

## DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO PARA DIFERENTES TIPOS DE MANEJOS E METODOLOGIAS.

**José Ricardo Alves Pereira**

Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista -ESAPP, R. Prefeito Jayme Monteiro, 791, CEP: 19700-000, Paraguaçu Paulista -SP

**Marcos Antonio de Rezende**

UNESP/IB - Departamento de Física e Biofísica, CEP:18618-000, Botucatu - SP

E-mail: rezende@ibb.unesp.br

### 1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as variações da densidade do solo comparando os resultados obtidos pela técnica de atenuação da radiação gama e o método do anel volumétrico. As determinações foram realizadas em três áreas, com diferentes tipos de manejo do solo, em amostras com estrutura indeformada para profundidades que variaram de 0 a 40cm. Além da densidade do solo, procurou-se analisar as variações das densidades pontuais nas amostras de solo para cada uma das profundidades consideradas.

Os resultados mostraram que os solos A e B apresentaram comportamentos semelhantes porém, verificou-se que os valores da densidade do solo A, mantiveram-se inferiores aos obtidos pelo solo B ao longo do perfil estudado. Com relação ao solo C, foi verificado um comportamento inverso àqueles apresentados pelos solos A e B. Essa característica provavelmente foi atribuída ao tipo de manejo agrícola utilizado nesse solo.

Para os valores pontuais da densidade do solo, os resultados mostraram variações significativas para os três tipos de solos porém, as maiores variações ocorreram nas camadas superficiais. Esta característica é decorrente do maior teor de matéria orgânica encontrada nestas camadas, quando comparadas às camadas mais profundas do solo. Verificou-se ainda que não houve uma variação tendenciosa nos resultados das densidades pontuais, indicando que não houve deformação do solo no momento da coleta das amostras. Essa observação torna-se bastante importante sob os aspectos metodológicos da medida da densidade do solo.

**UNITERMOS:** Física do solo, radiação gama, densidade

### PEREIRA, J.R.A., REZENDE, M.A. DETERMINATION OF SOIL DENSITY BY DIFFERENT MANAGEMENT AND METHODOLOGY

### 2 ABSTRACT

The goal of this study was to evaluate soil density variations comparing the obtained results by using gamma radiation attenuation technique and volumetric ring method. Determinations were performed in three areas, with different kind of soil management, in samples with unshaped structure to depth which ranged from 0 to 40 cm. Besides global density, it was intended to analyze the variation of punctual densities in soil samples to each one of the considered depth. The results showed that soils A and B expressed similar behavior, however, it was verified that the values of density in soil A were kept lower than the ones obtained by soil B along the studied profile. With relation to the soil C, an inverse behavior was verified from those expressed by soils A and B. This characteristic is probably due to the kind of agricultural management used in this soil. To punctual values of soil density, the results showed significant variations for the three soils, however, greater variations occurred in superficial layers. This characteristic arisen of higher content of organic matter found in these layers, when compared to the deepest ones. It was still checked that there was not a tendentious variation in punctual densities results, indicating that didn't occur soil deformation by the moment of samples assessment. This observation becomes really important under methodologic aspects of soil density measurement.

**KEYWORDS:** Soil physics, gamma radiation, density

### 3 INTRODUÇÃO

O solo é o meio onde as plantas se desenvolvem. Sendo assim, é de grande importância que as condições desse meio sejam adequadas para esse desenvolvimento. O conhecimento das propriedades físicas do solo, em particular sua densidade, sua interação com o crescimento e desenvolvimento das plantas, representa o centro das atenções da física do solo. Existem vários métodos para a determinação da densidade do solo dos quais pode-se citar o método do anel volumétrico, considerado um dos mais tradicionais, até outros mais sofisticados como os métodos nucleares que utilizam a radiação gama.

