

INFLUÊNCIA DO USO E DA POSIÇÃO DO PERFIL NO RELEVO NA FERTILIDADE DE SOLOS EM ÁREAS DE ENCOSTA¹

Antonio Clementino dos Santos², Ignácio Hernan Salcedo³,
Ana Lúcia Bezerra Candeias³, Sandra Regina da Silva Galvão³

ABSTRACT

INFLUENCE OF USE AND SLOPE POSITION
IN THE SOIL FERTILITY OF HILLSIDE AREAS

Soil fertility parameters (pH, Ca, Mg, organic matter, phosphorus, and potassium) were evaluated, with the objective of verifying the influence of use and topographic position in soil fertility, in the Vaca Brava watershed, State of Paraíba, Brazil. Soil samples were stratified in six uses (agriculture; grassland; grass forage; forest; *Mimosa Caesalpinifolia*, Benth.; and brushwood) and three positions in the landscape (shoulder, backslope and footslope). The average values and descriptive analysis of soil fertility parameters were low for the three studied positions, characterizing a soil with low fertility levels. In general, pH (shoulder = 5.11, backslope = 5.25, and footslope = 5.4), Ca and Mg values were not statistically different, presenting values ranging from 1.92 cmol_c kg⁻¹ to 1.25 cmol_c kg⁻¹, for the shoulder; 1.8 cmol_c kg⁻¹ to 1.17 cmol_c kg⁻¹, for backslope; and 0.74 cmol_c kg⁻¹ to 1.67 cmol_c kg⁻¹, for footslope, respectively. The texture class influenced soil properties with stronger intensity than distinct soil uses. The position in the slope did not influence soil attributes directly. However, they were expressed as texture variations. The analysis of the proportion of samples, in the different levels of sufficiency of P and K, based on different land uses, texture classes, and positions in the slope, indicated a generalized deficiency of P, which was more intense than the K one.

KEY-WORDS: Texture class; chemical and morphological soil properties; slope areas.

RESUMO

Algumas variáveis indicadoras da fertilidade do solo (pH, Ca, Mg, matéria orgânica, fósforo e potássio) foram avaliadas, com o objetivo de se verificar a influência do uso e da posição topográfica na fertilidade dos solos de encostas da microbacia Vaca Brava, PB. A amostragem de solo foi estratificada em seis usos (agricultura anual, pastagem, gramínea forrageira, mata, *Mimosa caesalpineafolia* – sansão-do-campo e capoeira) e três posições na encosta (ombro, encosta linear e pedimento). Os valores médios e análise descritiva dos parâmetros de fertilidade dos solos foram baixos para as três posições estudadas, evidenciando um solo de baixa fertilidade. De maneira geral, o pH (ombro = 5,11, encosta linear = 5,25 e pedimento = 5,4) e os teores de cálcio e magnésio não se diferenciaram, sendo 1,92 cmol_c kg⁻¹ e 1,25 cmol_c kg⁻¹, para o ombro; 1,8 cmol_c kg⁻¹ e 1,17 cmol_c kg⁻¹, para encosta linear; e 1,67 cmol_c kg⁻¹ e 0,74 cmol_c kg⁻¹, para pedimento, respectivamente. As classes texturais influenciaram as propriedades das amostras de solo com maior intensidade que os distintos tipos de uso. As posições na encosta não influenciaram diretamente os atributos de solo. Entretanto, foram expressas como variações texturais. A análise da proporção de amostras, nos diferentes níveis de suficiência de P e K, com base nos diferentes usos da terra, classes texturais e posições no relevo, indicou uma deficiência generalizada de P, que foi mais intensa que a de K.

PALAVRAS-CHAVE: Classes texturais; propriedades químicas e morfológicas; relevo.

INTRODUÇÃO

O relevo é considerado um fator que modifica os demais fatores (material de origem, organismo, clima e tempo) de formação do solo (Jenny 1941). Dentre eles, destacam-se a distribuição da umidade na paisagem; as diferenças na temperatura dos solos, causadas pela altitude e exposição ao sol; a

intensidade dos processos de remoção de sedimentos e solutos (erosão e lixiviação); e as variações no nível do lençol freático (Fanning & Fanning 1989, Silva et al. 2001).

