

Caracterização química e granulométrica de solos do Golfão maranhense

Gustavo Souza VALLADARES¹

RESUMO

A área de estudo corresponde aos campos flúvio-marinhos com risco de inundação e presença de solos hidromórficos da região do Golfão Maranhense. Os solos dessa região apresentam algum impedimento a drenagem, proximidade com o mar (fonte de sais), condições favoráveis a inundação e aos processos de evaporação. Este conjunto de fatores pode elevar as concentrações de sais solúveis e inviabilizar ou reduzir a produtividade. Foram coletadas 38 amostras de solo em 22 pontos com trado holandês a profundidades variáveis, normalmente de 0 a 20 e de 30 a 50 cm. As amostras foram secas ao ar e analisados atributos químicos e granulométricos. Os solos do golfão maranhense apresentam grande variabilidade e predominam os com argila de atividade alta, alta soma de bases e altos teores de hidrogênio e alumínio. Os teores de magnésio são predominantes em relação aos de cálcio. Apesar da maioria dos solos apresentarem textura argilosa a granulometria é bastante variável. Mesmo com altos teores de magnésio e de sódio o grau de floculação das amostras pode ser considerado alto. Os solos do Golfão Maranhense não se encontram salinizados, porém é necessário manejá-los de maneira adequada para não promover sua salinização.

PALAVRAS-CHAVE: solo hidromórfico, planícies inundáveis, argila de atividade alta.

Chemical and granulometric characterization of soils in the Golfão Maranhense

ABSTRACT

The study area of this study corresponds to fluviomarine fields with flood risk and the presence of hydromorphic soils in the Golfão Maranhense region. The soils of the area present slow drainage, proximity with the sea (salt source) and favorable conditions for flood, and evaporation processes. All these factors may increase the concentration of soluble salts and reduce productivity or make it inviable. We collected 38 soil samples in 22 points at variable depths, normally between 0 to 20 and 30 to 50 cm. The samples were air dried and their chemical and granulometric attributes analyzed. The soil of Golfão Maranhense presents high variability of chemical and granulometric attributes, and is predominant with high exchange capacity, high sum of bases, and high concentration of hydrogen and aluminum. The magnesium concentration predominates in relation to calcium. Even though the majority of soils present clay texture, granulometry is highly variable. Despite the high concentration of magnesium and sodium, the soil flocculation degree is considered high. The soils of Golfão Maranhense are not salinized, but an appropriate management is necessary so not to promote its salinization.

KEYWORDS: hydromorphic soils, flood plains, high clay activity.

¹ Universidade Federal do Ceará. Email: valladares@ufc.br

INTRODUÇÃO

A salinização dos solos é um problema global que afeta 950 mha em mais de cem países e recobre mais de 10% das terras do planeta (Schofield & Kirkby, 2003). É mais frequente em solos de clima árido ou semi-árido e associada a questão da desertificação é uma grande preocupação mundial (Mainguet & Silva, 1998; Symeonakis & Drake, 2004).

O Estado do Maranhão apresenta quatro unidades geomorfológicas: chapadões centrais e meridionais; área de transição com relevo residual; colinas terciárias e o Golfão Maranhense, uma região rebaixada e alagadiça dos estuários afogados dos rios Pindaré, Mearim, Itapecuru e Munim (Ab'Saber, 1960). Segundo a classificação de Ab'Saber (1960), o Golfão Maranhense é formado por terras rebaixadas, próximas ao mar, onde ocorrem zonas com risco de inundação e presença de solos hidromórficos ou com drenagem impedida e elevados teores de bases trocáveis.

Em função das características edafoclimáticas da região, tais solos devem ser manejados com atenção para evitar a salinização. A salinização ocorre com maior frequência em regiões tropicais de clima quente e seco, caracterizado por elevadas taxas de evapotranspiração (FAO/UNESCO, 1973). No caso da região do Golfo Maranhense, por apresentarem drenagem com algum impedimento, proximidade com o mar e condições favoráveis a inundação, também ficam sujeitos aos processos de evaporação maior que a precipitação pluviométrica, o que pode elevar as concentrações de sais solúveis nos horizontes superficiais.

Os sais solúveis no solo contribuem para a redução do potencial osmótico, dificultando a absorção de água e causando desbalanço de nutrientes nos vegetais cultivados, podendo levar a redução da produtividade ou até mesmo inviabilizá-la (Ruiz *et al.*, 2004). Com base no exposto, este trabalho caracteriza química e granulometricamente os solos representativos do Golfão Maranhense por suas fragilidades ambientais e propriedades particulares no que se refere aos atributos químicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde aos campos flúvio-marinhos com risco de inundação e presença de solos hidromórficos da região do Golfão Maranhense (Figura 1). O Golfão Maranhense é o acidente geográfico mais importante do litoral do Estado do Maranhão e fica localizado na Amazônia Legal. Geologicamente, a região é constituída por rochas do Terciário, apresentando exposição da Formação Itapecuru; do Grupo Barreiras e predominâncias de sedimentos Quaternários, isto é, depósitos marinhos e flúvio-marinhos do Holoceno e Pleistoceno que tornam expressiva a formação de dunas e vales afogados com presença de mangue (Medeiros, 1988).

A vegetação primária da região é caracterizada por floresta Amazônica Maranhense transicional para floresta de babaçu, com muitas áreas ocupadas por vegetações secundárias, que se devem a séculos de ocorrências de desflorestamentos e queimadas sucessivas para agricultura de subsistência. Estas florestas podem ter caráter semidecidual (Embrapa, 1986; Muniz, 2004). Ocorrem também na região áreas com vegetação de mangue (Embrapa, 1986).

Trata-se de uma extensa planície formada por sedimentos flúvio-marinhos, com cotas altimétricas próximas ao nível do mar. As precipitações pluviométricas apresentam média anual entre 1.800 e 1.900 mm (Embrapa, 1986; Anjos *et al.*, 1995), porém as chuvas são concentradas em um período do ano, quando grande parte das planícies fica inundada. Por essa característica, os solos predominantes na região apresentam algum grau de hidromorfismo e são comumente classificados como gleissolos, plintossolos e vertissolos (Embrapa, 1986, Anjos *et al.*, 2007).

Foram coletadas, com auxílio de trado holandês, 38 amostras simples deformadas de solo em 22 pontos amostrais, distribuídos na área de estudo (Tabela 1). A escolha dos locais de amostragem foi por conveniência, devido a grande extensão da área de estudo e objetivando representar a variabilidade de solos. As amostras foram coletadas a profundidades variáveis, normalmente de 0 a 20 e de 30 a 50 cm de profundidade, de acordo com a presença de um horizonte subsuperficial diagnóstico glei, vértico ou plíntico, isso devido a variação da profundidade de ocorrência dos horizontes subsuperficiais.

