

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM FRUTEIRAS IRRIGADAS EM PARAIPABA, CE

Alberto C. de Campos Bernardi¹; Sílvio Roberto de Lucena Tavares²;
Lindbergue de Araújo Crisóstomo³

¹Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz km 234, Cx. P.: 339, CEP: 13560-970, São Carlos-SP. e-mail: alberto@cnpse.embrapa.br

²Embrapa Solos, R. Jardim Botânico, 1024, CEP: 22460-000, Rio de Janeiro-RJ. e-mail: stavares@cnpes.embrapa.br

³ Embrapa Agroindústria Tropical, R. Dra. Sara Mesquita, 2270, C.P.: 3761, CEP: 60511-110, Fortaleza-CE. e-mail: lindbergue@cnpat.embrapa.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo de pomares adubados e irrigados de fruteiras sobre os atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico em Paraipaba, CE. Foram coletadas amostras na linha e na entrelinha de pomares irrigados de banana, caju, manga, sapoti, goiaba e graviola. Em áreas adjacentes sob vegetação de Caatinga hipoxerófila e após dois anos de desmatamento foram coletadas amostras adicionais. As profundidades de amostragem foram: 0 a 10; 10 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 cm. Os resultados indicaram que, nas condições de solo e manejo das áreas estudadas os atributos químicos do solo foram influenciados pela adubação, irrigação e culturas implantadas em relação à vegetação natural. Notadamente, a adubação associada à irrigação proporcionaram uma distribuição em profundidade de nutrientes até 60 cm, com aumento nos valores de pH, P, K, Ca, Mg, V% e Na, e diminuição nos teores de matéria orgânica, Al e acidez potencial.

Palavras-chave: pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, saturação por bases, sódio, matéria orgânica, alumínio

CHEMICAL ATTRIBUTES OF AN INCEPTISOL UNDER IRRIGATED FRUIT ORCHARDS IN PARAIPABA, CE, BRAZIL

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of fertilized and irrigated fruit orchards on chemical attributes of a Neossolo Quartzarênico (Arenosol/Quartzpsament) from Paraipaba-CE, Northeastern Brazil. Soil samples were taken from irrigated orchards of banana, cashew, guava, bullock's heart, mango, and sapote in the wet bulb and at the non irrigated area between plant rows. Additional samples were collected from adjacent areas under secondary dry forest, and under 2-year deforested area. Sampling depths were: 0-10, 10-20, 20-40, and 40-60 cm. The results showed that for the soil studied, and specific management conditions, soil chemical attributes were affected by fertilization, irrigation and fruit crops grown in relation to the natural vegetation. Especially, the fertilization associated to the irrigation led to a deeper distribution of nutrients with increases in pH, P, K, Ca, Mg, V% and Na values, and decrease in organic matter, Al and potential acidity levels. The results demonstrated the importance of soil organic matter on soil cationic exchange capacity.

Key words: pH, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, bases saturation, sodium, organic matter, aluminum

INTRODUÇÃO

Características climáticas como baixa precipitação média anual e alta insolação, associadas ao surgimento dos perímetros irrigados favoreceram o desenvolvimento da fruticultura irrigada na região do semi-árido nordestino. A região é responsável pela maior parte da produção das principais frutas tropicais, sendo a primeira produtora de caju, melão, coco, cajá, acerola, graviola, mamão, manga, maracujá, melancia e banana (Cardoso e Souza, 2000).

O Estado do Ceará tem extensa faixa de solos

areno quartzosos, com baixa capacidade de retenção de água, que impede a formação de reservas de água nos períodos mais secos (Brasil, 1973), agravando ainda mais o problema do déficit hídrico. A partir da década de 90, o Estado identificou vantagens competitivas importantes na fruticultura irrigada, as quais são a localização dos centros produtores, que não distam mais de 250 quilômetros da Capital, e também a sua posição em relação aos maiores mercados consumidores da Europa e dos Estados Unidos. Além disso, o semi-árido nordestino permite até 2,5 safras por ano. Estas vantagens têm impulsionado a fruticultura, tor-

nando-a uma importante atividade para a economia cearense.

A falta de informações aos agricultores no manejo da irrigação e as peculiaridades edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, muito têm contribuído para o processo de degradação de solos da região (Macedo, 1988; Oliveira et al., 2002). Nas regiões semi-áridas, a melhoria da fertilidade do solo é essencial para aumentar a produtividade de biomassa, aumentar a eficiência do uso da água e, também, melhorar a qualidade do solo. Vários experimentos de longa duração em regiões com baixa precipitação mostraram a importância do uso de fertilizantes orgânicos e inorgânicos, visando o adequado manejo de nutrientes (Laryea et al., 1995; Singh e Goma, 1995; Miglierina et al., 1996; Santos e Muraoka, 1997). No entanto, os aspectos relacionados ao manejo da irrigação e à qualidade da água também devem ser sempre considerados (Yagüe, 1998).

No entanto, ainda são escassas as avaliações gerais da fertilidade dos solos da região Nordeste do Brasil. As mais abrangentes são a primeira aproximação feita por Galvão e Cate Jr. (1969), para os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Sampaio et al. (1995) publicaram extensa revisão sobre o assunto. Apesar da água ser o principal fator limitante à produção vegetal na região, os solos apresentam ainda baixa fertilidade com grandes extensões com baixos teores de P e K e com altas necessidades de calcário. Porém, os fertilizantes são pouco utilizados e, quando isso ocorre, as doses são aquém do necessário, talvez por existirem poucos trabalhos sobre resposta à adubação para a região (Faria, 1992). Salcedo et al. (1997) afirmaram que há resposta à fertilização com N e P na maioria dos experimentos realizados na região, no entanto, não têm sido relatadas respostas ao K e à calagem.

Geralmente, a substituição da vegetação natural por culturas comerciais provoca alterações nas propriedades químicas dos solos, que são função do tipo de solo, da fertilidade inicial, da cultura implantada e do manejo utilizado. Borges e Kiehl (1997) observaram em um Latossolo Amarelo álico na Bahia, que os cultivos de banana e citros elevaram os teores de Ca, Mg, P e Zn do solo, principalmente nos horizontes superficiais. Já os cultivos de manga e, principalmente de mandioca, não contribuíram para melhoria das propriedades químicas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cultivo de pomares adubados e irrigados de fruteiras sobre os atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico em Paraipaba, CE.