Dentre os vários métodos de medida direta ou indireta ora existente, a técnica de atenuação da radiação gama tem ocupado um papel de destaque quando se pretende estudar com precisão alguns parâmetros físicos do solo tal como a densidade. Esta técnica tem a vantagem de fornecer detalhes não alcançados pelos outros métodos, com boa precisão e rapidez. Este foi utilizado pela primeira vez no Brasil por Reichardt (1965). Neste trabalho, o autor determinou a densidade e umidade de três perfis do solo utilizando uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$ . Soane (1967) propôs a viabilidade de se utilizar duas fontes de raio gama ( $^{137}\text{Cs}$  e  $^{241}\text{Am}$ ) para se determinar simultaneamente a densidade e umidade do solo em laboratório. Ferraz & Mansell (1976), utilizando de um feixe de raios gama em amostras de solo seco, determinaram a densidade dessas amostras fornecendo descrição completa da técnica para vários solos do Brasil e aplicações em problemas agrícolas. A partir daí, surgiram vários trabalhos nessa área, dos quais cabe destacar Guerrini et al (1991) que compararam essa técnica com o método gravimétrico, com o objetivo de avaliar a precisão e exatidão do método e Chieppe Junior (1993) que ressaltou as vantagens e desvantagens dessa técnica quando utilizada em laboratório.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no laboratório de Energia Nuclear de Física e Biofísica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista –UNESP- Campus de Botucatu. Foram utilizados três tipos de solos denominados solo-A, solo-B e solo-C retirados de áreas com diferentes de manejos. As amostras dos solos A e B foram coletadas na fazenda Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas -UNESP- Campus de Botucatu-SP. O solo-C foi coletado na fazenda São Paulo, no município de Palmital-SP. Em cada área, as amostras de solo foram coletadas utilizando-se anéis volumétricos de aço de 4,4 cm de diâmetro interno e 4,0 cm de altura, através de aberturas de trincheiras. As amostras foram retiradas nas profundidades de 0-4cm; 10-14cm; 20-24cm e 40-44cm, as quais foram denominadas de P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub> respectivamente. As características texturais dos três tipos de solo para as diferentes profundidades são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores das análises granulométricas das amostras dos solo A, B e C nas diferentes profundidades.

Solo	Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
A	P <sub>1</sub>	60	27	13
	P <sub>2</sub>	45	31	24
	P <sub>3</sub>	53	22	24
	P <sub>4</sub>	66	18	16
B	P <sub>1</sub>	57	25	18
	P <sub>2</sub>	55	23	21
	P <sub>3</sub>	49	28	23
	P <sub>4</sub>	37	25	38
C	P <sub>1</sub>	28	36	36
	P <sub>2</sub>	26	35	39
	P <sub>3</sub>	23	34	43
	P <sub>4</sub>	15	35	50

O método utilizado para determinação da densidade pontual do solo, foi o de atenuação da radiação gama do Amérgio-241 proposto por Ferraz (1974). Neste método, as amostras de solo são acionadas ao longo de um feixe de radiação gama e a densidade do solo pode ser então determinada pela absorção diferenciada de radiação. Quanto maior for a densidade do solo, maior será a absorção e tanto menor será a quantidade de radiação que atravessa o absorvedor. A densidade do solo é então determinada pela equação 1, adaptada da Lei de Beer-Lambert, com as correções previstas devido ao tempo morto do sistema eletrônico através das equações 3 e 4.

$$\rho = \frac{\ln(I_{oc} - BG) - \ln(I_c - BG)}{\mu_s \cdot x_s} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$I_{oc} = \frac{I_0}{1 - \tau I_0} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$I_c = \frac{I}{1 - \tau I} \quad \dots\dots\dots (3)$$

sendo:

$\rho$  - densidade do solo para a mostra seca em estufa, em  $\text{g/cm}^3$

$\mu_s$  - coeficiente de atenuação de massa do solo para a mostra seca em estufa, em  $\text{cm}^2/\text{g}$

$x_s$  - espessura da amostra de solo para a mostra seca em estufa, em cm

BG - radiação de fundo em contagem por minuto

$I_0$  - taxa de contagem (contagem por minuto) obtida experimentalmente sem o material absorvedor

$I$  - taxa de contagem (contagem por minuto) obtida experimentalmente após passagem através do absorvedor

$I_{0c}$  - valor do  $I_0$  corrigido devido ao tempo morto do sistema eletrônico através da equação (2)

$I_c$  - valor de  $I$  corrigido devido ao tempo morto do sistema eletrônico através da equação (3)

$\tau$  - tempo morto do sistema eletrônico ( $1,0 \times 10^{-7}$  minutos)

Como emissor de radiação gama foi utilizada uma fonte de  $^{241}\text{Am}$  de atividade de 200mCi, sendo usado o fotopico de 59,6Kev. Após levantamento do espectro de emissão do  $^{241}\text{Am}$ , foi escolhida a largura da janela do contador, sendo fixada em 42 Kev para o discriminador inferior e 84 Kev para o discriminador superior. A detecção da radiação gama foi feita através de um cintilador sólido de duas polegadas na forma cilíndrica de NaI(Tl). O cintilador foi acoplado a uma fotomultiplicadora e os impulsos produzidos foram analisados por um monocal. As amostras de solo foram movimentadas perpendicularmente ao feixe de radiação gama através de um sistema móvel utilizando-se de um motor e uma fonte reguladora de voltagem. O sistema de colimação foi feito utilizando-se chumbo revestido com aço inox, permitindo uma abertura de 0,5mm na saída da fonte e também na entrada do detector.

