



## Amostragem de solo sob mata atlântica em regeneração para fins de fertilidade *Soil sampling under Atlantic Forest in regeneration for purposes of fertility*

Patrick Silva Vieira<sup>1</sup>, Renato Lemos dos Santos<sup>2</sup>, Eugênia Cristina Gonçalves Pereira<sup>1</sup>, Monalisa Barbosa da Costa Santos<sup>1</sup>, Victor Hugo Farias Guedes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

Todos autores contribuíram de forma igualitária

Contato: [victorhgues1@gmail.com](mailto:victorhgues1@gmail.com)

### Palavras-Chave

amostragem de solos  
regeneração da mata atlântica  
variação espacial

### RESUMO

Estudos sobre a fertilidade de solos sob Floresta Atlântica têm sido realizados por meio de amostragens de solo. No entanto o número de amostras coletado tem sido arbitrário, sem conhecimento da variabilidade espacial de seus atributos. Objetivou-se determinar o número de amostras simples necessárias para estimar a fertilidade do solo sob Floresta Atlântica em regeneração, bem como avaliar seus atributos químicos e granulométricos. Foram coletadas 60 amostras de solo, sob Floresta Atlântica, divididas em três áreas homogêneas com diferentes declives e em quatro camadas (0-0,5, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m). Apesar da estratificação do solo em camadas, a variabilidade dos atributos de solo se apresentam variáveis nas diferentes profundidades, levando ao número de amostras simples para compor uma composta de 13, 37, 13 e 18, respectivamente para as profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15 a 0,2 m. Os valores das bases trocáveis, o carbono orgânico total (COT), o alumínio (Al) e a saturação por Al (m) se reduziram com a profundidade. A textura não variou, sendo Franco-argiloarenosa. Os teores de nutrientes no solo sob fragmento de Mata Atlântica pertencem à classe média ou elevada da fertilidade, indicando a recuperação da fertilidade do solo pela ciclagem de nutrientes.

### Key-word

soil sampling  
atlantic forest regeneration  
spatial variation

### ABSTRACT

*Studies about fertility of soils under Forest Atlantic have been carried through soil sampling. However the number of samples collected has been arbitrary, without knowledge of the spatial variability their attributes. The objective of this work was to determine the number of simple samples needed to estimate the soil fertility under regenerating Atlantic Forest, as well as to evaluate its chemical and granulometric attributes. Sixty soil samples were collected under the Atlantic Forest, divided into three homogenous areas with different slopes and in four layers (0-0,5, 0,05-0,10, 0,10-0,15 and 0,15-0,20 m). Despite the stratification of the soil in layers, the variability of soil attributes are variable at different depths, leading to the number of simple samples to compose a compound of 13, 37, 13 and 18 respectively for depths of 0-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15 and 0.15 to 0.2 m. The values of exchangeable bases, total organic carbon (COT), aluminum (Al) and Al saturation (m) decreased with depth. The texture did not vary, being clayey-sandy. The levels of nutrients in the soil under Atlantic Forest fragment belong to the middle or high fertility class, indicating the recovery of soil fertility by nutrient cycling.*

### Informações do artigo

Recebido: 18 de agosto, 2019

Aceito: 15 de fevereiro, 2020

Publicado: 30 de abril, 2020

## Introdução

A Mata Atlântica é um dos principais biomas brasileiros. A sua extensão original cobria cerca de 1,360 milhões de km<sup>2</sup> (MMA, 2002). Porém, com a entrada dos colonizadores no subcontinente e antropização descontrolada, atualmente, ocupa de 7% a 16% da sua extensão original (LINDNER et al., 2012). Com o processo de dizimação da Mata Atlântica, ocorreu a sua pulverização em fragmentos, e restando menos de 50 ha (RIBEIRO et al., 2009). Esse bioma é considerado responsável pela regulação pelo fluxo dos mananciais hídricos, assegurar a fertilidade do solo, controlar o equilíbrio climático e proteger encostas da erosão (CARDOSO, 2016).