MATERIAL E MÉTODOS

A área avaliada está localizada no Campo Expe-

rimental do Curú, da Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, CE (3°28'52"S e 39°09'52"W; 30 m acima do nível do mar). O clima da região é Bw (classificação de Köppen) com 998 mm de precipitação por ano, temperatura média e umidade relativa do ar são 26,7°C e 71%, respectivamente.

O solo foi classificado como um Neossolo Quartzarênico (Quartzpsament), com 892 g kg⁻¹ de areia; 32 g kg⁻¹ de silte, e 76 g kg⁻¹ de argila, na camada de 0 a 27 cm (horizonte A); 820 g kg⁻¹ de areia; 53 g kg⁻¹ de silte, e 126 g kg⁻¹ de argila, na camada de 27 a 76 cm (horizonte AC); e 841 g kg⁻¹ de areia; 39 g kg⁻¹ de silte, e 120 g kg⁻¹ de argila, na camada de 76 a <120 cm (horizonte C).

As amostras de solo foram coletadas em pomares de banana (*Musa ssp.*), caju (*Anacardium occidentale*), goiaba (*Psidium guajava*), graviola (*Annona reticulata*), manga (*Mangifera indica*), sapoti (*Manilkara zapota*) no bulbo molhado na linha das plantas e na região não irrigada, entre as linhas de plantio. Com exceção da banana, que estava com dois anos de cultivo, todas as outras culturas estavam com seis anos. Amostras adicionais foram coletadas em uma área adjacente, sob floresta secundária classificada como "Caatinga Hipoxerófila" (Brasil, 1973) e também em uma área após dois anos de desmatamento e de aração. Para cada cultura, coletaram-se três amostras compostas nas profundidades de: 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, e 40 a 60 cm, em esquema inteiramente casualizado.

Os espaçamentos das fruteiras foram de: 5,0 x 3,0 m para caju, manga e sapoti (667 plantas ha⁻¹); 3,0 x 3,0 m, para goiaba e graviola (1111 plantas ha⁻¹); e 4,0 x 2,0 m para banana (1250 plantas ha⁻¹).

Antes da implantação, todas as áreas com fruteiras receberam calagem, na dose de 1.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico. As épocas de adubação e quantidades aplicadas nas fruteiras estão apresentadas na Tabela 1. As fontes de nutrientes utilizadas foram: uréia (45% de N), superfosfato simples (18% de P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e FTE-BR 12 (1,8% de B; 0,8% de Cu; 3% de Fe; 2% de Mn; 0,1% Mo; 9% Zn). As adubações de fundação foram feitas nas covas de plantio e as de formação e produção, na projeção da copa de cada planta.

As culturas foram irrigadas por microaspersão movida por um sistema de bombeamento com energia hidroelétrica. As taxas de descarga e áreas molhadas foram 20 L h⁻¹ e 1,0 m² de diâmetro para todas as frutas, e 28 L h⁻¹ e 1,5 m² apenas para a banana. A água utilizada na irrigação foi captada do Rio Curú, e apresentava as seguintes características químicas e físico químicas: pH: 7,4; CE: 0,60 dS m⁻¹; Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺: 1,02; 1,43; 0,19 e 4,15 mmol L⁻¹ respectivamente, Cl⁻, CO₃²⁻ e HCO₃⁻: 3,90; 0,40; 1,43 mmol L⁻¹ respectivamente, RAS_{ajustada}: 4,1.

Tabela 1 - Épocas de adubação e quantidades aplicadas nas fruteiras irrigadas cultivadas em Neossolo Quartzarênico em Paraipaba, CE.

Nutrientes*	Épocas de adubação						
	Fundação	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	6º ano
				g por planta			
				Caju			
N	-	100	100	100	300	300	300
P ₂ O ₅	150	-	-	-	150	150	150
K ₂ O	-	100	100	100	250	250	250
Micros	50	-	50	-	50	50	50
				Manga			
N	-	80	80	180	300	300	300
P ₂ O ₅	150	150	150	300	150	150	150
K ₂ O	-	80	80	250	250	250	250
Micros	50	-	-	-	50	50	50
				Goiaba			
N	-	200	200	300	300	300	300
P ₂ O ₅	-	150	150	250	150	150	150
K ₂ O	-	100	100	120	250	250	250
Micros	-	50	50	50	50	50	50
				Graviola			
N	-	200	200	300	300	300	300
P ₂ O ₅	-	150	150	250	150	150	150
K ₂ O	-	100	100	120	250	250	250
Micros	-	50	50	50	50	50	50
				Sapoti			
N	-	80	80	180	300	300	300
P ₂ O ₅	150	150	150	300	150	150	150
K ₂ O	-	80	80	250	250	250	250
Micros	50	-	-	-	50	50	50
				Banana			
				Formação (30 a 150 dias)			
				g por planta			
N	70			45			320
P ₂ O ₅	80			-			100
K ₂ O	-			80			360
Micros	50			-			-

*Fontes de nutrientes utilizadas: uréia (45% N), superfosfato simples (18% P₂O₅), cloreto de potássio (60% K₂O) e FTE-BR 12 (1,8% de B; 0,8% de Cu; 3% de Fe; 2% de Mn; 0,1% Mo; 9% Zn).

As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas (2 mm). Foram determinados carbono e nitrogênio total por combustão úmida (Walkey-Black) e digestão semi-micro-Kjeldahl, respectivamente (Embrapa, 1997). Foram determinados, ainda, pH (água); matéria orgânica (Walkey-Black); P e K (Mehlich-1); Ca, Mg e Al (KCl); acidez potencial, H+Al (acetato de Ca); e condutividade elétrica seguindo as metodologias descritas por Richards (1954), Embrapa (1997) e Silva et al. (1998). A seguir calculou-se a soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases. Com base nessas determinações foi calculada a porcentagem da CTC saturada por sódio (PSS).