A Figura 1, mostra o sistema utilizado na detecção da radiação gama, incluindo a localização da fonte radioativa, cristal de NaI(Tl) e fotomultiplicadora, com suas respectivas blindagens de chumbo.

Com o propósito de avaliar a precisão e exatidão do método de atenuação da radiação gama, este foi comparado com o método do anel volumétrico. Para isso, foi utilizado uma estufa ventilada e aquecida eletricamente a temperatura de  $105^\circ\text{C}$  e uma balança de precisão de duas casas decimais.

As pesagens das amostras do solo úmido, foram levadas a estufa a  $105^\circ\text{C}$ , onde permaneceram até secagem completa (peso constante). Em seguida, estas foram retiradas da estufa e pesadas imediatamente a fim de se determinar o valor de suas massas secas ( $m_s$ ).

Obtida a massa seca do solo, determinou-se a densidade do solo através da equação:

$$\rho = \frac{m_s}{V_s} \dots\dots\dots (4)$$

onde:

$\rho$  - densidade do solo seco, em  $\text{g/cm}^3$

$m_s$  - massa do solo seco, em g

$V_s$  - volume do solo seco, em  $\text{cm}^3$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da densidade dos solos A, B e C obtidos pelo método do anel volumétrico e pela técnica de atenuação da radiação gama para as diferentes profundidades, são mostrados no Quadro 2 e ilustrados na Figura 2.

Os resultados mostraram comportamentos semelhantes para os solos A e B em relação a variação da densidade ao longo do perfil estudado. De um modo geral, houve aumento desse atributo físico com o aumento da profundidade até a camada  $P_3$ , onde se obteve um valor máximo para a densidade. Observou-se também pela análise dos valores médios do Quadro 2 que a densidade do solo A ao longo desse perfil, mantiveram-se inferiores em relação ao solo B, em todas as camadas consideradas. A maior diferença foi verificada na profundidade  $P_1$  o que, provavelmente ocorreu em decorrência do maior teor de matéria orgânica observada nessa camada para o solo A. Esse aspecto confirma resultados anteriores, os quais evidenciaram claramente o papel de materiais orgânicos no condicionamento físico de um solo (Santos et al, 1995).

Com relação ao solo C, verificou-se um comportamento diferente na variação da densidade ao longo das profundidades àqueles apresentados pelos solos A e B. Esse aspecto está correlacionado aos sistemas de manejo diferenciado submetidos aos três tipos de solos. Enquanto que para os solos A e B, praticamente não foram submetidos a quaisquer tipo de atividade agrícola, contrariamente, o solo C sofreu operações agrícolas através da técnica de manejo do plantio direto, o que indiscutivelmente o diferenciou fisicamente em relação aos solos A e B. Na Figura 2, os resultados mostraram que o solo C, nas camadas superficiais ( $P_1$  e  $P_2$ ), apresentou valores maiores que os encontrados para os solos A e B, e o valor máximo da densidade foi obtido na profundidade  $P_2$ , evidenciando notoriamente os efeitos resultantes da movimentação de máquinas e implementos agrícolas consequentes do tipo de operação submetida a esse solo.

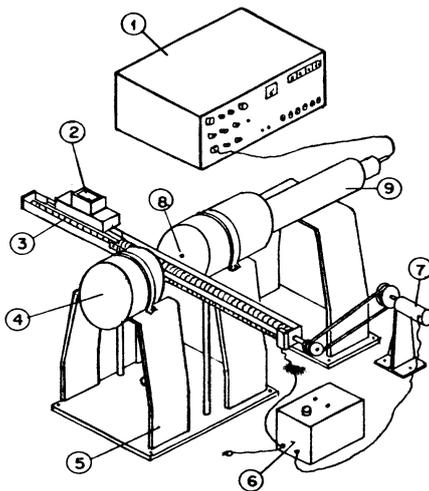
A literatura resultados semelhantes onde vários estudos tem sido dedicados com o propósito de avaliar as conseqüências causadas por diferentes tipos de manejos do solo sobre suas principais propriedades físicas (Moraes & Benez, 1996; Urchei et al, 1996; Thormena et al, 1998; Kondo et al, 1999).