A terra fina seca ao ar (TFSA) foi analisada no laboratório da Embrapa Meio Ambiente e foram caracterizadas segundo a metodologia da Embrapa (1997), os seguintes atributos: pH em água, pH em KCl 1N, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), Al^{3+} , Valor T (CTC do solo), CTC da fração argila, Valor S (soma de bases), V% (saturação por bases), saturação

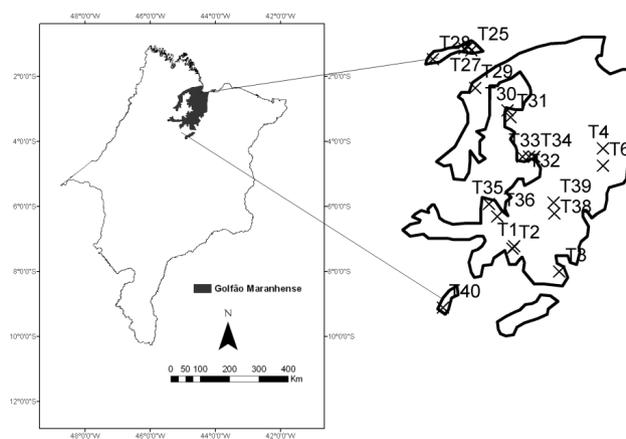


Figura 1 - Localização do Golfão Maranhense no Estado do Maranhão.

por sódio, carbono orgânico (C), P assimilável, areia fina, areia grossa, silte, argila e grau de floculação.

Os dados foram analisados por estatística descritiva, calcularam-se média, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Foram efetuadas análises de correlação de Pearson e interpretação dos dados por meio de diagramas de dispersão. Os coeficientes de correlação tiveram sua significância testada pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Na análise dos componentes principais (ACP) foram calculados os fatores referentes as informações de todas as variáveis pesquisadas. Desse modo cada amostra de solo passa a ser definida por novas variáveis (fatores) o que possibilita a utilização como ferramenta no agrupamento de variáveis e possíveis correlações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos estudados, de forma geral, apresentaram caráter ácido ao se analisar os valores de pH em água com valores de média e mediana de 4,8 e coeficiente de variação relativamente baixo e igual 14,9%. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), 26,3% das amostras mostraram-se extremamente ácidas, 52,6% fortemente ácidas, 18,4% moderadamente ácidas e apenas uma amostra (2,6%) moderadamente alcalina (Tabela 1). Uma amostra coletada a profundidade de 30 a 60 cm pôde ser considerada como solo tiomórfico, por apresentar pH inferior a 3,5 e outra amostra coletada de 40 a 50 cm apresentou pH elevado de 7,4. Os valores de pH em água apresentaram correlação positiva e significativa com os atributos pH em KCl ($r=0,84$), Ca^{2+} ($r=0,47$), saturação por bases ($r=0,37$) e areia grossa ($r=0,41$) (Tabela 2). A correlação foi negativa com os atributos acidez potencial ($r=-0,61$), Al^{3+} ($r=-0,60$), C ($r=-0,37$) e grau de floculação ($r=-0,68$).

A correlação positiva dos valores de pH com os teores de Ca^{2+} e saturação por bases deve-se a maior proporção de cátions básicos ocupando os sítios de troca dos solos em comparação aos cátions geradores da acidez do solo como H^+ e Al^{3+} . Maiores valores de acidez potencial e Al^{3+} nos solos aumentam sua acidez e conseqüente redução do pH, assim como os radicais ácidos da matéria orgânica do solo. Maiores valores de pH refletem em maior saturação por bases e menores teores de Al^{3+} . Os cátions Na^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} podem funcionar como agentes dispersantes da argila e o Al^{3+} como floculante (Dontsova & Norton, 2002; Isbell, 2002; Azevedo & Bonumá, 2004). Estes fenômenos explicam a correlação negativa entre os valores de pH e o grau de floculação.

Houve elevada correlação positiva e significativa do pH em água e em KCl. A correlação do pH com a concentração de Al^{3+} e com a acidez potencial demonstra que as variáveis

são inversamente proporcionais, isto é, com aumento do pH ocorre diminuição de Al^{3+} e da acidez potencial, sendo que a linha de tendência exponencial foi a de melhor representatividade. Segundo a literatura os teores de Al^{3+} em solos com pH superiores a 5,5 tendem a zero (Nachtigall & Vahl, 1989; Nascimento, 1989; Pereira *et al.*, 1998). Em várias amostras com pH superior a 5 os teores de Al^{3+} são superiores a $1\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, estes resultados demonstram a alta disponibilidade de Al^{3+} nos solos estudados, indicando esta propriedade ser características dos solos estudados e se diferenciar dos resultados apresentados na literatura para solos de outras regiões. Somente uma amostra com pH superior a 7,0 apresentou teores do elemento tendendo a zero.

Quanto a acidez potencial, 2,6% das amostras estão entre 0 e $5\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, 44,7% entre 5 e $10\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, 34,2% entre 10 e $15\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ e 18,4% são maiores que $15\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, a média foi de $11,8\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ e a mediana de $10,6\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, com elevado coeficiente de variação de 51,0%. Os resultados demonstram que na área de estudo solos com baixos valores de acidez potencial, porém a grande maioria das amostras apresenta teores muito elevados deste atributo. A acidez potencial apresentou correlação positiva e significativa a 5% com os atributos Al^{3+} ($r=0,91$), carbono ($r=0,59$), argila ($r=0,52$) e grau de floculação ($r=0,40$). A correlação é negativa com a saturação por bases ($r=-0,58$), a areia fina e a areia total ($r=-0,37$ e $-0,38$, respectivamente).

O Al^{3+} em 7,8% das amostras apresenta teores entre 0 e $0,5\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, 31,5% entre 0,5 e $2\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, 21% entre 2 e $4\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ e 39,4% possuem valor maior que $4\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ o que indica altas concentrações e caráter aluminico ou alítico (Embrapa, 2006), uma vez que as amostras apresentam alta CTC em sua totalidade (Tabela 1). Essas concentrações elevadas justificam a grande acidez do solo mesmo com altos teores e saturação por bases. Os teores de Al^{3+} apresentaram correlação positiva e significativa a 5% com os atributos carbono ($r=0,34$), argila ($r=0,35$) e grau de floculação ($r=0,41$), os altos teores de Al^{3+} podem explicar o alto grau de floculação dos solos apesar dos elevados teores de Na^+ e Mg^{2+} , atributos que podem causar a dispersão da argila. A correlação é negativa com a saturação por bases ($r=-0,65$).

Em aproximadamente 50% dos locais amostrados observase redução do pH em profundidade paralelamente ao aumento dos teores de Al^{3+} . Esse aumento da acidez em profundidade, decorrente possivelmente do processo de ferrólise (Brinkman, 1970), é freqüentemente observado em solos sujeitos ao encharcamento no período chuvoso. Este comportamento foi verificado em solos do Município de Pinheiro, MA (Anjos *et al.*, 2007), e em solos plínticos desenvolvidos do Arenito Bauru em São Paulo (Coelho & Vidal-Torrado, 2003).