Quando se trabalha na escala de propriedade rural, ou microbacia hidrográfica, observa-se que a atividade exploratória (agrícola ou pecuária) baseia-se no relevo, ou seja, o uso do solo é função da sua

1. Trabalho recebido em abr./2008 e aceito para publicação em mar./2009 (nº registro: PAT 3809).

2. Universidade Federal do Tocantins, Campus de Araguaína. BR 153, Km 112, Cx. Postal 132, CEP 77.804-970, Araguaína, TO. E-mail: clementino@uft.edu.br.

3. Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Luiz Freire, 1000, CEP 50.740-540, Recife, PE. E-mails: salcedo@ufpe.br, analucia@ufpe.br, reginassg@hotmail.com.

posição topográfica. Isso ocorre porque variações topográficas (declividade) afetam o tipo de solo, absorção e a capacidade de armazenamento de água. Consequentemente, o manejo tem que ser diferenciado (Santos et al. 2002, Fraga & Salcedo 2004).

Além da topografia, outros fatores contribuem para afetar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Dentre eles, podem ser citados a presença e o tipo de cobertura vegetal, principalmente nos topos e nas encostas íngremes; falta de critério na taxa de ocupação das pastagens, o que pode resultar em sobrepastejo; manejo inadequado de adubos e corretivos; escolha adequada de espécies de plantas forrageiras; incompatibilidade das espécies associadas; e falta de controle de ervas daninhas, pragas e doenças (Pupo 1979, Costa 1980, Nascimento Jr. et al. 1995).

A degradação do solo ocorre quando há modificações químicas e físicas e quando se interfere na sua cobertura natural, eliminando-a, simplesmente, ou substituindo-a por outra cultura. Quando o solo fica exposto à erosão, os efeitos dos agentes erosivos podem mostrar-se mais ou menos intensos, conforme a erodibilidade e a erosividade das chuvas e da força dos ventos no local. O solo desprovido de cobertura vegetal, em áreas agrícolas preparadas para o plantio ou com a cobertura vegetal diminuída, nos casos de sobrepastejo, sem a ação fixadora das raízes e com o impacto direto da chuva ou do vento, fica exposto aos processos erosivos (Embrapa 1980). Esses processos são mais marcantes nas encostas e aumentam de intensidade com o aumento da declividade.

O detalhamento dos atributos do solo é influenciado pelo manejo e classe de solos e precisa de estudo complementar, no sentido de se conhecer como varia a fertilidade, com a posição que o solo ocupa no relevo. Por esse motivo, o presente trabalho teve por objetivo estudar, simultaneamente, o efeito da posição nas encostas e do uso do solo na sua fertilidade, levando-se em conta, também, as diferentes classes texturais, por meio de uma amostragem estratificada, em uma microbacia hidrográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de encostas estudadas localizam-se na microbacia Vaca Brava, PB, compreendida entre as

coordenadas 192000 m E e 198000 m E e 9225300 m N e 9231000 m N (UTM), que se encontra descrita na Figura 1.

Nas áreas sob encosta (ombro, meia encosta e pedimento), encontraram-se os seguintes usos: pastagem, agricultura, capineira (*Pennisetum purpureum*, Schum.), sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia*), capoeira e mata nativa (representa um reduto da Mata Atlântica de altitude). Após a localização de cada área amostral, foi obtida uma amostra composta de solo, da camada 0-20 cm, constituída de 10 amostras simples, retiradas ao acaso, para cada uso do solo, que representava uma área oscilando entre 0,5 ha e 3 ha.

As amostras compostas foram secas ao ar, passadas por peneira de 2 mm (TFSA) e analisadas quanto às propriedades físicas e químicas. As determinações físicas constaram de análise granulométrica do solo e densidade do solo (método da proveta). As classes texturais foram encontradas pelo sistema americano (Estados Unidos 1993). As determinações químicas constaram de pH (H₂O), bases trocáveis, acidez trocável, carbono orgânico, nitrogênio total e fósforo extraível por Mehlich-1 (Embrapa 1997). O número de amostras, em cada tipo de uso do solo encontrado na microbacia, encontra-se na Tabela 1. A caracterização da área experimental, que envolveu área de abrangência das subdivisões do relevo em estudo e os tipos de solos dominantes, encontra-se na Figura 2.