Quadro 2 – Valores da densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) nas diferentes profundidades determinadas através do método do anel volumétrico e da técnica de atenuação da radiação gama para os solos A, B e C

Profundidade	Amostras	Radiação Gama			Anel Volumétrico		
		Solo - A	Solo - B	Solo - C	Solo - A	Solo - B	Solo - C
P <sub>1</sub>	1	1,19	1,45	1,63	1,16	1,34	1,56
	2	1,29	1,37	1,40	1,23	1,25	1,37
	3	1,28	1,41	1,50	1,25	1,29	1,39
	<b>Média</b>	<b>1,25</b>	<b>1,41</b>	<b>1,51</b>	<b>1,21</b>	<b>1,29</b>	<b>1,44</b>
P <sub>2</sub>	1	1,54	1,51	1,60	1,47	1,51	1,60
	2	1,42	1,48	1,65	1,36	1,45	1,59
	3	1,34	1,46	1,65	1,39	1,50	1,62
	<b>Média</b>	<b>1,43</b>	<b>1,48</b>	<b>1,63</b>	<b>1,41</b>	<b>1,49</b>	<b>1,60</b>
P <sub>3</sub>	1	1,54	1,65	1,56	1,52	1,64	1,51
	2	1,47	1,56	1,54	1,46	1,52	1,52
	3	1,60	1,52	1,55	1,58	1,57	1,50
	<b>Média</b>	<b>1,54</b>	<b>1,58</b>	<b>1,55</b>	<b>1,52</b>	<b>1,58</b>	<b>1,51</b>
P <sub>4</sub>	1	1,35	1,56	1,36	1,43	1,48	1,33
	2	1,43	1,60	1,36	1,47	1,54	1,33
	3	1,43	1,65	1,40	1,49	1,57	1,38
	<b>Média</b>	<b>1,40</b>	<b>1,60</b>	<b>1,37</b>	<b>1,46</b>	<b>1,53</b>	<b>1,35</b>
<b>Média</b>	<b>Geral</b>	<b>1,40</b>	<b>1,53</b>	<b>1,51</b>	<b>1,39</b>	<b>1,49</b>	<b>1,46</b>

Nas Figuras 3, 4 e 5, são apresentados os valores pontuais da densidade dos solos A, B e C determinados através da técnica de atenuação da radiação gama, para as profundidades em estudo.

Independentemente do tipo de solo, os gráficos mostraram que ocorreram variações acentuadas da densidade do solo de um local para outro ou até mesmo de ponto para ponto ao longo das amostras utilizadas. Essas variações foram maiores nas camadas superficiais do solo, em consequência do maior teor de matéria orgânica encontrado nessas camadas. Esse aspecto torna-se bastante importante pois, é o que justifica o grau de heterogeneidade da densidade medida pontualmente. Os resultados evidenciaram que a maior variação da densidade ao longo do diâmetro da amostra, ocorreu para o solo A. Essa observação pode ser justificada em razão desse solo ser de floresta, que caracteriza-o como um solo que possui um alto teor de matéria orgânica acumulada no seu perfil, principalmente na camada superficial (P<sub>1</sub>).



- |  |   |
|--|---|
| 1 – Contador monocanal   | 6 – Fonte reguladora de voltagem          |
| 2 – Amostra de solo  | 7 – Motor                                 |
| 3 – sistema móvel  | 8 – Abertura de entrada do feixe colimado |
| 4 – Revestimento de chumbo contendo a fonte de <sup>241</sup> Am | 9 – Fotomultiplicadora                    |

Figura 1 – Instrumental utilizado para a determinação da umidade e densidade do solo e madeira pela atenuação da radiação gama.

Com o aumento da profundidade, verificou-se que as variações pontuais da densidade diminuíram sensivelmente para os três tipos de solos, podendo em alguns casos ser consideradas desprezíveis nas camadas mais profundas do perfil.

Outro aspecto bastante importante sob o ponto de vista metodológico na medida da densidade do solo, são os erros causados pela deformação do solo no momento da coleta das amostras através dos cilindros coletores. Os resultados das figuras 3, 4 e 5, evidenciaram que não houve tal deformação, caso contrário seria verificado variações tendenciosas da densidade ao longo das amostras, ou seja, os resultados apresentariam teoricamente um aumento acentuado da densidade nas proximidades da parede do cilindro, de forma semelhante para todas as amostras.