Em relação aos teores de K^+ , 42% das amostras estão abaixo de $0,7\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$, 47,4% estão entre 0,7 e $1,5\text{cmol}_c$

Tabela 1 - Valores encontrados nas amostras de solos do Golfão Maranhense para pH em água, pH em KCl 1N, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), Al³⁺, CTC do solo, Valor S, saturação por bases, saturação por sódio, carbono orgânico (C), areia fina, areia grossa, silte e argila.

Amostra	Profundidade	Latitude	Longitude	pH água	pH KCl	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Soma de bases			V	C	p	Saturação por Na	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	Grau de Floculação
												CTC do solo	%	g 100g ⁻¹										
T1	0-20	-3,444750	-44,840400	4,8	3,7	0,5	1,9	3,7	17,0	8,7	1,7	31,7	23,1	72,7	1,3	0,1	6,1	6,1	1,0	13,0	14,0	678,0	304,0	76,7
T1	30-50	-3,444750	-44,840400	4,8	3,8	0,4	2,1	3,2	20,5	7,3	1,5	33,4	26,1	78,3	0,8	0,1	6,2	6,2	0,0	10,0	10,0	645,0	345,0	75,0
T2	0-20	-3,458083	-44,849833	5,0	3,9	0,3	1,8	2,5	6,5	6,2	0,5	17,3	11,1	64,3	1,2	25,3	10,3	10,3	0,0	2,0	2,0	852,0	140,0	83,6
T3	20-40	-3,583650	-44,594183	5,5	3,8	0,8	0,5	0,6	6,2	10,4	6,9	18,5	8,1	43,9	0,4	1,4	2,6	2,6	3,0	115,0	118,0	464,0	418,0	69,6
T4	30-50	-2,908167	-44,355067	5,2	3,5	2,3	14,8	4,0	35,6	11,4	2,1	68,1	56,7	83,2	1,2	11,9	21,7	21,7	5,0	23,0	27,0	236,0	736,0	49,8
T6	30-50	-3,003550	-44,354250	4,6	3,6	0,9	4,3	7,1	31,3	7,1	2,0	50,9	43,8	86,0	0,5	3,1	8,5	8,5	11,0	112,0	122,0	334,0	544,0	62,6
T23	0-20	-2,350167	-45,090000	5,8	4,4	0,7	0,6	16,6	26,9	9,4	0,2	54,2	44,8	82,6	1,8	1,9	1,2	1,2	7,0	80,0	86,0	451,0	459,0	96,6
T23	40-50	-2,350167	-45,090000	7,4	5,4	0,7	1,7	15,4	43,6	4,7	0,1	66,1	61,4	92,9	0,8	3,7	2,5	2,5	28,0	91,0	118,0	271,0	610,0	28,6
T25	0-20	-2,371250	-45,074633	5,6	3,8	1,0	0,8	16,4	28,2	12,1	3,3	58,5	46,3	79,3	1,4	5,3	1,3	1,3	3,0	22,0	25,0	135,0	833,0	55,7
T25	40-60	-2,371250	-45,074633	5,5	3,6	1,0	1,3	17,5	34,7	15,3	5,0	69,7	54,5	78,1	1,04	5,7	1,9	1,9	6,0	20,0	26,0	113,0	861,0	54,3
T26	0-20	-2,359833	-45,111383	5,2	3,8	0,6	0,8	15,8	22,4	12,5	1,2	52,1	39,7	76,1	2,50	3,1	1,6	1,6	4,0	90,0	94,0	354,0	530,0	63,4
T26	20-40	-2,359833	-45,111383	5,4	4,1	0,5	1,0	13,3	27,3	8,9	0,4	50,9	42,1	82,6	1,42	4,7	2,1	2,1	13,0	135,0	147,0	429,0	417,0	52,4
T27	0-20	-2,359833	-45,111383	5,6	4,0	0,3	0,4	2,6	7,6	6,6	1,4	17,5	10,9	62,5	0,76	0,1	2,5	2,5	14,0	595,0	609,0	282,0	105,0	66,9
T27	30-50	-2,359833	-45,111383	5,7	3,9	0,3	1,5	3,6	16,1	5,8	1,0	27,3	21,5	78,6	0,50	0,1	5,3	5,3	5,0	483,0	488,0	277,0	217,0	38,0
T28	0-20	-2,419133	-45,283600	4,8	3,7	0,5	1,5	5,6	15,0	12,9	2,9	35,5	22,6	63,7	2,31	13,2	4,1	4,1	0,0	32,0	32,0	372,0	596,0	60,6
T28	30-50	-2,419133	-45,283600	4,9	3,7	0,6	1,6	2,8	10,6	9,5	2,8	25,1	15,6	62,0	1,04	10,8	6,4	6,4	4,0	102,0	106,0	466,0	428,0	56,8
T29	0-13	-2,576867	-45,053167	5,3	4,2	0,6	0,4	1,4	4,9	6,2	0,7	13,6	7,3	54,1	0,98	0,6	3,2	3,2	10,0	393,0	404,0	439,0	138,0	66,4
T30	0-20	-2,699200	-44,876283	4,7	3,5	1,3	1,6	2,3	14,3	9,5	3,5	29,0	19,4	67,2	0,78	1,7	5,4	5,4	17,0	499,0	516,0	234,0	238,0	65,6
T31	0-20	-2,736650	-44,860200	4,3	3,4	1,1	3,0	4,9	32,5	15,8	4,6	57,3	41,4	72,3	2,09	4,3	5,2	5,2	3,0	16,0	19,0	265,0	707,0	92,0
T31	30-50	-2,736650	-44,860200	4,3	3,3	1,1	4,2	4,9	37,5	12,1	5,2	59,8	47,7	79,8	2,05	4,9	7,1	7,1	2,0	14,0	16,0	238,0	745,0	99,0
T32	0-23	-2,954550	-44,794367	4,5	3,5	1,6	2,2	8,0	27,4	10,9	2,9	50,1	39,2	78,2	2,38	2,7	4,4	4,4	2,0	26,0	28,0	236,0	728,0	53,9
T32	23-56	-2,954550	-44,794367	4,3	3,4	1,4	3,5	6,8	32,6	11,2	4,8	55,5	44,3	79,8	2,34	3,4	6,3	6,3	12,0	28,0	39,0	189,0	772,0	99,5