Na Zona da Mata de Pernambuco, no Brasil, desde a época colonial, a Mata Atlântica tem sido substituída, principalmente; pela exploração canavieira (SILVA, 2011). Nessa região, nos primeiros anos de cultivo de cana-de-açúcar em solos recém-desmatados foram observadas elevadas produtividades, que com os anos declinavam, levando ao abandono destas áreas e admissão de novas. As elevadas produtividades iniciais em áreas recém-desmatadas de Mata Atlântica são decorrentes do elevado teor de nutrientes no solo, principalmente, na camada superficial devido à ciclagem de nutrientes (VIERA et al., 2010). Nesse sentido, diversos autores têm estudado a ciclagem e o aporte de nutrientes, assim como atributos químicos e físicos dos solos sob Mata Atlântica (ESPIG et al., 2008; PORTUGAL et al., 2010; LEAL et al., 2014), porém, sem conhecimento da variabilidade espacial dessas variáveis.

A amostragem do solo é base para o uso sustentável, racional e econômico dos solos. E tem como objetivo principal a avaliação do estado atual das características da fertilidade de uma propriedade ou de uma localidade, para mapear a área e sua aptidão de uso da terra (ARRUDA; MONTEIRO; PEREIRA, 2014). E para isto são usadas técnicas de amostragem, que são aplicadas pela impossibilidade da avaliação de toda a população, seja pela inacessibilidade ou pelo elevado tempo e custo (AZEVEDO et al., 2013).

Na área da ciência do solo, a população trata-se de todo o solo de determinado ambiente de estudo. Devido a impossibilidade de avaliação de todo esse volume, faz-se o uso da amostragem. Contudo, geralmente, o uso dessas técnicas tem sido aplicado de maneira arbitrária, sem qualquer estudo prévio da variabilidade das variáveis a serem analisadas (GUARÇONI et al., 2006). Esse equívoco pode levar a uma amostragem não representativa e conclusões erradas sobre a fertilidade de uma área ou do efeito de algum tratamento em estudo, devido a coleta de um reduzido número de amostras simples em relação a variabilidade do solo (SANTOS et al., 2009; MOREIRA, 2012). E também podem trazer consequências em relação aos estudos de reutilização e conservação dos solos e do ecossistema (CHAVES et al., 2012).

Para a aplicação correta da amostragem de solos, se faz necessário a realização de uma amostragem de caráter exploratório (CANTARUTTI et al., 2007; HERNANDES et al., 2011), com a coleta prévia de um número de amostras para se estabelecer a variabilidade de cada variável do solo, para assim, maximizar o sucesso na

amostragem. Entre as variáveis de solo, as mais avaliadas são (PAGANI e MALLARINO, 2015; RODRIGUES et al., 2017; CARVALHO et al., 2018): o pH; as concentrações de cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>), fósforo (P), alumínio (Al<sup>3+</sup>) e acidez potencial ((H+Al)); a proporção de areia, silte e argila, e definição da classe textural.

Com o conhecimento da variabilidade dos atributos e de acordo com o limite de variação à média aceitável, considerando um nível de probabilidade, pode-se determinar o número de amostras simples suficientes para compor uma amostra composta, de modo que a mesma seja representativa para a área. Todavia, ainda são incipientes estudos de caráter exploratório visando avaliar a variabilidade amostral para fins de determinar a fertilidade do solo e granulométrica na Mata Atlântica brasileira (BARRETO et al., 1974). Assim, objetivou-se determinar o número de amostras simples necessário para compor uma amostra composta e caracterizar a fertilidade e a granulometria em diferentes profundidades de solo sob Mata Atlântica em regeneração.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado em Argissolo sob fragmento de Mata Atlântica, formado a partir do pousio de aproximadamente 40 anos de atividade agrícola, em propriedade situada no município de Moreno – PE, Brasil, e com coordenadas geográficas 8° 04' S e 35° 05' W, em março de 2012. O pousio da área aconteceu após anos de cultivo com cana-de-açúcar, e posteriormente, a utilização para fruticultura. Atualmente, 19 dos 21 ha totais da propriedade estão cobertos por Mata Atlântica (cerca de 90% da área).

O ambiente de estudo está inserido no clima Tropical Chuvoso, que de acordo com a classificação de Köppen, (1931) recebe a identificação de As', com chuva de inverno e outono, temperaturas elevadas sempre maiores que 20°C e precipitação média anual de 1.310 mm.

Para a realização das análises de fertilidade do solo foram selecionadas três áreas que representassem as condições da Mata Atlântica na propriedade. Cada área apresentou dimensões de 35 m x 25 m, totalizando 875 m<sup>2</sup> com diferentes declividades, 14,8, 23,3 e 32,9%, e totalizaram 2.625 m<sup>2</sup>. Porém, consideradas homogêneas quanto ao tipo de solo, cor, textura e porte das árvores. Em um intervalo de 24h, coletou-se as amostras de solo em cinco pontos, dispostos em duas diagonais cruzadas, nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m. Assim, considerando as três áreas e as cinco amostras simples por área, totalizaram 15 amostras simples por profundidade.