Com relação a técnica de atenuação da radiação gama, convém ressaltar que esta é bastante empregada no estudo de homogeneidade de densidade de diversos materiais como: madeira, ligas metálica, etc. Sendo que esta homogeneidade está diretamente correlacionada com a qualidade do material (Rezende, 1997). Entretanto, no caso do solo, a heterogeneidade pode ser interessante sob o ponto de vista agrícola, principalmente por ser o solo um meio altamente dinâmico. As modificações físicas efetuadas em sua estrutura pode até favorecer sua aeração e induzir um movimento de água adequado para a planta. Logicamente essas características não são tão simples e devem ser estudadas e discutidas com mais cuidado e com mais detalhes.

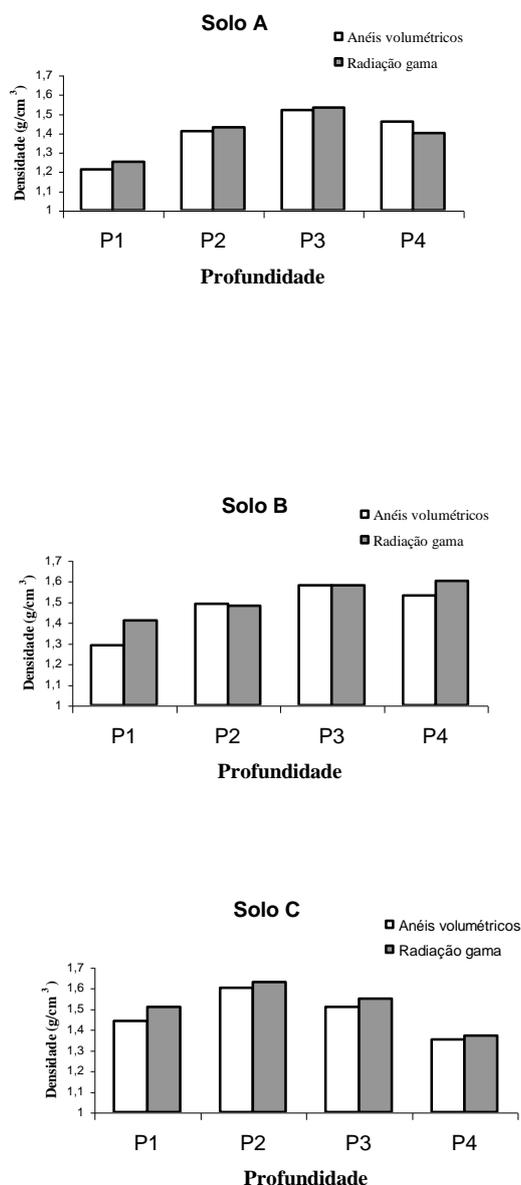


Figura 2 – Valores da densidade do solo determinadas através do método do anel volumétrico e da técnica de atenuação da radiação gama para as profundidades P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>.