Tabela 1 - Continuação

Amostra	Profundidade cm	Latitude	Longitude	pH água	pH KCl	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	CTC do solo			Soma de bases			V	C	P	Saturação por		Argila	Grau de Floculação
												Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	cmol ⁺ kg ⁻¹	%	g 100g ⁻¹				mg kg ⁻¹	%		
T32	56- 82	-2,954550	-44,794367	3,9	3,4	1,4	4,4	6,6	31,9	14,8	4,6	4,6	59,1	44,4	75,1	1,53	4,4	7,4	0,0	3,0	3,0	205,0	792,0	98,4
T32	82- 105	-2,954550	-44,794367	3,9	3,1	1,6	6,5	7,3	31,0	12,3	5,5	5,5	58,7	46,4	79,1	1,03	5,7	11,1	5,0	15,0	20,0	201,0	779,0	99,3
T33	0-20	-2,953617	-44,758167	5,1	4,0	0,8	0,4	1,3	3,2	6,0	0,8	0,8	11,7	5,7	48,5	1,02	102,0	3,1	5,0	771,0	776,0	146,0	77,0	52,7
T33	30- 50	-2,953617	-44,758167	4,9	4,3	0,5	0,2	0,9	2,6	5,7	1,2	1,2	9,8	4,1	42,1	0,88	120,6	2,5	2,0	805,0	807,0	109,0	84,0	64,6
T34	0-20	-2,954417	-44,730467	4,7	4,0	0,8	4,6	3,5	41,5	9,7	0,9	0,9	60,1	50,4	83,9	2,43	5,8	7,6	3,0	10,0	13,0	360,0	618,0	97,9
T34	30- 60	-2,954417	-44,730467	4,7	3,8	1,8	12,9	3,0	45,8	8,3	0,8	0,8	71,8	63,4	88,4	1,31	6,9	17,9	2,0	2,0	4,0	284,0	711,0	98,7
T35	0-20	-3,213567	-44,977350	4,5	3,5	1,0	0,6	2,6	9,0	17,7	7,1	30,9	13,2	42,8	4,00	4,8	2,0	1,0	11,0	13,0	352,0	601,0	67,8	
T35	30- 50	-3,213567	-44,977350	4,0	3,5	0,6	1,1	2,1	7,1	26,8	16,4	37,7	10,9	28,8	2,28	4,1	2,9	3,0	118,0	120,0	262,0	608,0	99,5	
T36	0-20	-3,280850	-44,932450	4,7	3,4	0,7	1,4	5,6	19,7	17,8	5,7	45,3	27,5	60,7	2,56	3,9	3,2	2,0	12,0	14,0	319,0	654,0	52,5	
T36	30- 60	-3,280850	-44,932450	4,9	3,5	0,2	2,9	6,3	22,8	14,2	3,8	46,5	32,3	69,4	2,03	2,7	6,3	0,0	6,0	6,0	322,0	667,0	45,3	
T37	0-20		-44,845633	5,1	3,8	0,8	1,6	3,5	17,0	7,9	5,4	30,9	23,0	74,4	1,11	3,2	5,3	27,0	41,0	68,0	571,0	356,0	61,8	
T38	0-20	-3,264767	-44,621417	4,0	3,5	1,1	1,0	2,2	8,2	26,5	11,8	39,1	12,5	32,1	6,16	35,0	2,6	4,0	26,0	30,0	349,0	585,0	99,6	
T38	30- 60	-3,264767	-44,621417	3,3	3,1	0,8	1,3	2,7	10,7	32,2	22,2	47,7	15,5	32,5	1,35	10,1	2,7	12,0	24,0	37,0	239,0	724,0	99,5	
T39	0-20	-3,205400	-44,624617	4,1	3,5	0,5	1,2	3,7	17,7	11,2	3,4	34,3	23,1	67,3	1,65	0,7	3,6	3,0	11,0	14,0	611,0	368,0	74,5	
T39	30- 60	-3,205400	-44,624617	4,2	3,4	0,6	2,8	3,7	29,9	10,0	4,3	47,1	37,1	78,8	0,78	1,0	6,0	2,0	6,0	8,0	511,0	481,0	99,3	
T40	0-20	-3,780850	-45,229833	5,0	3,6	1,0	0,5	7,0	15,1	11,9	6,3	35,5	23,6	66,4	1,15	2,5	1,3	0,0	314,0	314,0	296,0	375,0	68,9	
Mínimo				3,3	3,1	0,2	0,2	0,6	2,6	4,7	0,1	9,8	4,1	28,8	0,4	0,1	1,2	0,0	2	2	109	77	28,6	
Máximo				7,4	5,4	2,3	14,8	17,5	45,8	32,2	22,2	71,8	63,4	92,9	6,2	120,6	21,7	28	805	807	852	861	99,6	
Média				4,8	3,7	0,9	2,5	5,8	21,4	11,8	4,1	42,3	30,5	68,1	1,6	11,1	5,3	6	134	139	345	509	72,3	
Mediana				4,8	3,7	0,8	1,5	3,7	20,1	10,6	3,1	45,9	26,8	73,6	1,3	4	4,3	3	26	31	307	565	67,4	
Desvio Padrão				0,7	0,4	0,5	3,1	4,8	12,2	6,0	4,4	17,4	17,1	16,6	1,1	25,0	4,3	7	218	219	166	230	20,5	
Coef. de Variação				14,9	11,1	52,9	122,7	82,6	57,0	51,0	109,1	41,1	55,9	24,4	66,9	225,0	81,1	117,9	163	157,2	48,1	45,1	28,4	

Tabela 2 - Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os atributos dos solos do Golfão Maranhense.