As amostras simples, separadamente, foram secas ao ar, destorroadas e tamisadas em peneira de 2mm. Posteriormente, determinou-se o valor pH em água, os teores de Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, P, Carbono Orgânico Total (COT), calculou-se a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e a saturação por alumínio (m). Todas as análises químicas foram realizadas conforme as metodologias descritas por Silva (2009).

Ainda, o solo foi caracterizado quanto a sua granulométrica para definição da classe textural por uma adaptação do método da pipeta (RUIZ, 2005).

Foram calculadas as médias e os intervalos de confiança dos atributos do solo para cada profundidade. O número de amostras de solo (n) para estimar a média da área foi calculado pela Equação 1, segundo Cantarutti et al. (2007).

$$n = (t_{\alpha} CV / f)^2 \tag{Eq. 1}$$

Onde:  $t_{\alpha}$  é valor tabelado da distribuição de t de Student para uma probabilidade  $\alpha$  e graus de liberdade (n-1); CV (%) é o coeficiente de variação; e f é o limite de variação aceitável em relação à média. Neste trabalho foi calculado n para 9 erros em relação ao limite de variação à média de 5, 7, 10, 20, 30, 50, 70, 90 e 100% (CANTARUTTI et al., 2007).

## Resultados e Discussões

O número mínimo de amostras simples coletadas para formar uma amostra composta diminuiu com o aumento da tolerância do erro em relação à média em todas as profundidades (Tabela 1).

Ou seja, quanto maior o rigor, menor o erro na amostragem (CANTARUTTI et al., 2007). Podemos observar também que quanto maior foi o coeficiente de variação, maior e a quantidade de amostras necessárias para representar a fertilidade do solo da área estudada (SOUZA, 2006).

O que vem a contribuir com a problemática de representatividade de amostras em Mata Atlântica para expressar a fertilidade do solo. Entre as variáveis analisadas, o pH foi a que apresentou menor variabilidade espacial independentemente da profundidade.

Tabela 1. Número de amostras simples (n) para compor uma amostra composta de solo em diferentes profundidades (0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15 a 0,2 m) em Argissolo sob Mata Atlântica, considerando diferentes limites de variação aceitável em relação à média (f)

f	pH	Ca+Mg	K	Na	Al	P	COT	Areia	Silte	Argila
n										
0 - 0,05 m										
5	5	148	166	51	199	114	44	12	119	61
7	2	75	85	26	102	58	22	6	61	31
10	1	37	42	13	50	29	11	3	30	15
20	1	10	11	4	13	8	3	1	8	4
30	1	4	5	1	6	3	1	1	3	2
50	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CV (%)	5,0	29,7	29,4	16,3	32,2	24,4	15,1	7,8	24,9	17,9
0,05 - 0,10 m										
5	6	185	166	21	130	79	21	11	118	64
7	3	94	85	11	66	41	11	6	60	33
10	1	46	41	5	33	20	5	3	30	16
20	1	37	11	2	9	5	2	1	8	4
30	1	5	5	1	4	2	1	1	3	2
50	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CV (%)	5,4	30,9	29,3	10,4	26,0	20,3	10,4	7,7	24,8	18,3
0,10 - 0,15 m										
5	6	197	199	60	80	116	153	15	24	56
7	3	101	101	31	41	59	78	8	12	29
10	2	49	50	15	20	29	38	4	6	14
20	1	13	13	4	5	8	10	1	2	4
30	1	5	6	2	2	3	4	1	1	2
50	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CV (%)	5,7	32,0	32,1	17,7	20,4	24,5	28,2	8,8	11,1	17,0
0,15 - 0,20 m										
5	5	82	290	57	50	135	27	14	59	41
7	3	42	148	29	26	69	14	7	30	21
10	1	20	73	14	13	34	7	3	15	10
20	1	5	18	4	4	9	2	1	4	3
30	1	2	8	2	1	4	3	1	2	1
50	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CV (%)	5,3	20,6	38,8	17,3	16,2	26,5	11,8	8,4	17,5	15,5

Caso o objetivo fosse obter o valor pH no fragmento de Mata Atlântica, a coleta de 1 amostra por profundidade seria suficiente para indicar a acidez do solo, com  $f$  acima de 10% (Tabela 1). Os valores de coeficiente de variação do pH foi considerado baixo em relação ao Ca+Mg e K., o que corrobora com Pereira et al. (2013), em trabalho realizado em Latossolo Vermelho argiloso sob cultivo.