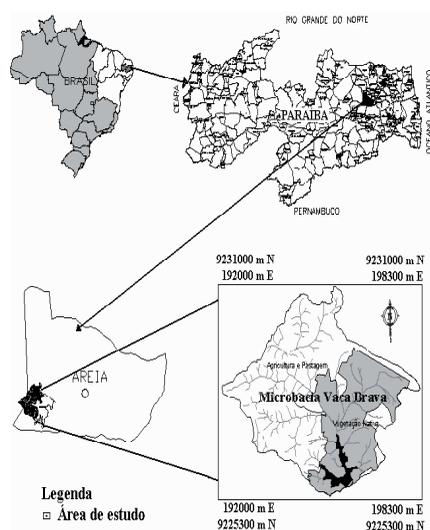


Figura 1. Localização da microbacia Vaca Brava, PB. Santos et al. (2002).

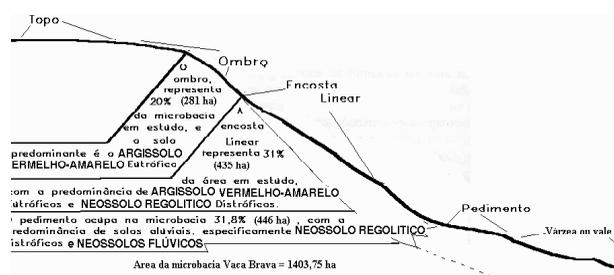


Figura 2. Esquema da subdivisão das encostas, para amostragens de solos (ombro, meia encosta e pedimento) e tipos de solos dominantes na microbacia Vaca Brava, PB. Santos et al. (2002).

Os atributos do solo foram avaliados, inicialmente, por meio de estatística descritiva (média, valor máximo e mínimo e desvio padrão). Também foi verificado que as variáveis tinham distribuição lognormal, motivo pelo qual, nas tabelas, foi indicada a média geométrica (Parkin & Robinson 1993). No caso do P, a distribuição não foi normal e nem lognormal, motivo pelo qual foram indicados os valores das medianas. Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e, depois, aplicado o teste Tukey ($p < 0,05$), para as variáveis qualitativas naqueles atributos, nos quais o teste-F foi significativo. A análise foi realizada com os dados transformados (logaritmo natural). Para descrever os níveis de fertilidade do solo, foi utilizado o Manual de Sugestões de Adubação para o Estado da Paraíba (1979), onde os níveis de P e K são classificados como baixos (P: 0-7,7 mg kg⁻¹; K: 0-0,09 cmol_c kg⁻¹), médios (P: 7,8-23 mg kg⁻¹; K: 0,10-0,29 cmol_c kg⁻¹) ou altos (P > 23 mg kg⁻¹; K > 0,30 cmol_c kg⁻¹).

Tabela 1. Número de amostras compostas de solo, por estrato, em áreas de encosta pedimento, encosta linear e encosta ombro, na microbacia Vaca Brava, PB.

Cobertura do Solo	Encosta		
	Ombro	Meia encosta	Pedimento
Agricultura Anual	9	36	13
Pastagem	10	74	17
Capineira	0	19	6
Mata	1	37	2
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	0	12	2
Capoeira	4	11	1
Total	24	189	41

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A microbacia Vaca Brava apresenta cerca de 11,62 km² de solos em encostas (ombro, meia encosta e pedimento), ou seja, em aproximadamente 83% da área predomina este tipo de relevo (Figura 1). O solo predominante nas posições de ombro e meia encosta é o Argissolo Vermelho eutroférico, enquanto, no pedimento, encontram-se o Argissolo Vermelho eutroférico e o Neossolo Flúvico (Brasil 1972, Embrapa 2006). No entanto, as encostas são geralmente caracterizadas por uma grande heterogeneidade (Fanning & Fanning 1989, Silva et al. 2001).

Análise descritiva

As médias geométricas gerais dos atributos de fertilidade das amostras dos solos, resumidas na Tabela 2, foram bastante semelhantes para o ombro, meia encosta e pedimento, confirmando que essa subdivisão é mais determinada pelo manejo do que pelos caracteres morfológicos e genéticos do solo.

O carbono do solo, por exemplo, apresentou o menor valor no pedimento (9,61 g kg⁻¹) e o maior na meia-encosta (16,0 g kg⁻¹), mas sem atingir nível de significância, por conta do elevado desvio das médias. É possível que essa variação no C e no N ocorra em função da predominância de texturas mais grosseiras no pedimento. A menor concentração de matéria orgânica na região do pedimento pareceu influenciar também a CTCE, que apresentou o menor valor nessa mesma posição (Tabela 2).