	pH água	pH KCl	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	CTC	SB	V	C O	MO	Sat Na	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila total	Dispersa em água	Floculação	
pHagua	1,00																					
pHKCl	0,84	1,00																				
K ⁺	-0,26	-0,37	1,00																			
Na ⁺	-0,15	-0,23	0,71	1,00																		
Ca ⁺	0,47	0,29	0,04	-0,10	1,00																	
Mg ²⁺	0,10	0,02	0,50	0,61	0,52	1,00																
H ⁺ + Al ³⁺	-0,61	-0,56	0,15	-0,07	-0,06	-0,14	1,00															
Al ³⁺	-0,60	-0,54	0,10	-0,14	-0,23	-0,27	0,91	1,00														
CTC	-0,04	-0,16	0,56	0,57	0,60	0,92	0,22	0,04	1,00													
SB	0,17	0,04	0,52	0,61	0,63	0,98	-0,12	-0,28	0,94	1,00												
V	0,37	0,20	0,24	0,44	0,54	0,82	-0,58	-0,65	0,61	0,82	1,00											
C O	-0,37	-0,23	0,15	-0,08	-0,02	-0,06	0,59	0,34	0,15	-0,06	-0,35	1,00										
MO	-0,37	-0,23	0,15	-0,08	-0,02	-0,06	0,59	0,34	0,15	-0,06	-0,35	1,00	1,00									
Sat Na	-0,17	-0,24	0,59	0,94	-0,27	0,44	-0,18	-0,20	0,36	0,43	0,39	-0,17	-0,17	1,00								
Areia Grossa	0,41	0,42	0,02	-0,11	0,19	0,09	-0,18	0,00	0,04	0,10	0,17	-0,25	-0,25	-0,14	1,00							
Areia Fina	0,26	0,33	-0,25	-0,31	-0,29	-0,52	-0,37	-0,23	-0,63	-0,51	-0,30	-0,34	-0,34	-0,26	0,16	1,00						
Areia Total	0,27	0,34	-0,25	-0,32	-0,28	-0,51	-0,38	-0,23	-0,63	-0,51	-0,30	-0,34	-0,34	-0,26	0,19	1,00	1,00					
Silte	0,04	0,13	-0,47	-0,16	-0,23	-0,24	-0,24	-0,19	-0,35	-0,27	0,04	-0,06	-0,06	0,05	-0,07	-0,32	-0,32	1,00				
Argila total	-0,28	-0,41	0,58	0,43	0,43	0,68	0,52	0,35	0,86	0,70	0,27	0,34	0,34	0,22	-0,13	-0,73	-0,73	-0,42	1,00			
Dispersa em água	0,52	0,21	0,07	0,04	0,53	0,26	-0,09	-0,21	0,31	0,34	0,31	-0,06	-0,06	-0,04	0,14	-0,21	-0,20	-0,19	0,33	1,00		
Floculação	-0,68	-0,44	0,23	0,19	-0,25	0,12	0,40	0,41	0,19	0,05	-0,16	0,29	0,29	0,17	-0,27	-0,32	-0,32	0,09	0,24	-0,80	1,00	

r > 0,32 são significativos a 5% de probabilidade.

kg^{-1} e 10,5% entre 1,5 e 3,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Apresentam correlação positiva e significativa a 5 % com Na^+ ($r=0,71$), Mg^{2+} ($r=0,50$), CTC do solo ($r=0,56$), soma de bases ($r=0,52$) e argila ($r=0,58$) e negativa com silte ($r=-0,47$). A grande maioria dos locais apresenta elevados teores de K^+ , segundo a classificação de Raij *et al.* (1997), com média de 09 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mediana de 0,8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e coeficiente de variação alto de 52,9%.

Os teores de Na^+ em 26,3% dos locais apresentaram valores de 0 a 1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, 39,4% de 1 a 2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, 15,7% de 2 a 4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 18,4% apresentaram valor maior que 4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, com média de 2,5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mediana de 1,5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e coeficiente de variação muito alto de 123%. A concentração de Na^+ superior a de K^+ é muito negativa no que se refere a produtividade dos solos, pois o Na^+ não é considerado nutriente essencial aos vegetais e causa problemas de dispersão da argila. O Na^+ apresenta correlação positiva e significativa a 5% com Mg^{2+} ($r=0,61$), CTC do solo ($r=0,57$), soma de bases ($r=0,61$), saturação por bases (0,44) e argila ($r=0,43$). A correlação foi negativa com areia total ($r=-0,32$).

A saturação por sódio indica que 65,7% dos locais encontram-se entre 0 e 6%, 28,9% entre 6 e 15% (caráter solódico, segundo Embrapa, 2006) e 5,2% tem caráter sódico (>15%, segundo Embrapa, 2006). Tais resultados indicam que devem ser tomados cuidados no manejo para evitar ainda mais a elevação dos teores do elemento nos solos estudados. A saturação por sódio teve média de 5,3%, mediana de 4,3 e coeficiente de variação elevado de 81,1%.

O Ca^{2+} em 10,5% dos locais está entre 0 e 2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, em 42,1% entre 2 e 4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, em 31,5% entre 4 e 8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e em 15,7% apresentaram valor maior que 8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Esses teores apresentaram correlação positiva e significativa a 5% com Mg^{2+} ($r=0,52$), CTC do solo ($r=0,60$), soma de bases ($r=0,63$), saturação por bases ($r=0,54$) e argila ($r=0,43$). A grande maioria dos locais apresenta Ca^{2+} elevado, segundo a classificação de Raij *et al.* (1997), o que indica não haver deficiências para as plantas cultivadas (média de 5,8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mediana de 3,7 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e coeficiente de variação elevado de 82,6%).

Os valores de Mg^{2+} estão assim distribuídos: 23,6% entre 0 e 10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; 26,3% entre 10 e 20 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; 21% entre 20 e 30 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 28,9% maior que 30 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Todas os locais apresentam teores considerados altos de Mg^{2+} e superiores aos de Ca^{2+} , com média de 21,4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mediana de 20,1 e coeficiente de variação de 57%. Tal característica demonstra desequilíbrio entre estes cátions e que pode ser prejudicial para a nutrição mineral das plantas cultivadas, resultados semelhantes foram verificados em trabalhos com solos maranhenses (Anjos *et al.*, 2007) e no semiárido nordestino (Oliveira *et al.*, 2003). Segundo estes últimos autores Ca^{2+} inferior a Mg^{2+} está relacionado a maior solubilidade do Mg^{2+} e ao material de origem com influência marinha. Os teores

de Mg^{2+} têm correlação positiva e significativa a 5% com os atributos CTC do solo ($r=0,92$), soma de bases ($r=0,98$), saturação por bases ($r=0,82$), saturação por sódio ($r=0,44$) e argila ($r=0,68$). A correlação foi negativa com a areia fina e a areia total ($r=-0,52$ e $-0,51$, respectivamente).

Quanto aos valores de CTC do solo, 15,7% das amostras encontram-se entre 0 e 20 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, 31,7% entre 20 e 40 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, 39,4% entre 40 e 60 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 13,1% são maiores que 60 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, com média de 42,3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mediana de 45,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e coeficiente de variação de 41,1%. Além das já mencionadas, a CTC do solo apresentou correlação positiva e significativa a 5 % com os atributos soma de bases ($r=0,94$), saturação por bases ($r=0,61$), saturação por sódio ($r=0,36$) e argila ($r=0,86$). A correlação foi negativa com areia fina, areia total ($r=-0,63$) e silte ($r=-0,35$). O carbono não apresentou correlação com a CTC do solo. A CTC da fração argila apresentou valor mínimo de 44,3 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, o que indica que os solos têm atividade alta (Ta) segundo (Embrapa, 2006).

Na soma de bases, 10,5% dos valores estão entre 0 e 10 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, 42,1% entre 10 e 30 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, 34,2% entre 30 e 50 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e 13,1% são maiores que 50 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, com média de 30,5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mediana de 26,8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e coeficiente de variação de 55,9%. Além das já mencionadas a soma de bases apresenta correlação positiva e significativa a 5 % com os atributos saturação por bases ($r=0,82$), saturação por sódio ($r=0,43$) e argila ($r=0,70$). A correlação é negativa com areia fina e areia total ($r=-0,63$).