Desta forma, essa não deve ser a variável referência para se indicar o número de amostras simples para representar a fertilidade do solo. A baixa variabilidade horizontal deve-se à característica dos valores do pH encontrados em ambientes de Mata Atlântica, que costumam não sofrer alterações em profundidade (CAMPOS et al., 2018). Diferentemente do que ocorre em ambientes agrícolas, pois, revolvimento constante do solo com diferentes preparos para cultivo, provocam o aumento do valor pH em função das maiores profundidades (FALLEIRO et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2003).

Os teores de Ca+Mg apresentaram aumento de variabilidade espacial com profundidade, exceto na última camada (Tabela 1). Mas mesmo assim, nas três últimas profundidades, com valor de tolerância do erro em relação à média normalmente utilizada na fertilidade do solo,  $f$  de 30% (CANTARUTTI et al., 2007), o número de amostras a serem coletadas para formar uma composta para estimar do teor de Ca+Mg para a área do fragmento de Mata Atlântica foi 4 para coleta de 0-0,05 m, podendo ser de até 2 se a coleta for em maiores profundidades.

O teor de Al apresentou redução da variabilidade espacial com a profundidade, sendo a variável com maior coeficiente de variação da camada superior do solo (Tabela 1). Isso, possivelmente, foi devido a distribuição do COT nas camadas de solo que tende a complexar esse cátion (PORTUGAL et al., 2010), que foi maior nas primeiras camadas, reduzindo em profundidade (Tabela 3), e que, provavelmente, também proporcionaram menores valores de pH nas camadas superiores do solo. Porém com tolerância do erro da média de 30%, o maior número de amostras simples para formar uma amostra composta foi observado na primeira camada do solo. Assim como na amostragem para estimar o teor de Ca+Mg, ao nível de 50%, duas amostras simples seriam suficientes para estimar o teor de Al (Tabela 1).

O K foi o nutriente que apresentou os maiores coeficientes de variação em todas as camadas de solo (Tabela 1). Sendo assim, o teor de K constitui-se boa variável para indicar o número de amostras simples a serem coletadas para formar uma amostra composta. Com valores de  $f$  de 30 e 50%, respectivamente, 8 e 3 amostras simples seriam suficientes para estimar o teor de K no fragmento de Mata Atlântica estudado.

Foi observado que os teores de P apresentaram valores de coeficiente de variação próximos aos do silte, sendo que na maioria das vezes o P variou menos espacialmente que os cátions de caráter básicos (Tabela 1). Pode-se atribuir a menor variação no perfil do solo a característica de baixa mobilidade no solo que é devido a adsorção às argilas, principalmente aos óxidos de ferro e alumínio (VAN RAIJ, 2011).

Os teores de COT do solo apresentaram baixos coeficientes de variação (Tabela 1), indicando distribuição semelhante de matéria orgânica sobre o solo no ambiente. Dessa forma, o teor de COT não é indicado como variável referência para sugerir o número de amostras simples necessárias para compor uma amostra composta. Gontijo et al. (2012) indicam que a ambientes florestais com baixo índice de ação antrópica tem uma menor variação de matéria orgânica do solo.

Na determinação da granulometria das camadas do solo foi observado que o silte e areia foram, respectivamente, as frações que apresentaram maior e menor variabilidade espacial (Tabela 1). Assim, o número de amostras simples a serem coletadas para representar a granulometria do solo do fragmento de Mata Atlântica é indicado pela variabilidade da fração silte. Com o valor de  $f$  de 50%, a granulometria do solo estudado seria representada pela coleta de apenas uma amostra simples. Porém reduzindo a margem do erro, com valor de  $f$  em 30%, o número de amostras simples foi três.

A variabilidade espacial dos atributos analisados tem comportamento horizontal no solo na seguinte ordem: Al > Ca+Mg > K > silte > P > argila > Na > COT > areia > pH, na primeira camada; Ca+Mg > K > Al > silte > P > argila > COT = Na > areia > pH, na segunda camada; K > Ca+Mg > COT > P > Al > Na > argila > silte > areia > pH, terceira camada; e K > P > Ca+Mg > silte > Na > Al > argila > COT > areia > pH, na camada mais profunda (Tabela 1). Desse modo, considerando um  $f$  de 20% para amostras de solo, de acordo com Hernandez et al. (2011), seriam necessárias a coleta de 13, 37, 13 e 18 amostras simples para compor uma amostra composta, respectivamente nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15 a 0,2 m.