São apresentadas as médias e coeficiente de variação dos dados obtidos. Foram ajustadas equações de regressão entre alguns atributos seguindo Pimentel-Gomes e Garcia (2002), e utilizando o programa estatístico SAS (1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 (a e b) são apresentados os resultados da análise química para fins de avaliação da fertilidade de um Neossolo Quartzarênico para amostras coletadas no bulbo molhado e área não irrigada de fruteiras.

Não houve diferenças entre os teores de fósforo na superfície e sub-superfície no bulbo molhado (Tabela 2a), exceto para a bananeira, indicando um descida ao longo do perfil. Foram observados inclusive valores elevados nas camadas inferiores, como nas culturas da goiaba, graviola, manga e sapoti. A exceção foi na cultura da banana, já que também apresentou teores superficiais mais baixos. As diferenças entre os teores do nutriente é explicada pelas diferenças nas quantidades de fertilizantes aplicadas anualmente, uma vez que a banana estava no 2º ano de cultivo e as demais culturas no 6º ano (Tabela 1). A migração do P, para camadas mais profundas de solos arenosos, quando aplicados em doses elevadas também foi observado por Faria e Pereira (1993). Os resultados mostram também uma correção deste nutriente em relação à condição de mata nativa, que apresentou valores considerado muito baixo (Alvarez et al., 1999). A baixa disponibilidade deste elemento em condições naturais já havia sido destacada anteriormente por Galvão e Cate Jr. (1969) e Sampaio et al. (1995).

Observa-se na Tabela 2a que não houve diferenças entre as amostras feitas na região de influência da irrigação e na região que não recebeu água sobre os teores de K trocável para as culturas da graviola, goiaba e manga. Como no caso do P, existe uma tendência de uniformização dos teores deste nutriente ao longo do perfil do solo sob as culturas da goiaba, graviola, manga e sapoti, especialmente no bulbo molhado, evidenciada

pelos valores muito próximos nas profundidades amostradas. Considerando os teores do nutriente nas camadas abaixo dos 20 cm no bulbo molhado, houve aumento nos teores em todas fruteiras (com exceção da bananeira), sendo que de acordo com Alvarez et al. (1999) as classes de interpretação mudaram de baixos (vegetação natural) para médios (fruteiras). Já Borges e Kiehl (1997) não verificaram aumentos nos teores de K com o cultivo de fruteiras. Estes resultados confirmam a importância do fornecimento deste nutriente através da adubação, como também havia sido mostrado por Galvão e Cate Jr. (1969) e Sampaio et al. (1995). No entanto, deve ser voltada atenção especial para o manejo da adubação potássica neste tipo de solo, de textura arenosa e baixa CTC, com relação à lixiviação e perda deste cátion (Raij, 1991).

Para o solo sob cultivo de fruteiras, a maioria dos valores de pH (Tabela 2a), de acordo com o critério de Classificação Agronômica (Alvarez et al., 1999) são considerados adequados (5,5 a 6,0) a altos (6,1 a 7,0), com alguns valores considerados muito alto (> 7,0), como no caso da bananeira.

Os resultados observados para acidez potencial (Tabela 2b) no solo sob vegetação natural são considerados baixos (entre 1,01 e 2,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), e nos solos sob fruteiras de baixo a muito baixo (< 1,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) seguindo o critério de Alvarez et al. (1999). Estes baixos valores indicam que este Neossolo de textura arenosa e baixa CTC, possui um tamponamento muito baixo. Por isso, o fornecimento de corretivos pode proporcionar elevações bruscas do pH, como foi observado nos resultados na área com cultivo de bananeira.

Os resultados apresentados na Tabela 2a indicam um interessante efeito de lixiviação no perfil dos macronutrientes Ca e Mg resultado da correção do solo e da irrigação. Observa-se uma tendência de aumento nos teores nas camadas abaixo dos 20 cm, mesmo ainda que os maiores valores estejam nas camadas superficiais, e considerados adequados (Alvarez et al., 1999). A presença de Ca e Mg abaixo da superfície pode auxiliar no aprofundamento das raízes, proporcionando maior volume para o sistema radicular. Os resultados obtidos nas camadas abaixo dos 20 cm podem ser classificados, de acordo com Alvarez et al. (1999), como baixos (entre 0,41 e 1,20 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) para o Ca, e de médio (entre 0,46 a 0,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) para o Mg. Comparado-se com a vegetação natural, observa-se melhorias nesses atributos, pois, seguindo os critérios de Alvarez et al. (1999) os valores eram considerados baixos a muito baixos para o Ca e baixos para o Mg. Borges e Kiehl (1997) também observaram que o cultivo de banana e citros elevaram os teores de Ca e Mg, principalmente nos horizontes superficiais. Não foram observadas diferenças entre a amostragem no bulbo molhado e área que não recebe água.

Tabela 2a - Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico no bulbo molhado (BM) e na área não irrigada (ANI) em cultivo de fruteiras irrigadas em Paraipaba, CE. Médias de três repetições.