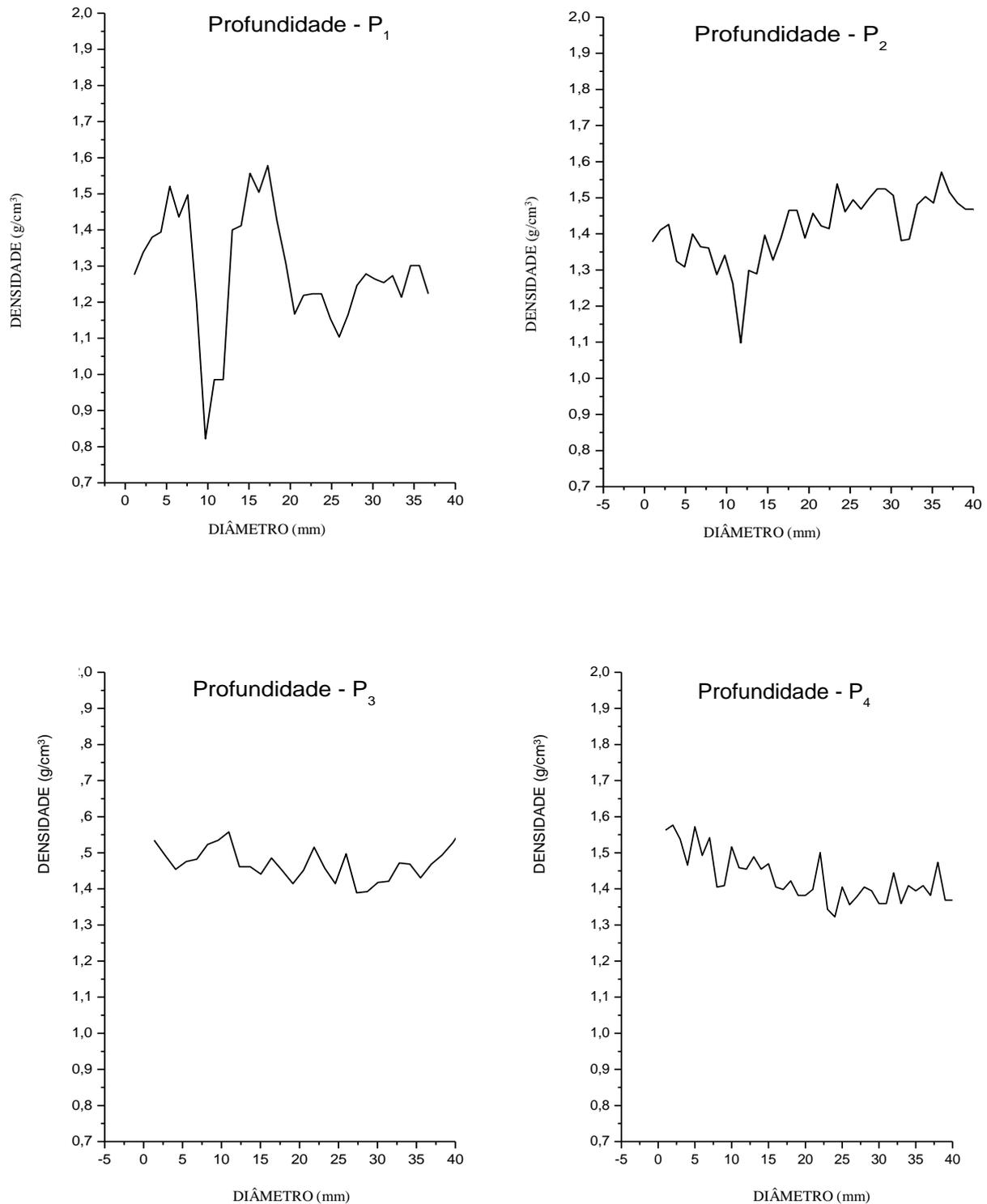


Figura 3 – Valores pontuais da densidade do solo A determinados através da técnica de atenuação da radiação gama para as profundidades P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>.