O pH das camadas de solo situaram-se na faixa de acidez elevada (ALVAREZ et al., 1999b) (Tabela 2). O que corrobora Campos et al. (2018), em trabalho realizado em fragmento de Mata Atlântica, com valores de 4,55. De maneira geral, os teores dos cátions de caráter básico (Ca+Mg, K e Na) reduziram com a profundidade (Tabela 2), possivelmente, pela maior decomposição de resíduos vegetais ocorrer nas primeiras camadas como foi observado por Espig et al. (2008) em Latossolo sob fragmento de Mata Atlântica.

Tabela 2. Acidez ativa, teor de cálcio mais magnésio, potássio, sódio, alumínio, soma de bases, capacidade de troca de cátions efetiva e saturação por alumínio em diferentes profundidades/camada de um Argissolo sob Mata Atlântica, média e desvio padrão.

Profundidade Cm	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	t	m
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%
0 - 0,05	4,8 ± 0,1	1,8 ± 0,3	0,23 ± 0,04	0,29 ± 0,03	1,3 ± 0,1	2,36 ± 0,32	3,70 ± 0,27	36,4 ± 6,1
0,05 - 0,10	4,9 ± 0,2	1,5 ± 0,3	0,19 ± 0,03	0,28 ± 0,02	1,3 ± 0,2	1,93 ± 0,27	3,21 ± 0,16	40,3 ± 6,3
0,10 - 0,15	4,9 ± 0,2	1,4 ± 0,3	0,16 ± 0,03	0,26 ± 0,03	1,1 ± 0,1	1,84 ± 0,28	2,98 ± 0,21	38,9 ± 5,2
0,15 - 0,20	5,0 ± 0,2	1,4 ± 0,2	0,15 ± 0,03	0,24 ± 0,02	1,1 ± 0,1	1,75 ± 0,19	2,81 ± 0,19	38,1 ± 33,7

Os teores de Ca+Mg nas camadas foram próximos do recomendado para a maioria das culturas (CAVALCANTI, 2008),  $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Isso, possivelmente, indica recuperação da fertilidade solo pela ciclagem de nutrientes da floresta atlântica após anos de exploração agrícola sem reposição de nutrientes, sendo maiores na camada superficial (LIMA et al., 2018).

Os teores de K no solo foram elevados (Tabela 2), considerando o valor de  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  como limite inferior dessa classe para a cultura da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco (CAVALCANTI, 2008). O teor de K encontrado na primeira camada corresponde a cerca de três vezes ao encontrado por Espig et al. (2008) na mesma camada. No entanto, a diferença do teor de K em profundidade do solo atingiu 35% entre a primeira e a última camada (Tabela 2). Que pode ser explicado, pois K apresentam elevada mobilidade no solo, sendo baixos os seus teores em solos mais evoluídos (CUNHA et al., 2014).

Os valores de Na sofreram baixa variação entre as camadas 0 - 0,05 até 0,15 - 0,20 m (Tabela 2). Os valores de Na são considerados baixos e podem ser explicado pela maior presença de nutrientes como o Ca, que reduz a concentração do Na e passa a predominar no solo (VAN RAIJ, 2011). Chirol et al. (2018) ao avaliarem áreas de clareiras florestais, sem cobertura vegetal, observaram valores de até  $2,1 \text{ g kg}^{-1}$  de Na na profundidade de 0,10 - 0,20 m. Assim, em áreas de preservadas de floresta possuem maior equilíbrio em relação a esse elemento.

A SB e t decrescem em função das maiores profundidades, igualmente acontece com a dinâmica natural da matéria orgânica e COT em solos florestais (ROMÃO, 2012) (Tabela 3), diminuindo assim a presença dos cátions Ca, Mg, K e Na. Esses parâmetros podem ser usados em áreas de Mata Atlântica como indicadores da qualidade do solo. No caso do t principalmente deve-se considerar os teores de Al, principalmente quando ultrapassarem a percentagem tolerada na CTC do solo pois podem causar problemas no sistema radicular das plantas, sobretudo na fase de regeneração (MENDES, 2016). Os

valores de SB e de t são considerados médios (ALVAREZ et al., 1999).

