

ESTUDO DA ORIGEM E NATUREZA DOS SAIS EM SOLOS SÓDICOS DA
REGIÃO DE MORADA NOVA, NO ESTADO DO CEARÁ

CATIVO

C342270
R 59 8089
B.C.T
23/05/97

EISENHOWER CARVALHO BRAGA GOMES

UFC/BU/BCT 23 Mai 1997



R598089 Estudo da origem e natureza dos sais em
C342270

T
631.4
G612e
1991

BCT/UFC CATIVO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1991

UFC/BU/BCT 23/05/1997



R598089 Estudo da origem e natureza dos
C342270 sais em
T631.4 G612e

Esta dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Setorial de Ciência e Tecnologia da referida Universidade.

Eisenhower Carvalho Braga Gomes

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26 / 02 / 1991

Prof. Elder Gurgel Souza Moreira, Doutor
- Orientador -

Prof. Fernando Felipe Ferreyra H., Doutor

Prof. Marcos José Nogueira de Souza, Doutor

Aos meus pais

À Magda

Aos meus familiares,

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

À Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará-SUDEEC, pela minha liberação e à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME, pelo apoio à realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Às instituições envolvidas com o apoio financeiro a este estudo: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela concessão de bolsas de estudos durante a realização do curso e à Financiadora de Estudos e Projetos-FINEP, pelo suporte financeiro às atividades.

Ao Professor Elder Gurgel Souza Moreira, pela orientação criteriosa, amizade e inestimável apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Mardonio Aguiar Coelho "post mortem", pelas sugestões e orientações recebidas.

Sinceros agradecimentos são apresentados aos Professores Fernando Felipe Ferreyra Hernández, na discussão de alguns resultados químicos; Francisco Ocian Bastos Mota, em parte do segmento de classificação dos solos e Marcos José Nogueira de Souza, pelo acompanhamento e discussões em parte dos trabalhos de campo.

Aos Professores José Luís Ioriatti Demattê (USP/ESALQ) e assistente, pelas análises de raios-X; Adolfo José Melfi (USP IAG) e colaboradores, pela concessão de estágio em mineralogia de argilas e Loiva Lizia Antonello (EMBRAPA/SNLCS), pelas sugestões na avaliação dos difratogramas.

Aos geólogos José Ferreira de A. Filho e Hidelurdes S. P. Barbosa (NUTEC/LPMIN), pelas análises em amostras de rochas.

Aos colegas de curso e funcionários do Departamento de Ciências do Solo, em particular Fátima Rêgo e Antonio Luíz, pela ajuda prestada, igualmente extensivos aos colegas de trabalho.

Enfim, a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
<u>RESUMO</u>	x
<u>ABSTRACT</u>	xi
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	3
2.1 - <u>Origem dos sais</u>	6
2.1.1 - Influência do material de origem	6
2.1.2 - Influência dos aerossóis	7
2.1.3 - Clima como fator de concentração de sais ...	8
2.1.4 - Relevo como fator de acumulação de sais	9
2.1.5 - Água como carreador de sais	10
2.1.6 - Aspectos de salinização secundária	11
2.2 - <u>Natureza dos sais</u>	13
2.3 - <u>Minerais de argila</u>	16
3 - <u>DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA</u>	18
3.1 - <u>O Meio Físico</u>	18
3.1.1 - Geologia	18
3.1.2 - Relevo	21
3.1.3 - Clima	21
3.1.4 - Hidrografia	22
3.1.5 - Solos	25
3.1.6 - Vegetação	25
4 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	27
4.1 - <u>Material</u>	27