Fruteiras	Prof cm	Carbono		Nitrogênio		pH Água		P		K		Na mg dm ⁻³		Ca		Mg	
		BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI		
Banana	0-10	3,93	5,20	0,37	0,40	7,9	7,3	9,7	26,7	38	75	45	130	1,77	0,10	0,18	2,23
	10-20	3,53	4,30	0,30	0,37	7,8	7,2	4,2	7,1	32	24	58	84	1,57	0,08	0,11	1,73
	20-40	2,07	2,27	0,27	0,23	7,3	6,7	1,5	3,1	17	18	53	68	1,10	0,07	0,11	1,03
	40-60	1,47	1,57	0,17	0,20	7,1	6,3	1,0	2,7	43	28	37	43	0,70	0,05	0,10	0,77
	CV (%)	21,6	18,7	25,7	13,6	2,6	7,5	37,1	64,7	26,8	34,9	32,2	73,5	23,3	25,5	72,1	21,2
Caju	0-10	4,37	6,53	0,40	0,53	6,5	6,0	20,4	11,9	122	99	56	18	1,60	0,11	0,08	2,03
	10-20	3,33	3,23	0,27	0,30	6,2	5,5	5,2	10,9	61	65	20	8	0,67	0,04	0,06	0,90
	20-40	2,47	2,43	0,27	0,27	6,2	5,7	2,5	13,2	46	86	22	9	0,53	0,04	0,04	0,47
	40-60	1,93	2,30	0,20	0,23	5,2	5,8	2,0	9,4	39	87	25	16	0,23	0,06	0,03	0,33
	CV (%)	43,6	28,0	22,8	15,0	16,2	6,4	102,8	39,4	25,3	32,8	59,6	49,4	60,8	50,9	38,8	43,2
Goiaba	0-10	5,07	6,90	0,40	0,53	6,1	6,1	129,6	81,4	89	98	53	9	1,90	0,12	0,11	2,10
	10-20	3,20	3,43	0,27	0,33	5,6	5,5	24,0	12,1	55	65	30	4	0,97	0,11	0,05	0,60
	20-40	2,50	2,37	0,27	0,23	5,6	5,3	28,3	9,0	75	42	15	3	0,60	0,07	0,05	0,33
	40-60	2,47	2,47	0,23	0,23	5,6	5,1	24,9	4,8	61	40	20	4	0,47	0,05	0,07	0,20
	CV (%)	26,7	15,2	24,2	22,9	9,3	5,9	112,0	166,0	57,2	67,0	111,3	58,9	43,9	70,3	60,5	61,9
Graviola	0-10	6,30	6,70	0,60	0,73	7,3	6,6	65,6	42,0	96	160	52	14	2,90	0,08	0,09	2,07
	10-20	3,40	3,20	0,30	0,33	6,8	6,0	64,3	8,1	57	47	53	2	1,37	0,08	0,04	1,03
	20-40	2,30	2,80	0,23	0,27	6,5	5,8	29,4	3,5	41	66	60	3	0,87	0,08	0,04	0,50
	40-60	1,73	2,53	0,23	0,27	5,9	5,7	71,0	1,7	47	95	65	2	0,97	0,07	0,03	0,30
	CV (%)	21,6	18,0	23,9	22,8	12,6	4,3	86,2	81,2	65,8	41,6	32,1	47,2	61,3	31,9	26,2	44,9
Manga	0-10	4,10	7,27	0,37	0,67	6,1	6,4	64,5	27,8	66	133	23	7	1,57	0,08	0,08	1,73
	10-20	3,60	2,63	0,23	0,33	4,9	6,0	70,0	5,9	38	69	8	3	0,50	0,10	0,06	0,50
	20-40	1,80	1,90	0,20	0,20	5,6	5,7	49,9	2,5	38	58	5	1	0,40	0,04	0,06	0,20
	40-60	1,50	1,73	0,20	0,27c	5,9	5,4	18,7	1,8	52	62	8	1	0,33	0,05	0,04	0,20
	CV (%)	45,1	17,9	16,3	13,6	7,3	4,4	149,8	25,3	49,4	25,6	137,3	135,8	83,2	60,3	36,6	46,0
Sapoti	0-10	9,23	7,73	0,57	0,63	6,5	6,5	111,9	74,5	91	194	95	13	2,77	0,15	0,10	2,40
	10-20	3,27	5,13	0,30	0,40	5,2	5,7	102,8	20,6	40	90	42	5	1,03	0,09	0,07	1,27
	20-40	2,10	2,80	0,23	0,30	6,1	5,6	56,9	8,4	42	83	31	4	0,73	0,09	0,05	0,53
	40-60	2,03	2,17	0,23	0,40	5,6	5,6	52,2	6,9	39	95	25	3	0,60	0,12	0,04	0,20
	CV (%)	30,3	44,2	39,7	53,3	36,6	5,8	90,7	89,9	14,6	54,7	58,0	70,0	51,4	48,1	29,4	59,0
Caatinga	0-10	9,67	3,33	0,77	0,33	5,6	5,0	1,6	0,8	56	20	7	1,77	0,45	0,22	1,27	
	10-20	3,33	3,27	0,30	0,30	4,7	4,7	0,8	0,8	22	22	4	4	0,24	0,24	0,12	0,12
	20-40	3,03	0,30	0,30	0,30	4,9	4,9	0,8	0,8	22	22	4	4	0,22	0,22	0,11	0,11
	40-60	3,19	15,2	15,2	3,4	3,4	14,6	14,6	36,4	36,4	43,4	2	2	0,77	0,77	0,63	45,1
	CV (%)	4,80	4,20	0,43	5,1	5,1	1,6	3,3	3,3	46	46	2	2	0,70	0,67	0,67	0,67
2 anos após retirada da Caatinga	0-10	4,80	3,97	0,37	4,8	4,8	1,0	1,0	34	34	0	0	0,23	0,23	0,50	0,50	
	40-60	3,00	21,8	0,33	4,7	4,7	0,8	0,8	21	21	0	0	0,24	0,24	0,12	0,12	
	CV (%)	21,8	14,4	14,4	10,9	10,9	102,6	82,9	248,3	133,9	34,5						

• CV = coeficiente de variação.

Tabela 2b – Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico no bulbo molhado (BM) e na área não irrigada (ANI) em cultivo de fruteiras irrigadas em Paraipaba, CE. Médias de três repetições.