Os teores de Al trocável e a sua saturação apresentaram valores elevados (ALVAREZ et al., 1999a). Os maiores teores de Al trocável encontrados neste trabalho corresponderam a apenas 65% do valor encontrado por Espig et al. (2008) e foram 45% menor do que os encontrados por Lima et al. (2018) em fragmento de Mata Atlântica. Os valores de m do solo foram acima do limite indicado por Alvarez et al. (1999a), de 30%, sendo prejudicial para a maioria das espécies de planta, e também e não houve variação horizontal considerável da variável. Levando-se em consideração os níveis de Al trocável para um bom desenvolvimento das espécies, bem como o de saturação no solo, observa-se a necessidade do uso de corretivos (SALDANHA et al., 2007; ROCHA et al., 2008; SANTOS et al., 2012).

O elevado teor de P encontrado neste trabalho nas camadas superficiais do solo, principalmente em solos mais intemperizados, explica também as elevadas produtividades das culturas encontradas em solos recém-desmatados, uma vez que esse nutriente é considerado como um dos principais fatores de limitação de produção agroflorestal nos solos brasileiros (QUESADA et al., 2011). No entanto, Barreto et al. (2006) encontraram teores de P ainda mais altos em Latossolo sob Mata Atlântica na camada de 0-0,10 m.

Embora a maioria dos solos no final da escala de intemperismo, como os Argissolos e Latossolos, apresentarem baixo teor de P disponível, nas quatro camadas do Argilossolo estudado o teor de P foi elevado, chegando a ser duas vezes o valor no nível crítico da cultura de cana-de-açúcar (CAVALCANTI, 2008).

O teor de COT do solo também reduziu em profundidade (Tabela 3). Como a maior parte do COT do solo é oriunda da decomposição de resíduos vegetais no ambiente em estudo, as camadas mais superficiais do solo que estão mais próximas dos resíduos vegetais tendem a apresentar maiores teores de COT (BARRETO et al., 2008). Sendo por esta razão, considerada um indicador da qualidade do solo e sustentabilidade de agroecossistemas (MACHADO et al., 2014).

Tabela 3. Teores de fósforo, carbono orgânico total, areia, silte e argila, e classe textural em diferentes profundidades/camada de um Argissolo sob Mata Atlântica, média e desvio padrão.

Profundidade	P	COT	Areia	Silte	Argila	Classe textural
m	$\text{mg dm}^{-3}$			$\text{g kg}^{-1}$		
0 - 0,05	$17,0 \pm 2,3$	$22,5 \pm 1,9$	$576,7 \pm 24,6$	$170,4 \pm 24,5$	$252,9 \pm 24,9$	Franco-argiloarenosa
0,05 - 0,10	$16,9 \pm 1,9$	$18,3 \pm 1,1$	$579,1 \pm 24,4$	$160,8 \pm 23,0$	$260,2 \pm 26,4$	Franco-argiloarenosa
0,10 - 0,15	$16,3 \pm 2,2$	$14,6 \pm 2,3$	$522,9 \pm 26,5$	$186,7 \pm 11,3$	$290,4 \pm 25,8$	Franco-argiloarenosa
0,15 - 0,20	$17,2 \pm 2,5$	$13,0 \pm 0,9$	$541,8 \pm 26,7$	$218,0 \pm 16,3$	$240,2 \pm 21,0$	Franco-argiloarenosa

## Conclusão

Até a profundidade avaliada as frações granulométricas não apresentaram variação considerável, mantendo as quatro camadas na mesma classe textural (Tabela 3). Isso aconteceu pelo baixo uso antrópico dos solos em condições de mata, que contribui para uma menor compactação (PORTUGAL et al., 2010). Que corrobora Botega et al. (2013) que demonstram que os atributos químicos do solo, com exceção do pH, apresentam maior variação que os atributos físicos.

Os atributos Ca+Mg, K e Al apresentam as maiores variabilidades horizontais, com coeficientes de variação próximos à 30%. Enquanto o pH e a areia apresentam-se menos variáveis (coeficiente de variação inferior a 10%).

Apesar da estratificação do solo em camadas de 0,05 m de espessura, a variabilidade dos atributos de solo se apresentam variáveis nas diferentes profundidades, levando ao número de amostras simples para compor uma

composta de 13, 37, 13 e 18 respectivamente para as profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15 e 0,15 a 0,2 m.