Em geral, esses valores médios retratam a baixa concentração de nutrientes nessas encostas. É possível que isso ocorra em função do uso intensivo nas áreas agrícolas, sem reposição dos elementos retirados pela colheita e, ainda, com a contribuição de processos erosivos, que são mais intensos nas áreas sob encostas com reduzida cobertura vegetal.

Uso do solo

Os valores médios dos atributos do solo, em diferentes posições no relevo, em função do uso, encontram-se na Tabela 3. Na posição do ombro, apenas os teores de Ca e Mg foram maiores nas amostras de áreas agrícolas que nas de pastagem, os quais acabaram elevando a CTCE e o valor S. Para os demais atributos, não houve diferenças estatísticas

Tabela 2. Estatística descritiva para as variáveis analisadas em amostras de solo de áreas de ombro (n= 24), meia encosta (n= 189) e pedimento (n= 41), na microbacia Vaca Brava, PB.

Variáveis	Ombro				Meia encosta				Pedimento			
	M.G*	D.P.	Min.	Max.	M.G*	D.P.	Min.	Max.	M.G*	D.P.	Min.	Max.
C (g kg ⁻¹)	13,1	6,51	5,36	27,5	16,0	8,66	4,30	46,7	9,61	3,46	4,94	20,4
N (g kg ⁻¹)	1,08	0,51	0,45	2,26	1,33	0,74	0,40	3,83	0,80	0,31	0,43	1,73
P (mg kg ⁻¹) ¹	2,07	-	0,43	12,8	2,82	-	0,40	3,83	2,22	-	0,96	34,9
pH (H ₂ O)	5,25	0,42	4,60	6,12	5,32	0,62	4,13	8,40	5,64	0,52	4,54	7,39
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	1,85	0,95	0,44	4,12	1,80	1,05	0,28	5,99	1,56	0,80	0,69	4,69
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	1,10	0,68	0,38	3,34	1,15	0,80	0,19	4,54	0,74	0,38	0,26	2,16
K (cmol _c kg ⁻¹)	0,18	0,11	0,02	0,51	0,22	0,17	0,01	0,89	0,14	0,09	0,03	0,49
Na (cmol _c kg ⁻¹)	0,04	0,05	0,01	0,25	0,07	0,09	0,002	0,75	0,05	0,07	0,01	0,35
S (cmol _c kg ⁻¹)	3,21	1,41	1,02	5,85	3,25	1,83	0,64	9,23	2,49	1,07	1,07	5,98
H+Al (cmol _c kg ⁻¹)	0,30	0,36	0,03	1,58	0,39	0,47	0,02	2,90	0,16	0,18	0,02	0,68
CTCE (cmol _c kg ⁻¹)	3,51	1,52	1,07	7,43	3,63	1,94	1,04	10,8	2,65	1,08	1,12	6,03
ds (g mL ⁻¹)	1,17	0,15	0,88	1,44	1,14	0,14	0,86	1,40	1,26	0,09	0,95	1,43

CTCE: Capacidade de troca de cátion efetiva; S: Soma de bases; ds: densidade do solo; D.P.: desvio padrão.

*Média geométrica (M.G) para todas as variáveis, exceto P¹, para o qual foi indicada a mediana.

entre áreas agrícolas e sob pastagem, que foram as únicas comparadas nesta posição topográfica.

Com relação à meia encosta, todos os atributos foram maiores nas amostras sob mata, com exceção do P, que foi maior nas amostras de áreas agrícolas, fato que pode ser justificado pela adubação orgânica realizada pelos produtores rurais (Peterson et al. 2002). A concentração de P extraído com Mehlich-1 ficou na faixa de deficiência, independentemente do tipo de uso da terra, o que está de acordo com Fraga (2002) e Fraga & Salcedo (2004), que, em áreas cultivadas, determinaram entre 1,5 mg kg⁻¹ e 2,3 mg

kg⁻¹ e, em áreas de vegetação nativa (caatinga), entre 2,0 mg kg⁻¹ e 3,9 mg kg⁻¹.

