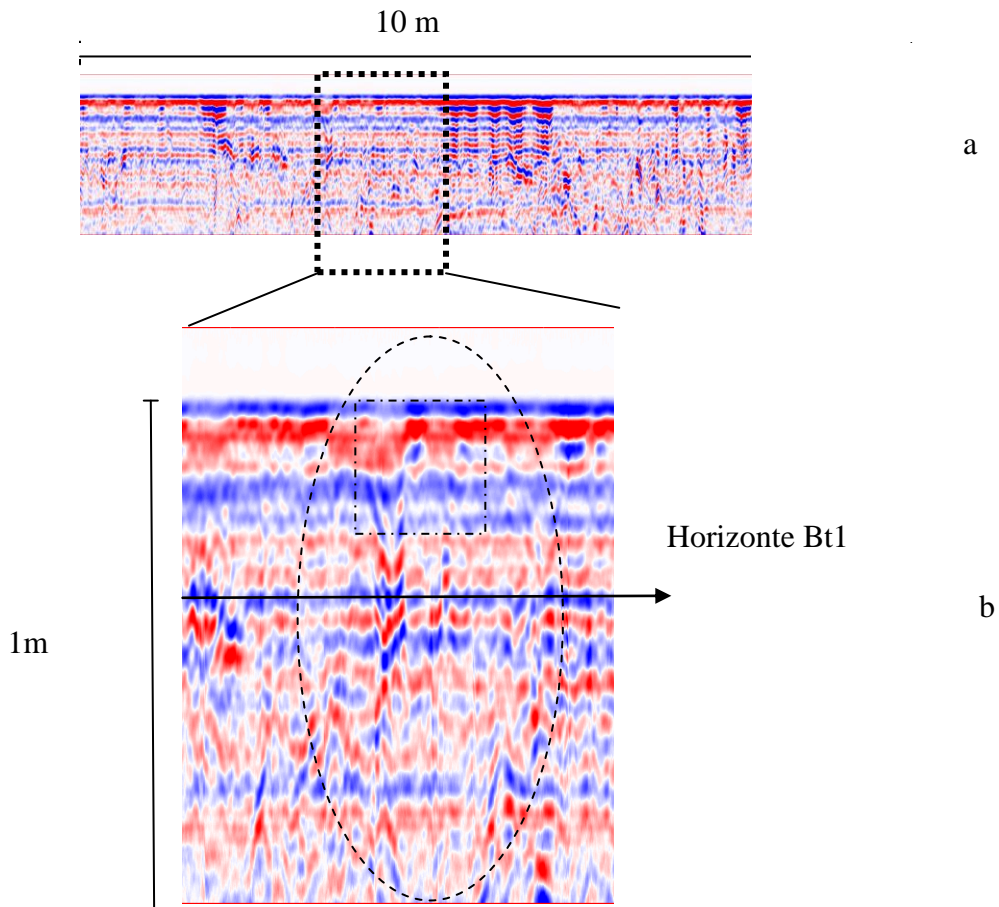


Figura 2. Radargrama obtido com antena de 900 MHz em Argissolo no município de Pinheiral, RJ, e b) Detalhe da área afetada pelo pisoteio bovino.