Fruteiras	Prof. cm	AI		H+AI		SB		CTC		V		C.E.		PSS	
		BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI	BM	ANI
Banana	0-10	1,37	1,37	0,00	0,03	0,20	0,47	3,43	4,37	3,60	4,80	95,3	91,0	7	5
	10-20	0,93	0,90	0,00	0,00	0,37	0,60	2,83	3,07	3,23	3,63	88,0	83,7	3	8
	20-40	0,60	0,60	0,00	0,00	0,37	0,60	1,90	1,97	2,30	2,57	83,3	76,0	4	10
	40-60	0,60	0,43	0,00	0,00	0,40	0,60	1,60	1,47	1,97	2,03	81,0	71,7	8	8
	CV (%)	21,2	28,9	-	-	35,7	47,8	13,4	15,2	14,0	17,6	5,2	9,8	42,4	24,0
Caju	0-10	1,03	1,33	0,00	0,03	1,43	1,70	3,20	3,70	4,63	5,37	69,3	68,0	12	5
	10-20	0,80	0,70	0,07	0,10	1,43	1,87	1,73	1,80	3,13	3,67	55,7	48,7	16	3
	20-40	0,73	0,77	0,07	0,10	1,40	1,77	1,47	1,50	2,83	3,33	52,0	44,3	25	3
	40-60	0,83	0,70	0,13	0,20	2,97	1,87	1,27	1,33	4,27	3,20	34,7	40,7	28	3
	CV (%)	25,0	34,6	212,1	96,1	60,2	20,9	23,8	30,7	24,0	15,3	36,3	25,1	38,8	35,2
Goiaba	0-10	0,90	1,20	0,00	0,00	1,17	1,73	3,23	3,60	4,43	5,33	74,7	66,7	12	5
	10-20	0,80	0,63	0,03	0,13	1,27	2,03	2,03	1,43	3,30	3,47	62,0	40	20	4
	20-40	0,63	0,63	0,13	0,23	1,77	1,83	1,50	1,10	3,27	2,97	46,3	35,0	17	2
	40-60	0,50	0,47	0,30	0,43	2,37	2,23	1,20	0,80	3,57	3,03	35,3	26,0	22	2
	CV (%)	38,2	16,7	169,6	61,2	38,8	16,2	15,4	35,1	15,9	18,4	19,9	26,2	24,7	43,2
Graviola	0-10	0,87	1,77	0,00	0,00	0,23	0,97	4,23	4,30	4,47	5,30	95,3	80,3	16	5
	10-20	1,07	0,77	0,00	0,03	0,70	1,43	2,80	1,97	3,47	3,37	81,0	57,7	10	7
	20-40	0,80	0,80	0,07	0,10	0,87	1,77	2,07	1,47	2,93	3,23	70,3	47,0	20	9
	40-60	0,47	0,63	0,13	0,23	1,43	2,13	1,83	1,20	3,27	3,33	55,0	35,0	34	2
	CV (%)	71,3	41,9	191,5	104,4	73,4	32,3	25,5	30,1	11,9	11,6	25,8	25,7	51,0	24,8
Manga	0-10	0,67	0,77	0,40	0,03	2,27	1,50	1,30	1,43	3,57	2,97	38,0	48,3	21	1
	10-20	0,60	0,83	0,13	0,10	1,33	1,60	1,10	1,23	2,43	2,83	45,0	43,3	21	1
	20-40	0,73	0,53	0,07	0,17	1,30	1,73	1,27	0,90	2,50	2,67	49,3	34,3	30	1
	40-60	0,73	0,53	0,07	0,17	1,30	1,73	1,27	0,90	2,50	2,67	49,3	34,3	30	1
	CV (%)	25,2	16,1	178,5	86,1	41,2	21,3	26,5	20,9	21,0	13,0	22,2	18,4	27,4	53,4
Sapoti	0-10	1,60	1,47	0,00	0,00	1,40	1,33	5,00	4,40	6,40	5,77	81,7	77,7	19	6
	10-20	0,97	0,70	0,07	0,07	1,10	2,13	2,30	2,23	3,37	4,33	67,3	50,3	18	5
	20-40	0,73	0,60	0,10	0,10	1,30	1,87	1,70	1,37	3,03	3,23	58,7	42,3	26	4
	40-60	0,70	0,67	0,13	0,13	1,53	1,77	1,50	1,13	3,03	2,87	52,3	39,7	37	4
	CV (%)	19,1	27,1	144,0	86,1	88,3	42,9	30,2	43,4	24,9	37,6	45,1	24,7	34,8	24,8
Caatinga	0-10	0,03	2,13	3,20	5,37	58,0	0,08	0,7	0,7	0,08	0,7	0,08	0,7	0,7	
	10-20	0,17	1,53	0,77	2,30	32,7	0,06	1,3	1,3	0,06	1,3	0,06	1,3	1,3	
	20-40	0,43	2,30	0,47	2,77	16,3	0,04	0,6	0,6	0,04	0,6	0,04	0,6	0,6	
	40-60	0,57	2,67	0,43	3,10	13,0	0,05	0,6	0,6	0,05	0,6	0,05	0,6	0,6	
	CV (%)	19,2	19,9	56,6	21,7	28,7	27,9	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	
2 anos após retirada da Caatinga	0-10	0,20	1,77	1,50	3,27	44,7	0,06	0,3	0,3	0,06	0,3	0,06	0,3	0,3	
	10-20	0,10	1,70	1,53	3,20	47,0	0,09	0,3	0,3	0,09	0,3	0,09	0,3	0,3	
	20-40	0,37	2,27	0,80	3,10	29,3	0,08	0,3	0,3	0,08	0,3	0,08	0,3	0,3	
	40-60	0,60	2,73	0,43	3,17	13,7	0,04	0,0	0,0	0,04	0,0	0,04	0,0	0,0	
	CV (%)	67,6	37,4	55,8	14,9	53,3	25,9	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5	115,5	

CV = coeficiente de variação.

Os teores destes macronutrientes (Ca e Mg) secundários no solo sob condição natural, e após a retirada da cobertura original (Tabela 2a), indicaram que a vegetação provavelmente retém eficientemente esses cátions, mantendo-os nas camadas superficiais. Porém após esta retirada, o ciclo é quebrado e possivelmente existe uma uniformização desses nutrientes ao longo do perfil.

A forma trocável do alumínio (Al^{3+}), ou a acidez trocável, não apresenta problemas ou limitação ao cultivo destas fruteiras na área de estudo, como pode ser observado nos valores apresentados na Tabela 2b. A prática da calagem teve efeitos benéficos nas culturas avaliadas, já que houve aumento do pH, com conseqüente diminuição do Al trocável tóxico, e da acidez potencial. Outro efeito benéfico da calagem pode ser observado no aumento das bases trocáveis, Ca e Mg, e conseqüente aumento no valor da soma de bases (SB) e da saturação por bases (V%). Estas informações estão de acordo com os levantamentos de Galvão e Cate Jr. (1969) e Sampaio et al. (1995), que haviam destacado as necessidades de calcário para a região NE.