A densidade do solo foi menor na área sob mata, em função dos maiores teores de matéria orgânica. As áreas sob capoeira e sabiá tiveram teores de matéria orgânica significativamente maiores (p < 0,05) que as áreas sob uso agropecuário. Menezes & Salcedo (1999), avaliando as diferenças na fertilidade do solo no semi-árido paraibano, entre áreas abaixo do estrato arbóreo e sob pastagens, verificaram níveis mais elevados de C, P, N, Ca, Mg, K e Na, abaixo do estrato arbóreo.

Tabela 3. Médias geométricas de atributos determinados em amostras classificadas pela posição no relevo e uso da terra.

Uso do Solo	ds	C	N	P*	pH _{H2O}	Ca	Mg	K	Na	S	H+Al	CTC
	g dm ⁻³	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹						
<i>Ombro</i>												
Mata (n: 01)#	1,05	24,5	1,84	1,32	4,70	2,09	1,57	0,19	0,04	3,90	0,08	3,98
Pastagem (n: 10)	1,16 a	11,6 a	0,98 a	1,87	5,17 a	1,31 b	0,70 b	0,19 a	0,04 a	2,25 b	0,26 a	2,51 b
Agricultura (n: 09)	1,26 a	11,0 a	0,88 a	2,07	5,48 a	2,41 a	1,38 a	0,14 a	0,02 a	4,05 a	0,41 a	4,46 a
Capoeira (n: 04)#	1,06	18,7	1,62	1,92	5,10	1,87	1,36	0,26	0,09	3,58	0,18	3,76
<i>Meia encosta</i>												
Mata (n: 37)	0,99 dc	28,8 a	2,48 a	2,14	4,95 bc	2,82 a	1,88 a	0,26 ab	0,12 ab	5,11 a	0,68 a	5,79 a
Pastagem (n: 74)	1,16 bc	12,8 bc	1,05 bc	2,18	5,42 ac	1,36 cd	0,87 b	0,23 ab	0,05 c	2,52 b	0,26 b	2,78 b
Agricultura (n: 36)	1,24 a	11,2 c	0,92 c	2,24	5,62 a	1,90 bd	1,00 b	0,15 b	0,06 bc	3,11 b	0,29 b	3,41 b
Capoeira (n: 19)	1,20 ab	11,3 c	0,95 bc	2,09	5,52 ac	1,73 bcd	1,24 b	0,14 ab	0,05 abc	3,17 b	0,39 ab	3,56 b
Sansão-do-campo (n: 12)	1,16 ab	16,4 b	1,31 bc	2,18	5,09 abc	1,80 bcd	0,95 b	0,29 a	0,12 abc	3,15 b	0,48 ab	3,63 b
Capoeira (n: 11)	1,08 c	18,0 b	1,44 b	2,03	4,91 c	1,24 d	1,09 b	0,23 ab	0,08 abc	2,64 b	0,48 ab	3,12 b
<i>Pedimento</i>												
Mata (n: 02)#	1,17	16,4	1,49	1,99	5,18	3,11	1,11	0,11	0,16	4,49	0,08	4,56
Pastagem (n: 17)	1,26 a	9,11 a	0,77 a	2,18	5,62 a	1,18 b	0,61 a	0,12 a	0,05 a	1,96 b	0,18 a	2,13 b
Agricultura (n: 13)	1,29 a	9,20 a	0,75 a	2,26	5,78 a	1,95 a	0,81 a	0,18 a	0,05 a	2,99 a	0,15 a	3,14 a
Capoeira (n: 06)	1,28 a	8,02 a	0,65 a	1,95	5,86 a	1,39 ab	0,87 a	0,11 a	0,03 a	2,40 ab	0,19 a	2,59 ab
Sansão-do-campo (n:02)#	1,22	14,8	1,25	2,19	4,98	1,59	0,80	0,18	0,03	2,60	0,07	2,68
Capoeira (n: 01)#	1,21	8,92	0,73	1,13	5,06	0,79	0,25	0,18	0,03	1,24	0,38	1,62

Estes usos não foram incluídos na análise estatística, devido ao reduzido número de observações; * mediana; Sansão-do-campo: *Mimosa caesalpinifolia* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente (p < 0,05) entre si, pelo teste Tukey.