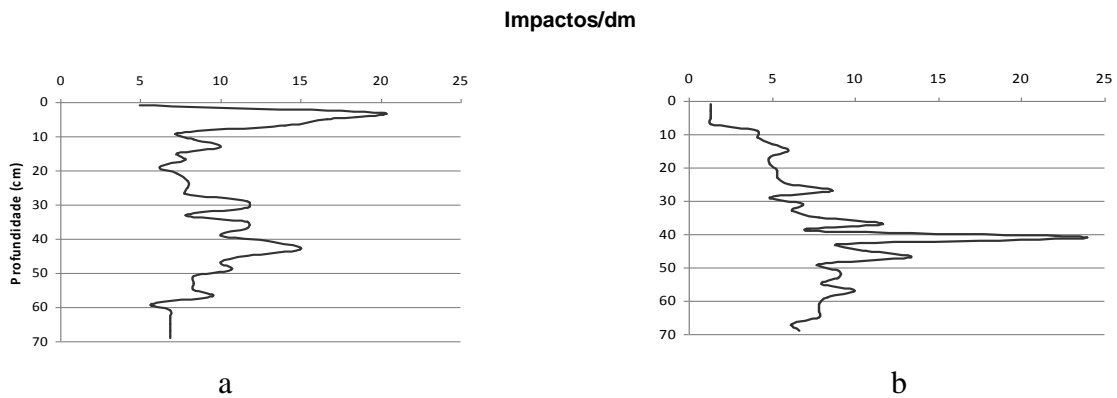


Figura 3. Resultados obtidos com o Penetrômetro de Impacto, a) dentro e b) fora do “caminho de boi”.

Comparando a análise do radargrama com os dados gerados pelo penetrômetro, percebe-se que às áreas adensadas indicadas coincidem tanto em localização quanto em profundidade com as áreas indicadas pelo penetrômetro.

Na área sob pisoteio bovino a camada superficial do solo (até 10 cm) apresentou-se mais clara no radargrama, demonstrando que a área encontra-se compactada, coincidindo com a análise feita sobre os dados do penetrômetro até essa profundidade.

A maior densidade do solo observada no gráfico da Figura 3a na profundidade de 40 cm também coincide com o surgimento do horizonte Bt e com a resposta do radargrama.

### 3.2 Área 2 - Encosta com Latossolo

Conforme observado na Figura 4 essa área foi fortemente afetada pelo excesso de umidade, concentrada principalmente nos primeiros 30 cm devido ao maior teor de matéria orgânica nessa camada. Porém, menos intensa, a umidade no solo pode ser observada até em profundidades maiores. A transição para do horizonte A para o Bw não gerou o contraste no radargrama presente nas duas encostas anteriores, pois não existe o gradiente textural típico dos Argissolos.

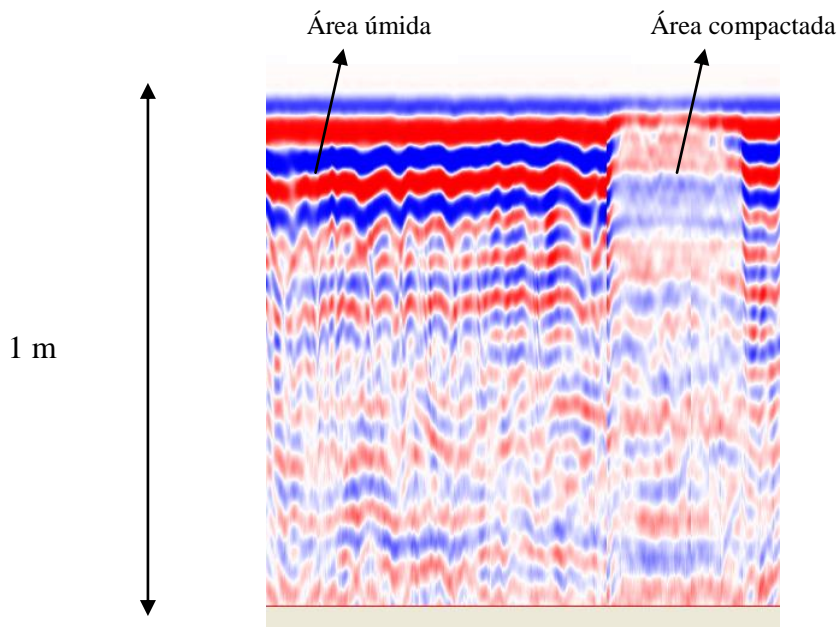


Figura 4. Detalhe Radargrama obtido com antena de 900 MHz em área de encosta com Pastagem sobre Latossolo.