Os valores para a capacidade de troca de cátions (CTC) observados na Tabela 2b mostraram que não houve influência do fornecimento de água na alteração desta característica. Os resultados indicam ainda a influência da matéria orgânica, uma vez que os maiores valores, independentemente da cultura ou se a amostra foi coletada no bulbo molhado ou na área sem irrigação, foram sempre observados nas camadas superficiais (0 a 10 e 10 a 20 cm). Os valores observados de CTC neste estudo, de acordo com os critérios propostos por Alvarez et al. (1999), podem ser considerados entre baixo (entre 1,61 e 4,3 $cmol_c dm^{-3}$) e médios (entre 4,31

e 8,6 $cmol_c dm^{-3}$).

Os valores para saturação por bases, que expressam a parte da CTC ocupada por Ca, Mg e K, obtidos neste estudo são muito altos, indicando que o solo apresentava baixa acidez e alumínio trocável e que grande parte da CTC estava ocupada pelas bases trocáveis. No geral, estes valores foram muito parecidos com a tendência observada para CTC, ou seja, não houve diferenças entre o bulbo molhado e a área sem irrigação e os maiores valores foram observados superficialmente (até 20 cm), exceto para goiaba na profundidade de 10 a 20 cm. Seguindo os critérios propostos por Alvarez et al. (1999), os valores de V% para as camadas superficiais (até 20 cm) podem ser considerados: a) médio (entre 40 e 60%) para o solo sob vegetação natural; b) bom (entre 60 e 80%) para as culturas do caju, goiaba, manga e sapoti, e c) muito bom (acima de 80%) para as culturas da banana e graviola.

Há uma relação direta entre os valores da saturação por bases com o pH (Figura 1), evidenciando que a formação de cargas negativas nesse solo dependem diretamente do pH. Segundo Raij (1991), esta relação tem sido demonstrada em vários trabalhos e regiões do mundo e apresenta invariavelmente estreita correlação em solos tropicais, como a relação obtida neste estudo.

A condutividade elétrica é um indicador da presença de sais no solo e também da atividade biológica (Sans, 2000). Os resultados da Tabela 1 indicaram que apenas na área não irrigada da cultura da bananeira os valores estão mais elevados, indicando provavelmente maior acúmulo de sais. Nas demais culturas observa-se que os valores estão próximos aos observados na condição de vegetação natural, e de acordo com o critério de Richards (1954), são considerados não salinos.

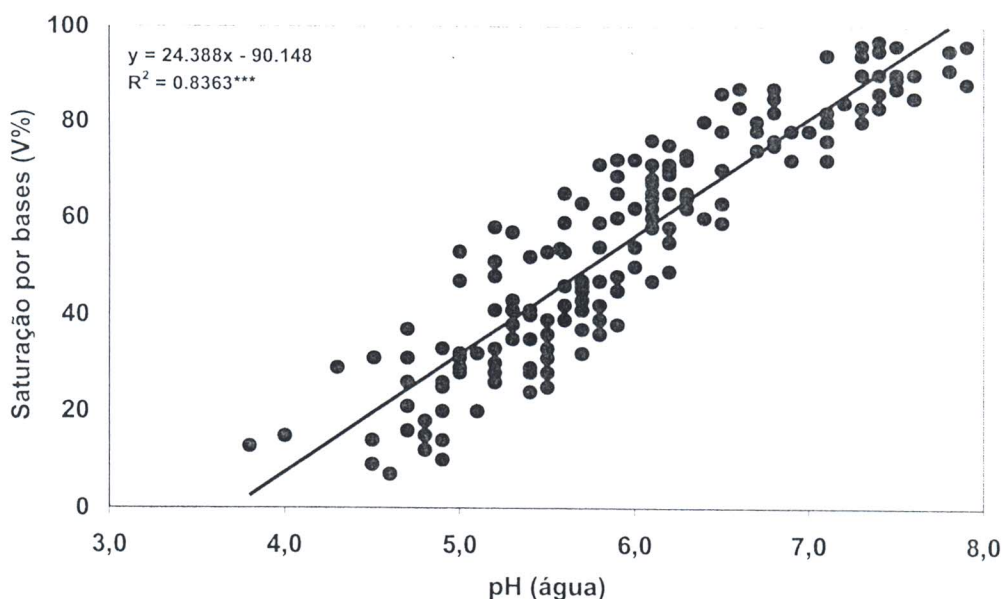


Figura 1 - Correlação entre os valores de saturação por bases (V%) e pH em água do Neossolo Quartzarênico em Paraipaba-CE.

Os resultados (Tabela 2a) indicam aumentos dos teores de Na nas áreas que recebem irrigação em todas as culturas estudadas comparadas à vegetação natural. As porcentagens de saturação por sódio – PSS (Tabela 2b) revelaram que as amostras de solo coletadas podem ser classificadas como normais (Embrapa, 1988), com valores menores que 8%, apenas nas áreas que não receberam irrigação regularmente e na área de cultivo de bananeira. Valores de PSS maiores que 8, como os obtidos no bulbo molhado da maioria dos pomares de fruteiras, demonstram que os teores de sódio nelas presentes podem estar sendo prejudiciais às culturas. Nas áreas irrigadas, valores de PSS entre 8 e 20 considerados solódicos (Embrapa, 1988), foram observados nas culturas do caju (0 a 20 cm), goiaba (0 a 10 cm), graviola (0 a 40 cm), manga (0 a 10 cm) e sapoti (0 a 20 cm). Valores de PSS maiores que 20, considerados sódicos (Embrapa, 1988) foram observados nas camadas mais profundas amostradas nestas culturas. O motivo para tal acúmulo provavelmente seja o manejo inadequado da irrigação, que deveria contemplar uma fração da lâmina de água para a lixiviação deste cátion (Yagüe, 1998). Pois como observaram Oliveira et al. (2002), apesar das características edáficas interferirem no processo de salinização/sodificação, sem dúvida, a baixa qualidade da água de irrigação, é o fator preponderante neste processo de perda de qualidade do solo. As áreas com problemas decorrentes da sodicidade, devem ser recuperadas através de adequação do manejo da irrigação, prevendo a lixiviação do cátion, uma vez que esta característica pode influenciar a aplicação de fertilizantes e limitar seus efeitos sobre a produção das culturas (Santos e Muraoka, 1997).