A substituição das matas nativas pelo uso agropecuário levou a um empobrecimento generalizado dos solos, particularmente em relação aos teores de C e N, tendência observada, também, por outros autores (Tiessen et al. 1992, Fraga & Salcedo 2004). Isto pode resultar na perda de biodiversidade e na diminuição da capacidade de resiliência dos ecossistemas. O risco de perda da fertilidade do solo é ainda maior em áreas de encostas, como as amostradas, onde há acentuação dos processos erosivos (Sampaio & Salcedo 1997, Santos et al. 2002), principalmente quando a vegetação nativa é substituída por culturas agrícolas ou pastagens. Em pastagens bem manejadas, os processos erosivos são reduzidos, mostrando-se, às vezes, até menores que em áreas com vegetação nativa.

Com relação ao pedimento, somente foram comparadas, estatisticamente, amostras provenientes de áreas com uso agropecuário (pastagem, agricultura e capineira), devido ao número insuficiente de áreas com outros usos encontradas nesta posição. Com poucas exceções (Ca, S e CTCE), onde as amostras provenientes de áreas agrícolas foram um pouco maiores, os atributos analisados não diferiram entre si, quanto ao uso da terra. O pedimento é uma área caracterizada por ganhos e perdas de sedimentos, o que acaba contribuindo para essa uniformidade das propriedades químicas entre os usos do solo (Bertoni & Lombardi Neto 1999).

Classes texturais

Com relação à textura do solo, houve uma grande variabilidade nos valores dos atributos. No entanto, os teores de C e N mostraram-se maiores nas texturas mais finas, independentemente da posição das áreas nas encostas (Tabela 4). O coeficiente de correlação entre os teores de C orgânico e de argila foi 0,79 ($p < 0,05$; $n = 254$). Na posição de meia encosta, a saturação por bases diminuiu, ao passar da classe franco-argilo-arenoso (FrArgAr) para a Arg, ocorrendo o inverso com H+Al. Isto manteve a CTCE relativamente inalterada, enquanto o pH ficou mais baixo. Os atributos de solo variaram significativamente ($p < 0,05$) nas encostas, em função da classe textural (Tabela 4).

Com relação ao ombro, as texturas mais finas, franco-argilo-arenosa (FrArgAr) e argilo-arenosa (ArgAr), apresentaram-se com maiores teores de C, N, Ca, Mg e K. Na meia encosta, além das classes FrArgAr e ArgAr, foram encontradas amostras Arg, que foram, então, as que apresentaram os maiores níveis de C, N, Ca, Mg e CTCE. No pedimento, essa tendência continua. Porém, a predominância nestas áreas é de classes texturais grosseiras, ou seja, das 47 amostras analisadas, 34 são de classes texturais, sendo 19 areia franca (ArFr) e 15 franca arenosa (FrAr), e apenas 7 apresentaram-se como FrArgAr (que foi a classe mais fina encontrada), as quais

Tabela 4. Médias geométricas de atributos determinados em amostras classificadas pela posição no relevo e pela classe textural, na microbacia Vaca Brava, PB.

Classe Textural	ds	C	N	P*	pH _{H2O}	Ca	Mg	K	Na	S	H+Al	CTCE
	g dm ⁻³	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹								
<i>Ombro</i>												
ArFr (n: 07)	1,36 a	6,59 c	0,58 c	2,02	5,63 a	1,48 a	0,77 a	0,13 b	0,02 a	2,54 a	0,26 a	2,80 a
FrAr (n: 02)#	1,28	8,68	0,72	2,02	5,46	1,44	0,77	0,13	0,02	2,36	0,16	2,52
FrArgAr (n: 11)	1,11 b	14,7 b	1,22 b	1,95	5,07 b	2,05 a	1,39 a	0,16 b	0,05 a	3,65 a	0,34 a	3,99 a
ArgAr (n: 04)	0,96 c	22,1 a	1,78 a	2,08	5,01 b	2,13 a	1,05 a	0,37 a	0,05 a	3,61 a	0,33 a	3,94 a
<i>Meia encosta</i>												
ArFr (n: 29)	1,32 a	7,23 d	0,62 c	2,18	5,75 a	1,33 b	0,65 c	0,15 a	0,04 a	2,18 c	0,33 b	2,51 c
FrAr (n: 57)	1,23 b	11,1 c	0,92 c	2,22	5,52 ab	1,65 ab	0,91 bc	0,17 a	0,07 a	2,80 bc	0,29 b	3,09 bc
FrArgAr (n: 63)	1,08 c	18,2 b	1,52 b	2,18	5,28 b	2,15 a	1,39 ab	0,25 a	0,10 a	3,89 a	0,38 b	4,27 ab
ArgAr (n: 28)	0,98 d	25,6 a	2,12 a	2,16	4,82 c	1,90 ab	1,43 ab	0,26 a	0,08 a	3,72 ab	0,44 b	4,16 ab
Arg (n: 12)	0,92 d	26,8 a	2,16 a	2,18	4,80 c	1,75 ab	1,53 ab	0,25 a	0,06 a	3,60 abc	0,94 a	4,54 a
<i>Pedimento</i>												
ArFr (n: 19)	1,32 a	7,47 c	0,61 c	2,18	5,70 a	1,35 b	0,73 ab	0,14 a	0,02 b	2,25 b	0,21 a	2,46 b
FrAr (n: 15)	1,25 b	9,58 b	0,79 b	2,12	5,70 a	1,55 ab	0,61 b	0,11 a	0,08 a	2,35 ab	0,12 a	2,47 ab
FrArgAr (n: 07)	1,14 c	15,5 a	1,34 a	2,29	5,34 a	2,14 a	1,02 a	0,19 a	0,08 a	3,43 a	0,13 a	3,56 a