Na saturação por bases, 7,8% estão entre 0 e 35%, consideradas hiperdistróficas (Embrapa, 2006); 10,5% entre 35 e 50%, mesodistróficas; 34,2% entre 50 e 75%, mesoeutróficas; e 47,3% são maiores que 75% de saturação por bases, ou seja, são hipereutróficas. O valor médio foi de 68,1% e a mediana de 73,6%, com coeficiente de variação de 24,4%, o que indica variabilidade inferior a da soma de bases. Trabalhos com plintossolos da região meio-norte e da ilha de Marajó verificaram baixa saturação por bases e altos teores de Al^{3+} com alta saturação por alumínio (Santos & Batista, 1996; Rêgo, 1986). Anjos *et al.* (2007) trabalhando com solos de Pinheiro, MA, encontraram maior saturação por bases nos horizontes superficiais, o que coincide com o presente trabalho. A saturação por bases, além das correlações já mencionadas, apresentou correlação positiva e significativa a 5% com a saturação por sódio ($r=0,39$) e negativa com carbono ($r=-0,35$).

Os teores de carbono foram assim distribuídos: 26,3 % dos valores estão entre 0 e 10 g kg^{-1} , 34,2% estão entre 10 e 15 g kg^{-1} , 7,8% entre 15 e 20 g kg^{-1} e 31,5% apresentam teor maior que 20 g kg^{-1} . Esses teores são considerados baixos para solos hidromórficos, isto provavelmente se deve aos vários meses de estiagem o que diminui a sua saturação com água. Apresentaram média de 1,6% e mediana de 1,3% com

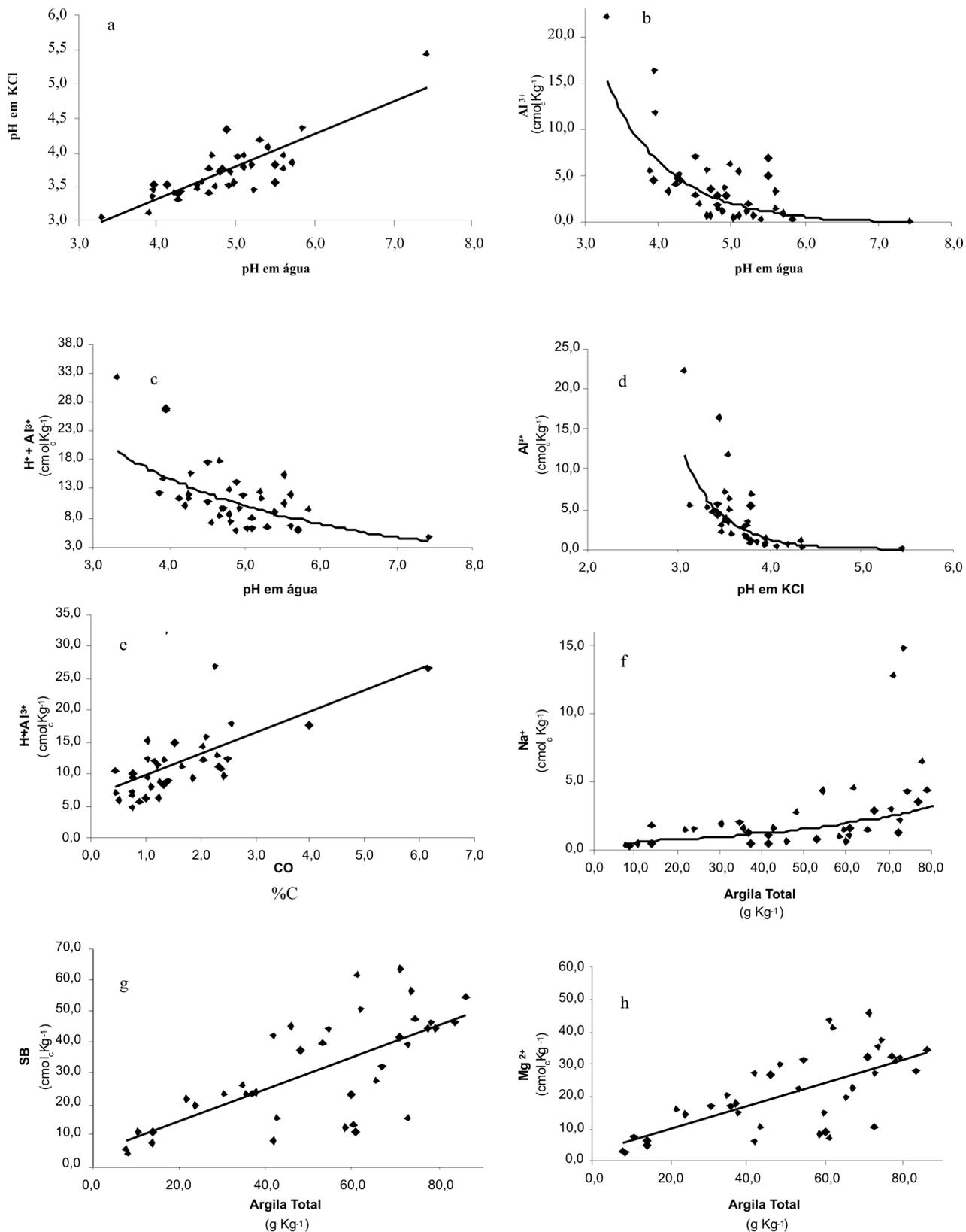


Figura 2 - Diagramas de dispersão entre atributos dos solos do Golfão Maranhense.

alto coeficiente de variação de 66,9%. O carbono, além das correlações já mencionadas, apresentou correlação positiva e significativa a 5% com os teores de argila ($r=0,34$). E negativa com os teores de areia ($r=-0,34$).

O P, 76,3% dos valores estão entre 0 e 6 mg kg⁻¹, 13,1% entre 6 e 15 mg kg⁻¹, 5,2% entre 15 e 40 mg kg⁻¹ e 5,2% acima de 40 mg kg⁻¹, estes resultados indicam possíveis deficiência do nutriente para as plantas cultivadas, pois a média foi de 11,1, a mediana de 4,0 e elevado coeficiente de variação, demonstrando o motivo pelo qual os valores da média foram tão mais elevados que da mediana.

A grande maioria dos solos apresentou textura argilosa a muito argilosa (76,2 %), sendo que 10,5% tinha textura média, 7,8% siltosa e 5,2% textura arenosa, de acordo com Embrapa (2006) e Santos *et al.* (2005). A predominância da fração argila nos solos, pode dificultar a permeabilidade, diminuindo sua condutividade hidráulica, ainda mais com a ocorrência de argilas expansíveis (Anjos *et al.*, 2007), que ao diminuir a agregação das partículas, leva a uma estrutura maciça. Tal condição dificulta a respiração e o crescimento radicular, sendo um forte fator limitante ao cultivo de muitas espécies.