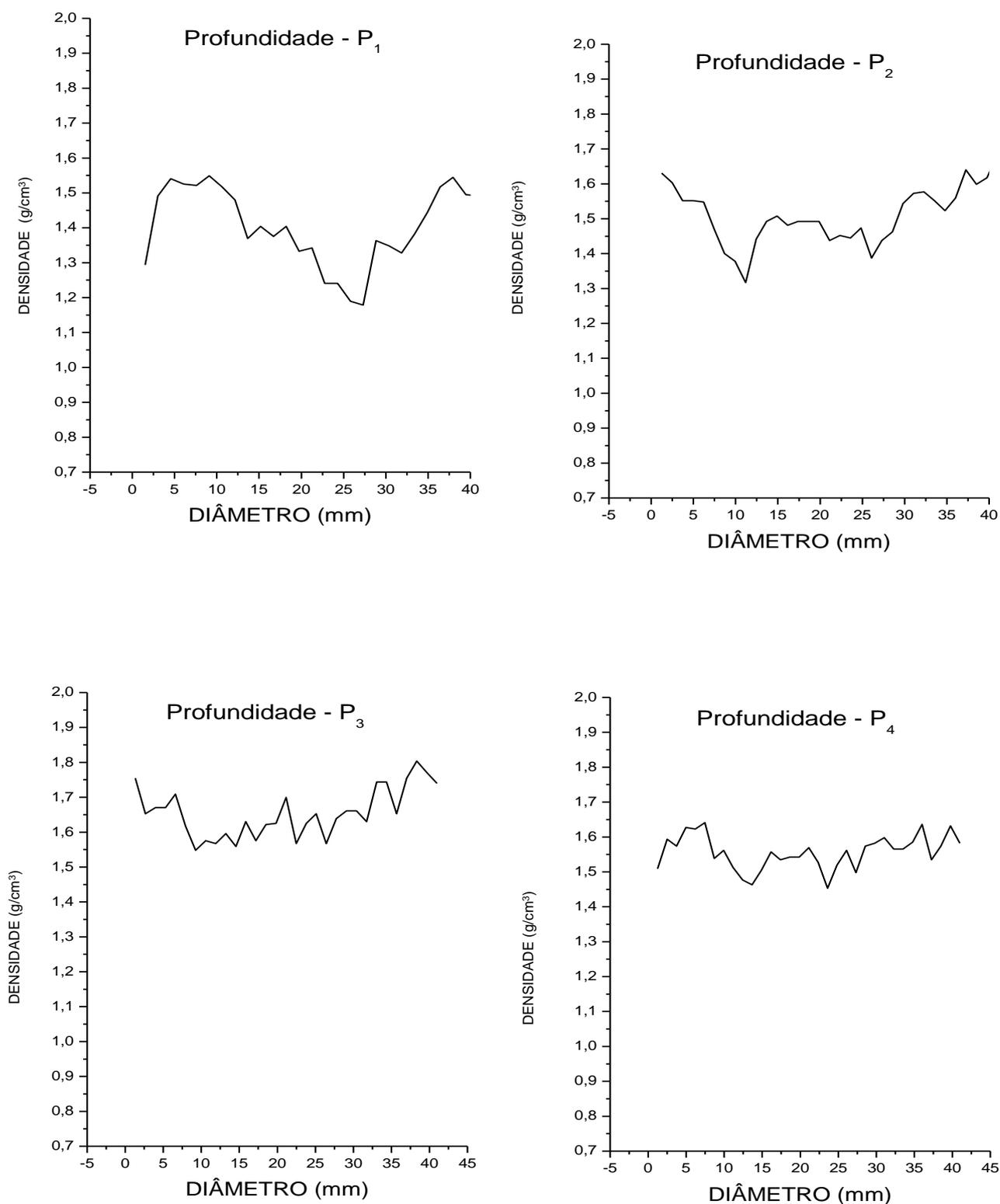


Figura 4 – Valores pontuais da densidade do solo B determinados através da técnica de atenuação da radiação gama para as profundidades P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>.