ArFr: Areia Franca; FrAr: Franca Arenosa; FrArgAr: Franco Argilo Arenosa; FrArg: Franco Argilosa; ArgAr: Argilo-Arenosa; Arg: Argilosa; ds: densidade do solo; n.: número de amostras; P: fósforo; N: nitrogênio; CTCE: capacidade de troca de cátion efetiva; * mediana; #: esta classe textural não foi incluída na análise estatística, devido ao reduzido número de observações.

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si, pelo teste Tukey.

foram, no entanto, as mais férteis.

Os valores médios de CTCE foram, de forma geral, baixos, oscilando entre 3,99 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 2,52 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, para o ombro; 4,54 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 2,51 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, para a meia encosta; e 3,56 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 2,46 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, para amostras de pedimento. A maior parte da contribuição da CTCE, em todas as posições das encostas, correspondeu ao Ca + Mg, sendo a grande maioria das amostras de solos eutróficos. A CTCE teve uma correlação significativa ($p < 0,05$) com os teores de C orgânico das amostras ($r = 0,64$; $n = 254$).

Níveis de fertilidade do solo

Para se obter uma idéia geral sobre a proporção de amostras com níveis baixos, médios e altos de P e K nas encostas, foi utilizado o Manual de Sugestão de Adubação para o Estado da Paraíba (1979). As amostras foram identificadas em função das posições no relevo, usos da terra e classes texturais (Figura 3). Mais de 90% das amostras no ombro e 88% de meia encosta apresentaram baixos níveis de P ($0-7,7 \text{ mg kg}^{-1}$), fato também relatado por outros autores (Sampaio et al. 1995, Fraga & Salcedo 2004).

No pedimento, essa proporção foi de 78%, ainda bastante significativa (Figuras 3a e 3b). No entanto, com relação ao potássio, tanto no ombro (71%), quanto na meia encosta (53%) e no pedimento (68%), o maior número de amostras apresentou níveis médios de potássio ($0,10-0,29 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Poucas amostras foram encontradas com níveis médios ($7,8-23 \text{ mg kg}^{-1}$) e altos ($> 23 \text{ mg kg}^{-1}$) de fósforo. Para o potássio, as proporções menores de amostras foram encontradas para níveis baixos ($0-0,09 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e altos ($> 0,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

Em termos do uso do solo (Figuras 3c e 3d), 66% das amostras sob agricultura apresentaram teores deficientes em P. Ainda, 68% das amostras sob capineira e 95% das amostras sob pastagens ficaram na mesma condição de deficiência, enquanto a totalidade das amostras sob mata foi deficiente em P. Em relação ao K, as amostras sob agricultura (57%), capineira (56%), pastagem (64%) e mata (50%) apresentaram teores médios deste elemento. Com relação às classes texturais (Figuras 3e e 3f), 69% das amostras com classe textural ArFr, 81% das FrAr e 97% das FrArgAr apresentaram baixos níveis de P.