	página
4.1.1 - Cartas, mapas e imagens	27
4.1.2 - Solos e rochas	27
4.2 - <u>Métodos</u>	28
4.2.1 - Prospecção em solos e rochas	28
4.2.2 - Análises de solos	28
4.2.2.1 - Análises físicas e químicas	28
4.2.2.2 - Análises mineralógicas	30
4.2.3 - Análises de rochas	32
5 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	34
5.1 - <u>Solos</u>	34
5.1.1 - Características morfológicas	34
5.1.2 - Características físicas	37
5.1.3 - Características químicas	39
5.1.4 - Características mineralógicas	44
5.1.5 - Classificação dos solos	57
5.2 - <u>Rochas</u>	58
5.2.1 - Classificação das rochas	59
5.2.2 - Distribuição percentual dos constituintes mi neralógicos	59
5.2.3 - Propriedades e composição dos íons solúveis, no extrato de saturação	63
6 - <u>CONCLUSÕES</u>	64
7 - <u>ANEXOS</u>	65
ANEXO A - DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS DOS PERFÍIS 1, 2 e 3	66
8 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	76

LISTA DE TABELAS

TABELA		página
1	Esquema de ambiente geoquímico de solos afetados por sais.....	4
2	Grupamento de solos afetados por sais: efeitos do(s) eletrólito(s), tipo de ambiente e principais efeitos sobre a produção.....	5
3	Valores médios, máximos e mínimos de precipitação pluviométrica (valores mensais), referentes às sedes dos municípios de Morada Nova e Ibicuitinga, no Estado do Ceará.....	23
4	Balanço hídrico segundo Thornthwaite (umidade do solo na capacidade de campo, 125mm) para o município de Morada Nova e Banabuiú (Sitia), no Estado do Ceará.....	24
5	Características físicas e classificação textural dos solos estudados.....	38
6	Características químicas dos solos estudados.....	40
7	Propriedades e composição do extrato de saturação para os solos estudados.....	42
8	Classificação das amostras de rochas e distribuição percentual dos constituintes mineralógicos.....	60
9	Propriedades e composição do extrato de saturação para as amostras de rochas AR-2 e AR-3.....	61

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		página
1	Localização da área de estudo e locais de <u>a</u> mostragem de solos e rochas	19
2	Perfil geológico com a localização dos <u>per</u> fís de solos e localidades de referência (corte no sentido Ibicuitinga/Sitiá - Juazei ro de Baixo)	20
3	Difratograma da fração silte (0,05-0,002 mm) do horizonte $2B_{tn}$ do perfil 1. Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.....	45
4	Difratograma da fração silte (0,05-0,002 mm) do horizonte $2B_{tn2}$ do perfil 2. Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.....	46
5	Difratograma da fração silte (0,05-0,002 mm) da camada $2C_{n2}$ do perfil 3. Espaçamento <u>in</u> terplanar (d/n), em angstrom.....	47
6	Difratogramas da fração argila ($<0,002mm$) de horizontes do perfil 1 (K-25 ^o C). Espaça mento interplanar (d/n), em angstrom.....	49
7	Difratogramas da fração argila ($<0,002mm$) do horizonte $2B_{tn}$ do perfil 1 (amostras Mg, Mg-Glicol, K-350 ^o C e K-550 ^o C). Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.....	50
8	Difratogramas da fração argila ($<0,002 mm$) de horizontes do perfil 2 (K-25 ^o C). Espaça mento interplanar (d/n), am angstrom.....	51
9	Difratogramas da fração argila ($<0,002 mm$) do horizonte $2B_{tn2}$ do perfil 2 (amostra Mg, Mg-Glicol, K-350 ^o C e K-550 ^o C). Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.....	52

FIGURA

página

- | | | |
|----|--|----|
| 10 | Difratogramas da fração argila ($<0,002\text{mm}$) de camadas do perfil 3 ($\text{K}-25^{\circ}\text{C}$). Espaça <u>men</u> to interplanar (d/n), em angstrom..... | 53 |
| 11 | Difratogramas da fração argila ($<0,002\text{mm}$) da camada $2\text{C}_{\text{n}2}$ do perfil 3 (amostras Mg, Mg Glicol, $\text{K}-350^{\circ}\text{C}$ e $\text{K}-550^{\circ}\text{C}$). Espaçamento <u>in</u> terplanar (d/n), em angstrom..... | 54 |

RESUMO

A área estudada compreende uma região tipicamente semi-árida e abrange parte dos municípios de Morada nova, Ibicitinga, Banabuiú e Quixadá, no Estado do Ceará, situada entre os paralelos 4°58' e 5°11' S e os meridianos 38°33' e 38°39' W Gr.