A quantidade de carbono orgânico do solo - COS é função das taxas de decomposição e da quantidade e composição dos resíduos das culturas, raízes das plantas, e outros materiais orgânicos. Os níveis de COS nos solos refletem, após alguns anos, o balanço entre as adições e perdas deste carbono orgânico.

Os valores de teores de carbono orgânico e nitrogênio total do solo são apresentados na Tabela 2a. No geral, não se observou diferenças nos níveis de C e N entre as amostras coletadas no bulbo molhado e das áreas não irrigadas entre as linhas de plantio. Estes resultados são considerados muito baixos (abaixo de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$) e baixos (entre $4,1$ e $11,6 \text{ g kg}^{-1}$) (Alvarez et al., 1999).

Os teores de carbono e nitrogênio dos solos dos bulbos molhados e área não irrigada entre as linhas de plantio (Tabela 2a), provavelmente foram maiores na camada superficial (0 a 10 cm) devido à influência da decomposição do líter e da alta densidade de raízes. Os valores observados de COS estavam entre 4 e 9 g kg^{-1} , e estão em concordância com os valores estabelecidos por Tiessen et al. (1998). Baseados em informações de

mapeamentos de solos da região NE do Brasil, os autores observaram teores de C entre 4 a 11 g kg^{-1} para solos de textura média e de 10 a 20 g kg^{-1} para os solos de textura mais argilosa.

Os valores do coeficiente de variação para as propriedades analisadas, segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002), foram muito altos ($> 30\%$) para P, K, Na, Ca, Al e H+Al; altos (entre 20 e 30%) para C, N, Mg, SB, CE e PSS; médios (entre 10 e 20%) para CTC e V%. Apenas os coeficientes de variação do atributo pH foram considerados baixos ($< 10\%$) a médios (entre 10 a 20%). As variabilidades dessas propriedades pode ser atribuída à aplicação localizada de fertilizantes e ao efeito residual das adubações (Salviano et al., 1998; Souza et al., 1998).

Conforme o esperado, a CTC foi sempre maior na camada superior que nas camadas inferiores, denotando a influência da MOS no desenvolvimento das cargas elétricas (Tabela 2b). Os resultados na Figura 2 comprovam a relação direta e positiva entre CTC e os níveis de C, estabelecido para todas as culturas e profundidade do solo. A alta correlação positiva obtida é explicada pela participação da MOS entre 60 a 80% na geração das cargas elétricas do solo (Raij, 1991).

A dinâmica da matéria orgânica do solo é condicionada por muitos fatores, cuja ação em geral não é previsível *a priori*. Mas, espera-se que haja uma relação direta entre os resultados dos teores totais do N e os teores de matéria orgânica ou carbono orgânico. Os resultados obtidos nesse estudo confirmaram esta afirmação, uma vez que os teores de C e N totais apresentaram uma correlação positiva e significativa, independente da cultura, profundidade amostrada, ou da irrigação (Figura 3). Esta relação direta entre os teores de N e C, mostraram que solos com maiores teores de matéria orgânica, também o são em relação ao N, e que a perda desta MOS também compromete a disponibilidade N às plantas, acarretando em perdas de produção.

O solo em estudo é pobre em nutrientes e depende da decomposição da MOS para reciclagem de nutrientes e manutenção de sua fertilidade. Por isso, a quantificação da MOS pode fornecer uma importante orientação para o potencial agrícola dos solos, pois é um indicativo da fertilidade, estabilidade, erosão e atividade biológica do solo (Sans, 2000). Tiessen et al. (1994) estudaram o papel da matéria orgânica na manutenção da fertilidade de solos (Ferralsol/Oxisol) sob vegetação nativa da região do semi-árido brasileiro e os resultados indicaram que a agricultura sem adubações suplementares foi econômica por seis anos. Salcedo et al. (1997) mostraram que após a degradação da fertilidade do solo (perdas de C, N e P) não bastam apenas o fornecimento de fertilizantes inorgânicos para a recuperação da fertilidade, pois provavelmente será necessário aumentar o teor de matéria orgânica.

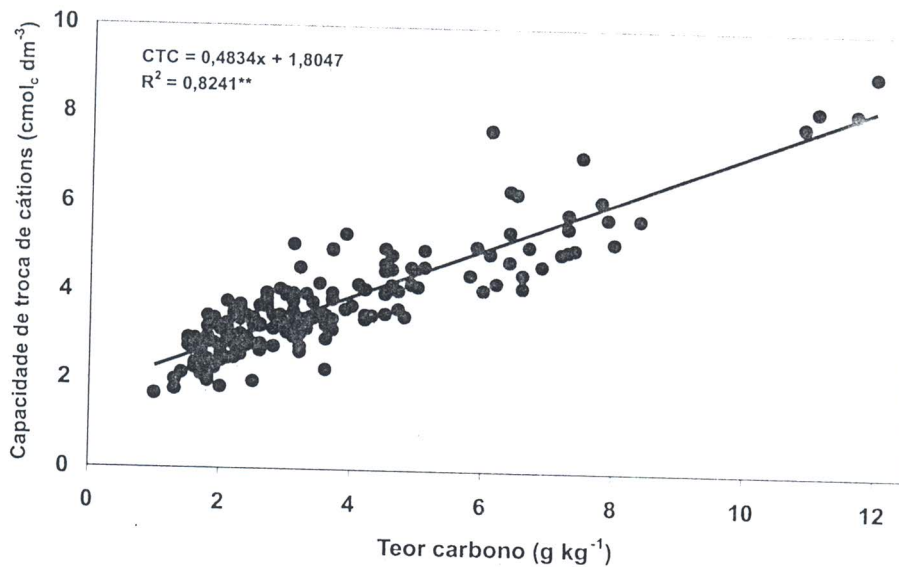


Figura 2 - Correlação entre os teores de carbono e capacidade de troca de cátions de um Neossolo Quartzarênico em Paraipaba-CE.