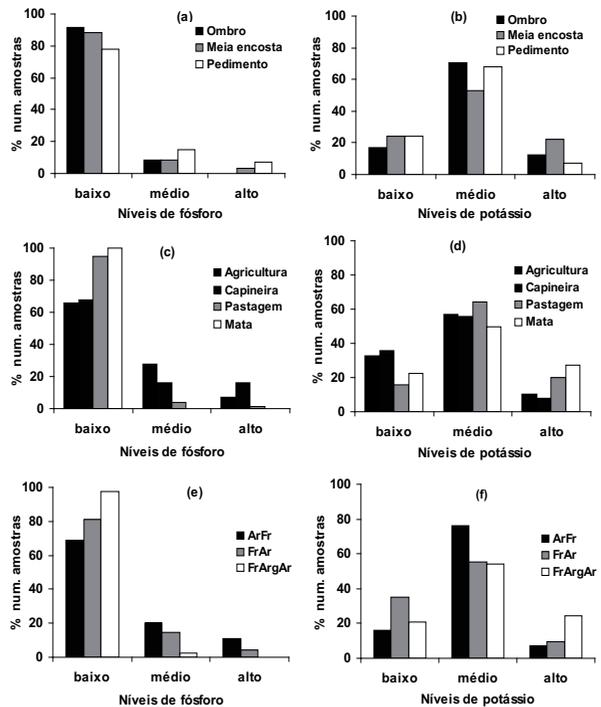


Figura 3. Proporção de solos das posições da encosta (a, b), uso da terra (c, d) e classe textural (e, f), em relação aos níveis de fertilidade do solo para fósforo e potássio.

CONCLUSÕES

1. As classes texturais influenciaram os valores dos atributos (químicos, físicos e biológicos) das amostras de solo com maior intensidade que os distintos tipos de uso.
2. As posições na encosta não influenciaram diretamente os atributos químicos do solo. Entretanto, ficaram expressas nas variações texturais, que, por sua vez, influenciaram os atributos químicos.
3. As encostas com uso agropecuário apresentaram menores teores de C e N, em relação àquelas com mata.
4. A análise da proporção de amostras, nos diferentes níveis de suficiência de P e K, com base nos diferentes usos da terra, classes texturais e posições no relevo, indicaram uma deficiência generalizada de P, que foi mais intensa que a de K.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Projeto Agricultura familiar); CAPES, pela bolsa concedida; Programa de

Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (DEN/UFPE); e InterAmerican Institute for Global Change (IAI-CRN 001), pelo financiamento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. Divisão de Agrologia – SUDENE. *Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro: MA/CONTAP, 1972. (Boletim técnico, 15).
- COSTA B. M. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5., 1978, Piracicaba. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1980. p. 5-7.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de Métodos de Análises de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Práticas de conservação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, 1980.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. *Soil survey manual*. Washington, USDA, 1993. (Agriculture handbook, 18).
- FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. *Soil morphology, genesis and classification*. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- FRAGA, V. S. *Mudanças na matéria orgânica (C, N e P) de solos sob agricultura de subsistência*. 2002. 70 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.
- FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 68, n. 1, p. 215-224, 2004.
- JENNY, H. *Factors of soil formation*. New York: McGraw-Hill, 1941.
- MANUAL de sugestão de adubação para o Estado da Paraíba: primeira aproximação. João Pessoa: Emater-PB, 1979.
- MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Influence of tree species on the herbaceous understorey and soil chemical characteristics in a silvopastoral system in semi-arid northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 23, n. 4, p. 817-826, 1999.
- NASCIMENTO, J. R. D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p. 107-151.
- PARKIN, T. B.; ROBINSON, J. A. Statistical evaluation of median estimators for lognormally distributed variables. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 57, n. 2, p. 317-323, 1993.
- PETERSON, P.; SILVEIRA, L.; ALMEIDA, P. Ecosistemas naturais e agroecossistemas tradicionais no agreste da Paraíba: uma analogia socialmente construída e uma oportunidade para a conversão agroecológica. In: *Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002, p. 13-119.
- PUPO, N. I. H. *Manual de pastagens forrageiras: formação, conservação, utilização*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979.
- SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 54, p. 86-94, dez. 2002.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, F. B. R. Fertilidade de solos do semi-árido do nordeste. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1995, Petrolina. *Anais...* Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. p. 51-72.
- SILVA, M. B. et al. Estudo de topossequência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 25, n. 4, p. 965-976, 2001.
- TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*, London, v. 371, n. 6500, p. 783-785, 1994.
- TIESSEN, H.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid northeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 38, n. 3, p. 139-151, 1992.