São apresentados os resultados de caracterização morfológica, física, química e mineralógica, obtidos em dezessete amostras de solos Solonetz-solodizados (Ustic Natrargids) e Aluvial sódico (Ustic torrifluvents). Três amostras de rochas foram analisadas, classificadas quanto à natureza e determinadas suas composições mineralógica (minerais essenciais e acessórios) e iônica (íons maiores) - sendo a última no extrato de saturação-todas segundo orientação metodológica da EMBRAPA/SNLCS.

Dos resultados e interpretações realizadas pode-se concluir que os solos são pouco intemperizados, predominando feldspatos e quartzo na fração silte e identificados mica, caulinita, quartzo e argilominerais interestratificados, pouco definidos, com presença de montmorilonita nas frações argila destes solos.

As características e propriedades químicas sugerem a designação de "solos sódicos degradados", com ausência de carbonatos. Entre os sais solúveis, o NaCl predominou na quase totalidade dos perfís, observando-se presença de cloretos, sulfatos e bicarbonatos de magnésio e de cálcio, em muito menores proporções. O clima, o substrato e a topografia condicionam os efetos de concentração progressiva destes sais nos solos, sugerindo-se a contribuição de aerossóis marinhos e de elementos contidos nas águas superficiais e subterrâneas, como importantes fontes adicionais de sais ao processo de sodificação.

ABSTRACT

The studied area is located in a typically semi-arid region and partially encompass the Morada Nova, Ibicuitinga, Banabuiú and Quixadá counties of the State of Ceará, between parallels 4°58' and 5°11' S and meridians 38°39' and 38°33' W Gr.

Results of morphological, physical, chemical and mineralogical characteristics are presented, taken from 17 (seventeen) samples of Solodic-Solonetz (Ustic Natrargids) and sodic Alluvial (Ustic Torrifluvents) soils. Three rock samples were analyzed, classified in relation to their nature and their mineralogical and ionic composition determined - the last one taken in the saturation extract - all according to the methodology adopted by EMBRAPA/SNLCS.

From the results and interpretations, the soils were considered as weakly weathered, where feldspars and quartz predominate in the silt soil fraction, where mica, kaolinite and interstratified, not well defined clay minerals were also identified. Montmorillonite were recognized in the clay fraction of those soils.

Chemical characteristics and properties suggest the denomination of "degraded sodic soils" with no carbonate content. Among soluble salts, NaCl predominates in the wholeness of the profile where, in minor proportions, chlorides, sulphates, and Mg and Ca bicarbonates were determined. Climate, substratum and topography constrain the effects of progressive concentrations of those salts in the soil, suggesting marine aerosols, as well as superficial and underground water elements contribution, as important additional sources to the sodification process.

1 - INTRODUÇÃO

Salinização e sodificação de solos exercem efeitos negativos não somente nos solos mas, também, sobre a água e a natureza, de modo geral. Estes processos estão fortemente relacionados a fatores geológicos, geoquímicos, climatológicos e biológicos, associados ao meio-ambiente, mas sua influência se reflete, principalmente, sobre os solos, afetando suas propriedades.

Dados estimados por DUDAL & PURNELL (1986) e SZABOLCS (1987), mostram que uma porção significativa da superfície terrestre está associada a solos com excesso de sais solúveis e/ou sódio trocável, cujos percentuais são estimados em 7 e 10%, respectivamente.