A correlação da argila com Na⁺ foi positiva e significativa ($r=0,43$) e a correlação da argila com a matéria orgânica foi positiva e baixa. Já as correlações da argila com a soma de bases ($r=0,70$) e com Mg ($r=0,68$) são positivas e muito altas, o que indica alta interação entre esses atributos.

Os teores de silte predominam nas amostras em relação aos de areia. Seus teores tiveram correlação negativa com os teores de argila ($r=-0,42$) e com o grau de floculação ($r=-0,32$).

Observa-se o predomínio da fração areia fina em relação a areia grossa. A areia total teve correlação alta e positiva com a fração areia fina ($r=0,99$) e negativa com os teores de silte ($r=-0,32$) e argila ($r=-0,73$).

Do grau de floculação, 10,5% dos locais apresentam de 0 a 50%, 52,6% têm de 50 a 75% e 36,8% com mais de 75% de grau floculação. A média encontrada foi 72,3%. Apesar do Na⁺ e Mg²⁺ causarem dispersão das argilas e redução do grau de floculação (Emerson e Chi, 1977; Zhang e Norton, 2002; Ruiz *et al.*, 2004) não se observou esta característica nos solos do Golfão Maranhense, eles apresentam alta floculação. Isto está de acordo com os plintossolos maranhenses que possuem que possuem maior floculação nos horizontes superficiais (Anjos *et al.*, 1995).

A condutividade elétrica no extrato de saturação foram baixos (próximos a zero), o que indica ausência de problemas de salinidade nos solos, apesar dos altos teores de bases; porém há a ocorrência de sodicidade em 37% das amostras e de alcalinidade em uma das amostras.

ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS

Na ACP são calculados os fatores que se referem a informações de todas as amostras pesquisadas, no presente caso todos os atributos dos solos avaliados, cada atributo do solo, que era definido pelas 38 amostras, passa a ser definido pelas novas variáveis (fatores) o que possibilita sua localização como um ponto em um gráfico bidimensional ou tridimensional, e quanto mais próximos forem os pontos maiores tenderão a ser suas semelhanças, podendo ser utilizada como ferramenta na correlação entre variáveis.

Os resultados da ACP são apresentados na Tabela 3 e Figura 3. De acordo com os resultados dos “eigenvalues”, os três primeiros componentes principais ou fatores foram considerados (representados por F1, F2 e F3), pois explicam 68,4% da variação. Há associação positiva entre K⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, CTC, soma de bases, V% e argila total (elevados valores positivos no F1) e negativa com P, areia fina e areia total (valores mais negativos no F1). Os valores de pH em água, pH em KCl e V% foram positivos e altos em F2 indicando associação positiva, sendo negativos neste fator os atributos acidez potencial, Al³⁺ e carbono orgânico com associação negativa. Em F3 observou-se associação positiva entre Ca²⁺ e argila dispersa, sendo negativa para os teores de Na⁺ e saturação

Tabela 3 - Fatores calculados pela análise dos componentes principais com base nos atributos dos solos do Golfão Maranhense.

Atributos	Fator 1	Fator 2	Fator 3
pH _{água}	-0,118	0,811	0,392
pH _{KCl}	-0,279	0,696	0,350
K ⁺	0,630	-0,127	-0,445
Na ⁺	0,658	0,970	-0,664
Ca ²⁺	0,481	0,391	0,630
Mg ²⁺	0,886	0,339	-0,440
H ⁺ + Al ³⁺	0,193	-0,876	0,228
Al ³⁺	0,170	-0,814	0,112
CTC	0,953	0,560	0,930
SB	0,902	0,365	0,150
V	0,626	0,691	-0,510
C O	0,171	-0,680	0,325
P	-0,532	-0,400	-0,257
Sat Na	0,492	0,119	-0,766
Areia Grossa	-0,480	0,390	0,233
Areia Fina	-0,766	0,293	-0,231
Areia Total	-0,763	0,304	-0,222
Silte	-0,202	0,510	0,570
Argila total	0,880	-0,310	0,157
Dispersa em água	0,331	0,342	0,447

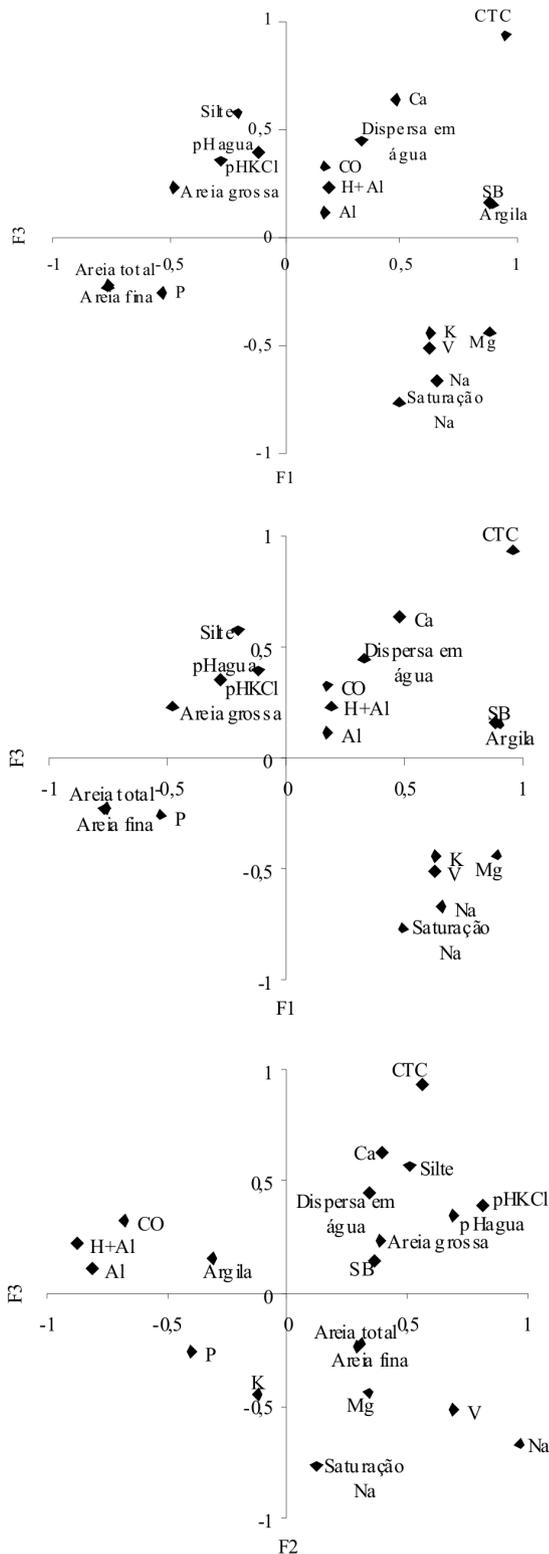


Figura 3 - Agrupamento dos atributos dos solos do Golfão Maranhense com base nos fatores 1, 2 e 3 calculados pela análise dos componentes principais.

por este elemento. Verificou-se ambiguidade nos fatores F1 e F3 para Ca^{2+} e Na^+ e nos F1 e F2 para V%.