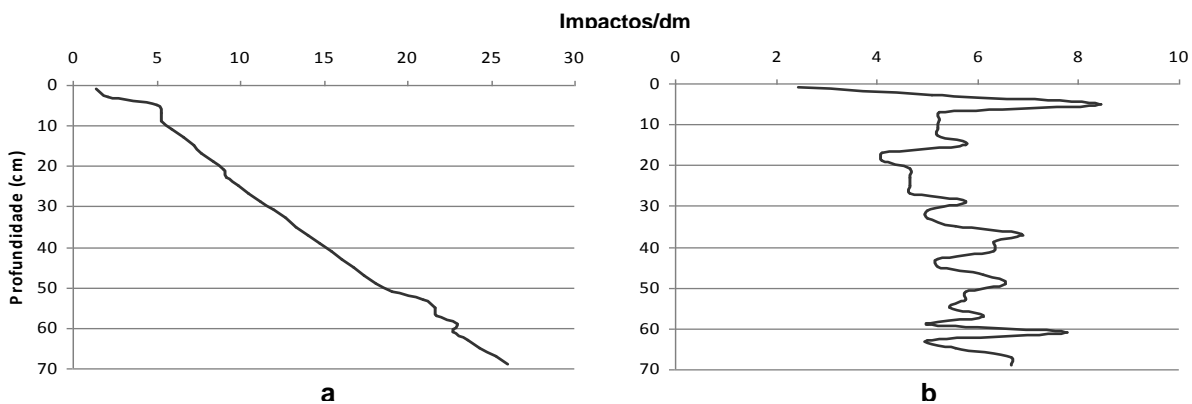


Figura 5. Resultados obtidos com o Penetrômetro de Impacto, a) dentro e b) fora do “caminho de boi”

A umidade excessiva ocasionou o aprofundamento da área desfocada típica das zonas compactadas até a profundidade de 70 cm, o que pode ocasionar uma interpretação equivocada dos dados.

Conforme mostrado na Figura 5, essa umidade também influenciou os dados do penetrômetro, ocasionando uma resposta inversa ao esperado, onde a área não compactada apresentou uma maior resistência à penetração em superfície (5 cm) quando comparada com a linha compactada. Essa resposta pode ter sofrido influência da possível presença de térmitas em subsuperfície não observada no campo.

#### 4. Conclusões

Com o uso do georradar equipado com antena de 900 MHz foi possível determinar as áreas compactadas por pisoteio bovino em encostas com diferentes tipos de solos, possibilitando inclusive a análise da profundidade desse fenômeno. Percebeu-se que em situação de encosta, as faixas compactadas favorecem um represamento superficial da umidade do solo, que, no entanto, não deve ser considerada como uma vantagem, mas como o favorecimento ao surgimento de processo erosivo, principalmente nas áreas de Argissolos, que encontram na superfície do Bt um fator de impedimento a infiltração. Em situação de alta umidade do solo o penetrômetro apresenta problemas de leitura, o que não ocorre com o georradar.

#### 5. Referências Bibliográficas

- 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.
- 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. **Anais: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada em CD-ROM**. Natal, 2007.
- Glória, K.S. **Metodologias Alternativas para Detecção e Localização de Vazamentos** Bol. téc. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 45 (2): abr./jun., 2002.
- 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 em CD-ROM**. 2005.
- Firme Sá, M. M; Francelino, M. R.; Estudo da Profundidade do lençol freático em áreas com diferentes usos de solo utilizando georradar., Seropédica, data. 2007, 13p. Monografia (Aquisição de título de Engenharia Floresta) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- Moraes, M.H.; Benez, S.H. & Libardi, P.L. **Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja**. *Bragantia*, 54: 393-403, 1995.
- Radambrasil. 1983. **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. MME, Rio de Janeiro, RJ. 32, 780pp.
- Seixas, F.; Oliveira Júnior, E. D. Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. **Scientia Forestalis**. n. 60, p. 73-87, dez. 2001.

Stolf, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.15, p.229-235, 1987.

Uchoa, J.M.; Botelho, M.A.; Vilas Boas, G.S.; Ribeiro, L.P. e 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 Ciência do solo**, 26:373-380, 2002.

Vieira, M.J. **Comportamento físico do solo em plantio direto**. In: Fancelli, A.L., TORRADO, P.V., Machado, J. Atualização em plantio direto. Campinas : Fundação Cargill, 1985. p.163-179.