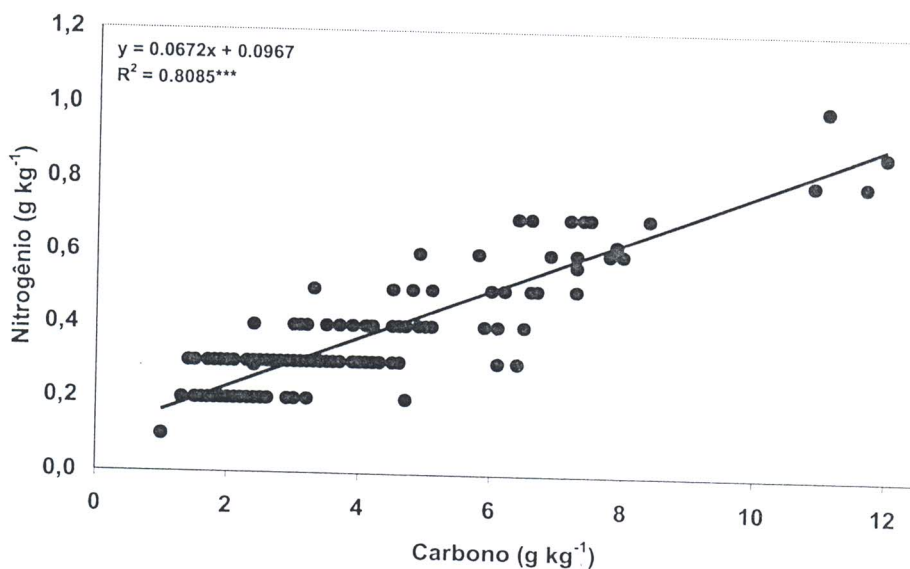


Figura 3 - Correlação entre os teores de carbono e de nitrogênio de um Neossolo Quartzarênico em Paraipaba-CE.

CONCLUSÕES

REFERÊNCIAS

Os resultados indicaram que, nas condições de solo e manejo das áreas estudadas:

1. Os atributos químicos do solo foram influenciadas pela adubação e irrigação e pelas culturas implantadas.

2. Houve distribuição em profundidade de nutrientes até 60 cm.

3. Houve aumento nos valores de pH, P, K, Ca, Mg, S, V% e Na, e diminuição nos teores de matéria orgânica, Al e acidez potencial em relação à vegetação natural.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBERIO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação)**. Viçosa, CFSEMG. 1999. p. 25-32

BORGES, A. L.; KIEHL, J. C. Alterações da matéria orgânica de um Latossolo amarelo Álico de Cruz das Almas (BA), pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 313-318, abr./jun., 1996.

BORGES, A. L.; KIEHL, J. C. Cultivo de frutíferas perenes e de mandioca sobre as propriedades químicas de um Latossolo amarelo Álico de Cruz das Almas (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 2, p. 341-345, abr./jun., 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório** - reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Rio de Janeiro: MA-DNPEA; Recife: SUDENE-DRN, 1973. 2 v. (DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 28; SUDENE-DRN. Serie Pedologia, 16).

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S. Fruticultura tropical: perspectivas e tendências. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.31, n.1, p.84-95, jan. 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS. 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – SNLCS. 1988. 119p.

FARIA, C. M. B. Práticas que favorecem a capacidade produtiva do solo na agricultura de sequeiro do semi-árido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. 1992. 30p. (Circular Técnica No. 28).

FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R. Movimento do fósforo no solo e seu modo de aplicação no tomateiro rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.12, p.1363-1370, dez., 1993.

GALVÃO, S.; CATE JR., R. **Levantamento da fertilidade de solo do Nordeste**. 1ª aproximação. Recife: Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste. 1969. 14p.

LARYEA, K. B., ANDRES, M. M., AND PATHAK, P. Long-term experiments on alfisols and vertisols in the semi-arid tropics. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (eds.) **Soil Management: experimental basis for sustainability and environmental quality**. Boca Raton: CRC/Lewis Publishers. 1995. p. 267-292.

MACEDO, L. S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: EMEPA. 1988. 11 p. (EMEPA. Comunicado Técnico, 38).

MIGLIERINA, A. M., GALANTINI, J. A., IGLESIAS, J. O., ROSELL, R. A., GLAVE, A. Crop rotation and fertilization in production systems of the semi-arid region of Buenos Aires, **Revista de la Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v.15, n.1, p.9-14, jan., 1996.

OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, M. G. V. X.; LIMA, J. F. W. F.; MARQUES, F. A. Inferências pedológicas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.10, p.1477-1486, out., 2002.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002. 309 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, n. 11).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos. 1991. 343p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook,60).

SALCEDO, I. H.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Nutrient availability in soil samples from shifting cultivation sites in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Agricultural Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 65, n.2, p.177-186, oct., 1997.

SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n.1, p.115-122, jan./mar., 1998.

SAMPAIO, E. V. S. B., SALCEDO, I. H., SILVA, F. B. R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. In: PERREIRA, J. R., FARIA, C. M. B. (Eds.) **Fertilizantes-insumos básicos para a agricultura e combate à fome**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/SBCS, 1995. p. 51-71.

SANS, L.M.A. Avaliação da qualidade do solo. In: OLIVEIRA, T. S. O.; ASSIS JR., R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (ed.) **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 224-232.

SANTOS, R. V.; MURAOKA, T. Interações salinidade e fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F., eds. **Manejo e controle da**

- salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. p. 289-317.
- SAS Intitute. **SAS User's guide:** statistics version 6 edition. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1990. 846p.
- SILVA, F. C.; EIRA, P. A.; BARRETO, W. O.; PÉREZ, D. V.; SILVA, C. A. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1998. 56 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 3).
- SINGH, G.; GOMA, H. C. Long-term soil fertility management experiments in East Africa In: LAL, R. & STEWART, B. A. (eds.) **Soil Management:** experimental basis for sustainability and environmental quality. Boca Raton: CRC/Lewis Publishers. 1995. p. 347-384.
- SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 77-86, jan./mar., 1998.
- 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, out., 1994.
- TIESSEN, H.; FELLER, C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GARIN, P. Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forest. **Climate Change**, Amsterdam, v. 40, p. 105-117, set., 1998.
- YAGÜE, J.L.F. **Técnicas de riego.** Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, ediciones Mundi-Prensa. 1998. 471p.

Recebido em : 20/12/2005

Aceito: 05/05/2006