CONCLUSÕES

Apesar de não apresentarem problemas de salinidade, as condições e características dos solos estudados indicam uma grande propensão ao processo de acumulação de sais, principalmente se o manejo for inadequado. O uso incorreto da irrigação (uso de água com alta concentração de sais, e quantidade de água inadequada) associado a condições propícias como deficiência de drenagem, geram, freqüentemente, problemas para o cultivo nesses solos. O sucesso da agricultura irrigada depende, além da qualidade da água fornecida às plantas, da drenagem da área e do manejo da fertilidade do solo (Heck *et al.*, 2003; Lozovitskii, 2003; Chaves *et al.*, 2004).

Barreto (2001), afirma que o principal problema ambiental causado pela má condução da irrigação e que atinge os perímetros irrigados do Nordeste é justamente a degradação de extensas áreas pelo processo físico-químico da salinização. No manejo dos solos do Golfão Maranhense, devem ser tomadas precauções para evitar o desencadeamento desse processo. É importante destacar que os solos do Golfão Maranhense não se encontram salinizados.

AGRADECIMENTOS

Ao SIFEMA pelo financiamento do projeto, ao CNPq pela bolsa de iniciação científica do programa PIBIC.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AB' Saber, A. N. 1960. Contribuição à geomorfologia do Estado do Maranhão. *Notícia Geomorfológica*, 3(5): 35-45.
- Anjos, L.H.C.; Pereira, M.G.; Pérez, D.V.; Ramos, D.P. 2007. Caracterização e classificação de Plintossolos no Município de Pinheiro-MA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(5):1035-1044.
- Anjos, L.H.C.; Franszmeier, D.P.; Schulze, D.G. 1995. Formation of soils with plinthisite on a toposequence in Maranhão State, *Geoderma*, 64: 257-279.
- Barreto, A. N. 2001. Eficiência global do uso de água na agricultura irrigada. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14; Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos países de língua oficial portuguesa, 5. 2001, Aracajú. Anais. Aracajú: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. Meio virtual: CD rom
- Azevedo, A.C.; Bonumá, A.S. 2004. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. *Ciência Rural*, 34(2): 609-617.
- Brinkman, R. 1970. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, 3(3): 199-206.
- Chaves, L.H.G.; Tito, G.A.; Chaves, I.B.; Luna, J.G.; Silva, P.C.M. 2004. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de assunção – Cabrobó Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(3):431-437.

- Coelho, M.R.; Vidal-Torrado, P. Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru. I-Química. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(3): 483-494.
- Dontsova, K.M.; Norton, L.D. 2002. Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Science*, 167(3):184-193.
- Emerson, W.W.; Chi, C.L. 1977. Exchangeable calcium, magnesium and sodium and the dispersion of illites in water. *Australian Journal of Soil Research*, 15(3): 255-262.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA 1997. *Manual de métodos de análises de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, RJ, Brasil, 212pp.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA 1986. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Boletim de Pesquisa*, 35. Levantamento exploratório-reconhecimento de solo do Estado do Maranhão, 2.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, RJ, Brasil, 306pp.
- FAO/UNESCO, 1973. *Irrigation, drainage and salinity. An international sourcebook*. HUTCHINSON/FAO/UNESCO, Paris, France, 529pp.
- Heck, R.J.; Tiessen, H.; Salcedo, I.H.; Santos, M.C. 2003. Soil chemical changes under irrigated mango production in the central São Francisco river valley. *Journal Environmental Quality*, 32(4):1414-1421.
- Isbell, R.F. 2002. *The Australian soil classification*. CSIRO, Collingwood, Austrália, 144pp.
- Lozovitskii, P.S. 2003. The effect of irrigation water mineralization and the irrigation period on salinization of chernozems. *Eurasian Soil Science*, 36(5):550-560.
- Mainguet, M.; Silva, G.G. 1998. Desertification and drylands development: what can be done? *Land Degradation & Development*, 9(5):375-382.
- Medeiros, T.C.C. 1988. Contribuição ao estudo a fisiografia de mesolitoral do Golfão Maranhense. *Boletim LaboHidro* 8(1): 81-96.
- Muniz, F.H. 2004. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste, diversidade e estrutura. In: MOURA, E.G., coord. *Agroambientes de transição entre o trópico e o semi-árido do Brasil*. Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, Maranhão. p.53-69.
- Nachtigall, G.R.; Vahl, L.C. 1989. Parâmetros relacionados à acidez em solos da região sul do Rio Grande do Sul. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, 13(2): 139-143.
- Nascimento, R.A. de M. 1989. *Correlação entre o valor K_i e outras variáveis em latossolos*. Itaguaí, Brasil. Tese de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 165pp.
- Oliveira, L.B.; Ribeiro, M.R.; Ferra, F.B.; Jacomine, P.K.T. 2003. Classificação de solos planossólicos do sertão do Araripe (PE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(4):685-693.
- Pereira, M.G.; Valladares, G.S.; Souza, J.M.P.F.; Pérez, D.V.; Anjos, L.H.C. 1998. *Parâmetros relacionados à acidez em solos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, (Circular Técnica).
- Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Instituto Agrônomo/Fundação IAC. *Boletim técnico* 100. 2:285.
- Ramos, D.P.; Anjos, L.H.C. 1985. Caracterização de solos afetados por sais em condições não-hidromórficas da região de Campos (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 9(2):122-129.
- Rêgo, R.S. 1986. *Caracterização e gênese de solos com plintita na Ilha de Marajó*. Rio de Janeiro, Brasil. Tese de Mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 156pp.
- Ruiz, H.A.; Sampaio, R.A.; Oliveira, M.; Venegas, V.H.A.. 2004. Características químicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(11): 1119-1126.
- Santos, M.C.; Batista, M. 1996. Avaliações física, química e mineralógica em solos plínticos da região meio-norte do Brasil, submetidos a teste de umedecimento e secagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20(1):21-31.
- Santos, R.D.; Lemos, R.C.; Santos, H.G.; Ker, J.C.; Anjos, L.H.C. 2005. Manual de descrição e coleta de solo no campo. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. 92p.
- Schofield, R.V.; Kirkby, M.J. 2003. Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(3):1-13.
- Symeonakis, E.; Drake, N. 2004. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 25(3):573-592.
- Zhang, X.C.; Norton, L.D. 2002. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. *Journal of Hydrology*, 260(1-4):194-205

Recebido em 24/10/2008

Aceito em 14/06/2009