As bases trocáveis (Ca+Mg, K e Na), o COT, o Al e a m apresentam maiores valores na camada superficial, reduzindo com a profundidade. Já os atributos físicos avaliados não apresentaram variação significativa, observando-se a existência apenas da classe textural em Franco-argiloarenosa.

Os teores de nutrientes no solo sob fragmento de Mata Atlântica pertencem à classe média ou elevada da fertilidade, indicando a recuperação da fertilidade do solo pela ciclagem de nutrientes.

## Agradecimentos

Ao Laboratório de Química do Solo da UFRPE, pela apoio na realização das análises químicas e físicas do solo.

## Referências

- ALVAREZ V. H. V.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JÚNIOR, E. S.; SOUZA, R. B. *in*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃ E. S. P. T. G.; ALVAREZ V. H. V., **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa: Brasil, 1999a. p.67-78.
- ALVAREZ, V. H. V.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. *En*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃ E. S. P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa: Brasil, 1999b. p.25-32.
- ARRUDA, M. R.; MOREIRA, Adônis; PEREIRA, José Clério Rezende. Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade. **Embrapa Amazônia Ocidental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.
- AZEVEDO, V. M.; BARBOSA, D.; FREIRE, F. J. E.; MARANGON, L. C.; DE OLIVEIRA, E. I. C. I. A.; DA ROCHA, A. T.; DA SILVA VIEIRA, M. R. Effects of different soil sampling instruments on assessing soil fertility in the caatinga area, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v.8, n.9, 736-740, 2013.
- BARRETO A. C.; NOVAIS R. F.; BRAGA J. M. Determinação estatística do número de amostras simples de solo por área para avaliação de sua fertilidade. **Revista Ceres**. v.21, p.142- 147, 1974.
- BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; SANTOS, F. M. B. G.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, v.19, n.4, p.415-125, 2006.
- BARRETO, A. C.; SANTOS F. M. B. G.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. D. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1471-1478, 2008.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; CARVALHO PINTO, F. D. A.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no Cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.1, p.1-9, 2013.
- CARDOSO, J. T.; A Mata Atlântica e sua conservação. **Revista Encontros Teológicos**, v.31, n.3, 2016.
- CAMPOS, S. A.; SOUZA, C. M.; GALVÃO, J. C. C.; NEVES, J. C. L. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantio direto diferentemente manejado. **Agrarian**, v.11, n.41, p.230-240, 2018.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. **Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes**. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.769-850, 2007.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3.ed. Recife: IPA. p.212, 2008.
- CARVALHO, P. S. M.; DE ASSIS SILVA, S.; PAIVA, A. Q.; SODRÉ, G. A.; DE SOUZA LIMA, J. S. Variabilidade espacial da fertilidade de um solo cultivado com cacaueteiro 1. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.26, n.2, p.178-189, 2018.
- CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p.446-454, 2012.
- CUNHA, J. F.; FRANCISCO, E. A. B; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. **Balanco de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012**. Informações agrônômicas. n. 145, 2014, 28 p.
- ESPIG, S. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L.; FREIRE, M. B. D. S.; ESPIG, D. B. Distribuição de nutrientes entre a vegetação florestal e o solo em fragmento de mata Atlântica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.2, p.132-137, 2008.
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.
- GONTIJO, I.; NICOLE, L. R.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; SANTOS; E. O. J. Variabilidade e correlação espacial de micronutrientes e matéria orgânica do solo com a produtividade da pimentado-reino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1093- 1102, 2012.
- GUARÇONI M. A.; ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS R. F.; CANTARUTTI R. B.; LEITE H. G.; FREIRE F. M. Definição da dimensão do indivíduo solo e determinação do número de amostras simples necessário à sua representação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.30, p.943-954, 2006.
- GUIMARÃES, W. D.; JUNIOR, J. G.; MARQUES, E. A. G.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. A. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 2, p.247-255, 2016.
- HERNANDES, A.; ROZANE, D.E.; SOUZA, H. A.; ROMUALDO, L.M.; NATALE, L. M. Sampling for diagnosis of nutritional status and assessment of fertility in starfruit orchards. **Bragantia**, v.70, p.657–63, 2011.
- KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde: Out line of climate science**. Berlin: Walter de Gruyter, 388p, 1931.
- LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo-higrométrica da área intraurbana de Curitiba – PR. **Ciência Florestal**, v.24, n.4, p.807-820, 2014.
- LINDNER, A.; SATTLER, D. Biomass estimations in forests of different disturbance history in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro, Brazil. **New Forests**, v.43, n.3, p.287-301, 2012.
- LIMA, M. S.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; GOMES DE ALMEIDA, B.; PESSOA RIBEIRO, E., SANTOS, R. L. Solos florestais em fragmento de floresta urbana na mata de dois irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Ciência Florestal**, v.28, n.2, p.542-553, 2018.

- MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. D. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Coffee Science*, v.9, n.3, p.289-299, 2014.
- MENDES, M. S. **Avaliação dos serviços ecossistêmicos em projetos de restauração na mata atlântica: consequências para a adaptação à mudança climática-indicadores de sustentabilidade**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL. **Avaliação e Identificação de Áreas e Ações Prioritárias Para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade nos Biomas Brasileiros**. Brasília: MMA/SBA, 2002, p.404.
- MOREIRA, A. Precisão é exigência na coleta de solo. *Campo & Negócios*, Uberlândia, v. 9, p. 6-8, 2012.
- PAGANI, A., MALLARINO, A. P. On-farm evaluation of corn and soybean grain yield and soil pH responses to liming. *Agronomy Journal*, v.107, n.1, p.71-82, 2015.
- PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. DE; TEIXEIRA, D. B.; MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J. Optimization of the sampling scheme for maps of physical and chemical properties estimated by kriging. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.1128- 1135, 2013.
- PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. A. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. *Revista Brasileira de ciência do solo*, v.34, n.2, p.575-585, 2010.
- QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L.O.; FYLLAS, N.M.; SCHWARZ, M.; CZIMEZIK, C.I. Soil of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, v.8, n.6, p. 1415-1440, 2011.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009.
- ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, A. C.; RODRIGUES, Á. N.; JÚNIOR, M. A. L.; FREIRE, F. J. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.4, p.307-312, 2008.
- RODRIGUES, R. A. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; DOS SANTOS, D. P.; MAGALHÃES, A. G.; JÚNIOR, R. D. P. F. Variabilidade espacial da umidade e das frações granulométricas do solo em um plantio de bananeiras irrigado no semiárido pernambucano. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v.11, n.3, p.134-143, 2017.
- ROMÃO, R. L. **Carbono orgânico em função do uso do solo**. 2012. 36p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-ciência do solos) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.
- RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.29, n.2, p.297-300, 2005.
- SALDANHA, E. C. M.; ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, E. C. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana de açúcar. *Revista Caatinga*, v. 20, n. 1, p. 36-42, 2007.
- SANTOS, R. L.; AZEVEDO, V. M.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T.; TAVARES, J. A.; SANTOS F. M. B. G. (Extração e eficiência de uso de nutrientes em capim-elefante na presença de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.2, p.497-505, 2012.
- SANTOS H. C.; OLIVEIRA F. H. T.; ARRUDA J. Á.; LOPES A. R. S.; JUNIOR R. F. S.; FARIAS D. R. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função da variabilidade de suas características químicas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.849-854, 2009.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica/Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Brasil. 2009, p. 627.
- SILVA, G. C. A REPRESENTAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA DA CANA DE AÇÚCAR PARA A REGIÃO DA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO. *Geoambiente On-Line*, v.14, p.01-22, 2011.
- SILVA, E. N. S.; MONTANARI, R.; PANOSSO, A. R.; CORREA, A. R.; TOMAZ, P. K.; FERRAUDO, A. S. Variabilidade de atributos físicos e químicos do solo e produção de feijoeiro cultivado em sistema de cultivo mínimo com irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 2, p. 598-607, 2015.
- SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; CAMPOS, M. C. C. Amostragem de solo para determinação de atributos químicos e físicos em área com variação nas formas do relevo. *Científica*, v.34, n.2, p.249-256, 2006.
- TEIXEIRA, I. R.; SOUZA, C. D.; BORÉM, A.; SILVA, G. D. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Bragantia*, v.62, n.1, p.119-126, 2003.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011, p.420.
- VIERA, M.; CALDATO, S. L.; ROSA, S. F. D.; KANIESKI, M. R.; ARALDI, D. B.; SANTOS, S. R. D.; SCHUMACHER, M. V. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaraá, RS. *Ciência Florestal*, v.20, n.4, p.611-619, 2010.