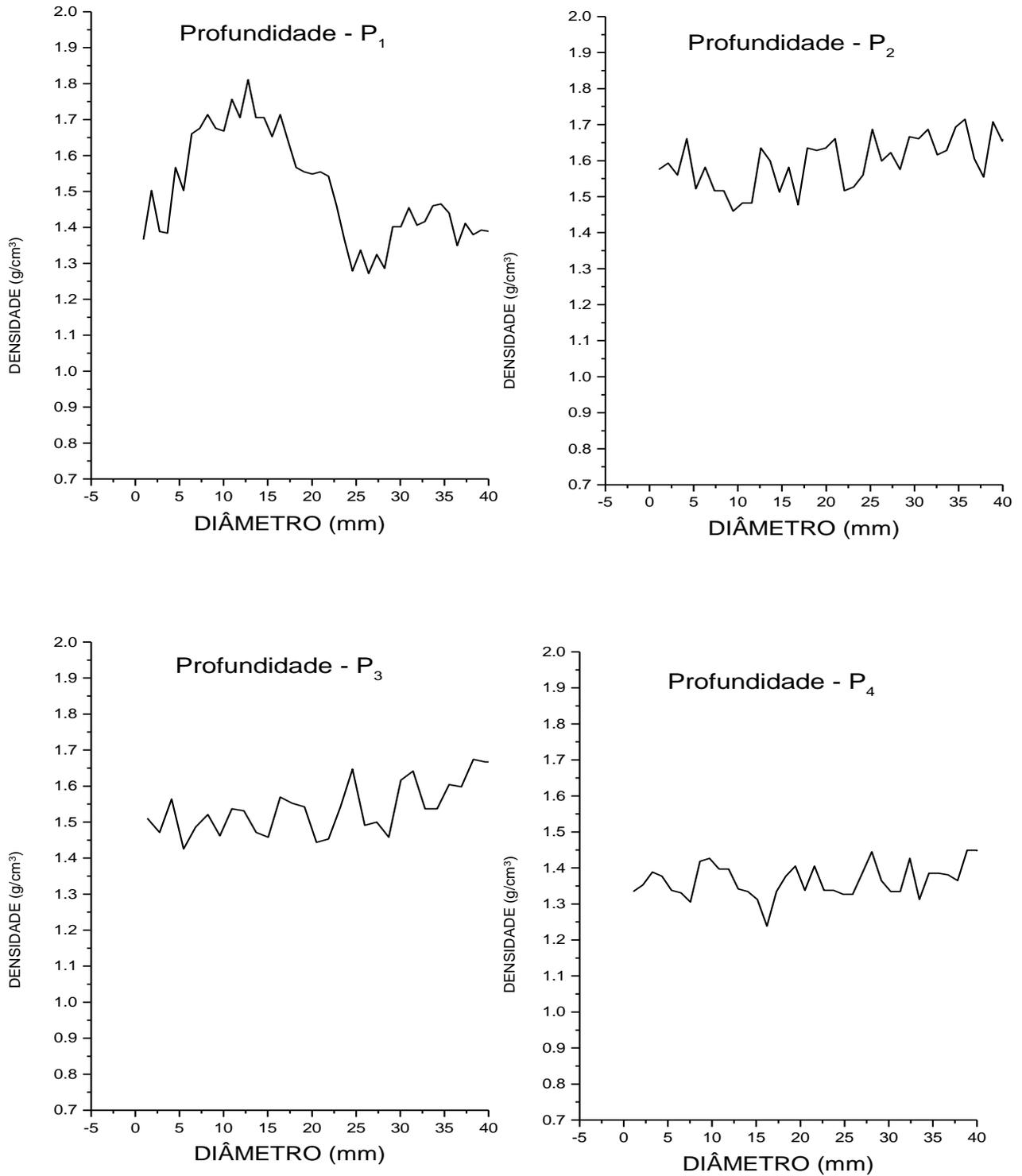


Figura 5 – Valores pontuais da densidade do solo C determinados através da técnica de atenuação da radiação gama para as profundidades P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>.

## 6 CONCLUSÕES

A técnica da atenuação da radiação gama pode ser utilizada para a determinação da densidade do solo com boa precisão em comparação com o método do anel volumétrico. Entretanto, deve-se utilizar fontes radioativas com atividade e energia de fotopicos adequado às espessuras das amostras de solo.

A fonte de  $^{241}\text{Am}$  com atividade de 200mCi mostrou-se eficaz no uso da determinação da densidade do solo em laboratório.

Os resultados pontuais da densidade do solo mostraram variações maiores nas camadas superficiais ( $P_1$ ), evidenciando a influência da matéria orgânica na caracterização desse atributo físico.

Essas variações evidenciam o fato de que o solo é um meio bastante heterogêneo sob o ponto de vista de densidade.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHIEPPE JUNIOR, J.B. *Estudo e comparação de diferentes métodos de determinação da umidade do solo em laboratório*. Botucatu, 1993. 101p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- FERRAZ, E.S.B. *Determinação simultânea de densidade e umidades de solos por atenuação de raios gama do  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{241}\text{Am}$* . Piracicaba, 1974. 120p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- FERRAZ, E.S.B., MANSELL, R.S. *Gamma-ray attenuation methods for determining water content and bulk density of soil*. Piracicaba: CENA-PLANFAP, 1976. 69p.
- GUERRINI, I.A., REZENDE, M.A., CHIEPPE JÚNIOR, J.B. *Erros acidentais e sistemáticos na determinação da umidade em laboratório*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Porto Alegre. *Resumos ...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.68.
- KONDO, M.K., DIAS JUNIOR, M.S. Compressibilidade de três latossolos em função da umidade e uso. *Ver. Bras. Ciênc. Solo*, v. 23, p.211, 1999.
- MORAES, M.H., BENEZ, S.H. Efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo em algumas propriedades físicas de uma terra roxa estruturada e na produção de milho para um ano de cultivo. *Eng. Agríc.*, v.16, n.2, p.31-41, 1996.
- REICHARDT, K. *Uso da radiação gama na determinação da densidade e umidade do solo*. Piracicaba, 1965. 34p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- REZENDE, M.A. *Uma abordagem não convencional sobre as principais características físicas da madeira, com ênfase para retratibilidade, massa específica e técnica de atenuação da radiação gama*. Botucatu, 1997. 138p. Tese (Livre docência) – Instituto de Biociência, Universidade Estadual Paulista.
- SANTOS H.P., TOMM, G.O, LHAMBY J.C.B. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. v.19, p.449, 1995.
- SOANE, B.D. Dual energy gamma-ray transmission for coincident measurement of water content and dry bulk density in soil. *Nature*, Lond., v.214, p.1273, 1967.
- THORMENA, C.A., ROLOFF, G., SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciados por calagem, preparo inicial e tráfego. *Rer. Bras. Ciênc. Solo*. v.22, p.301, 1998.
- URCHEI, M.A. et al. Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro argiloso sob pivô central. *IRRIGA*, v.3, p.8-15, 1996.