Estes solos distribuem-se em todos os continentes do globo; ocorrem não somente em regiões áridas e semi-áridas (BRESLER et al., 1982; BUOL et al., 1973; DREGNE, 1976; MCKEAGUE & ARNAUD ST., 1969; RAYCHAUDHURI & MURTHY, 1961; SZABOLCS, 1979, 1981, dentre outros), mas, frequentemente, em terrenos férteis situados em planícies aluviais, vales de rios, áreas costeiras, proximidade de regiões densamente povoadas e em áreas sob irrigação (KOVDA, 1973; MAIANU, 1986).

Em 1970, a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem, com sede na Índia, estimou a área total irrigada no mundo em 203 milhões de hectares, dos quais 50,7 milhões (25% do total) apresentaram problemas de salinidade e de sodicidade (CORDEIRO, 1982), em sua maioria localizadas em regiões de clima árido e semi-árido, onde o processo de acumulação de sais é mais efetivo (COELHO, 1988).

SHAVALET & KAMBOROV (1974), apud COELHO op cit., relataram dados de levantamentos efetuados em 24 países, sobre a existência de 50 milhões de hectares afetados por processos de salinidade, de uma área cultivada de 756 milhões de hectares.

De acordo com estimativas da FAO/UNESCO, perto de 10

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Solos afetados por sais ocorrem sob diversas condições ambientais e apresentam propriedades morfológicas, químicas, físicas, fisico-químicas e mineralógicas, as mais diversas.

Enquanto a influência dos sais é comum em todos estes solos, sua composição química, bem como os valores críticos associados a sua concentração, variam dependendo das condições ambientais, pedológicas e, mesmo, econômicas (SZABOLCS, 1987).

Baseados em estudos de geoquímica ambiental de KOVDA (1946-47), POLYNOV (1957) e SZABOLCS (1981), citados em SZABOLCS (1985), tipos ambientais podem ser distinguidos como regiões geoquímicas de acumulação de sais nos solos (TABELA 1).

Uma associação entre os principais grupamentos de solos afetados por sais, segundo o ambiente e o tipo principal de eletrólito envolvido, é apresentada em SZABOLCS (1987), incluindo-se os principais efeitos adversos sobre a produção (TABELA 2).

Dessas TABELAS observa-se que os solos podem se desenvolver sob diferentes condições climáticas, dos mais variados tipos de eletrólitos e condições de pH igualmente diversas. Os solos sódicos estariam relacionados, principalmente, com os íons de sódio capazes de hidrólise alcalina, sob condições ambientais variadas, destacando-se os efeitos adversos sobre as propriedades físicas.

Tais condicionantes refletem processos específicos, estudados em diversas partes do mundo e tendo suas possíveis origens e variações quanto à natureza, relacionados com uma série de fatores. Estes fatores, com algumas exceções, estão relacionados a variações sazonais do clima, a salinidade das águas subterrâneas ou do substrato formador dos solos, da ação antrópica via salinização secundária (SZABOLCS, 1974) e do relevo, contribuindo, por vezes, como fator de acumulação destes sais.

milhões de hectares de terras irrigadas no mundo são abandonadas anualmente, em consequência dos efeitos adversos da irrigação, seja por salinização secundária ou alcalinização (sodificação), segundo citado em MACEDO (1988).

GOES (1978), em trabalho sobre salinidade em áreas irrigadas no Nordeste do Brasil, faz alerta para a observação de níveis crescentes de salinização e sodificação de solos em áreas de expansão, notadamente nos solos aluviais.

No Brasil, de acordo com PEREIRA (1983), a partir de estudos de solos (exploratório-reconhecimento) efetuados no Nordeste (excetuando-se Piauí e Maranhão), observa-se a existência de, aproximadamente, 91.110 Km² de solos associados a salinidade e sodicidade. No Ceará, foram estimados 23.257 Km², relacionados com os solos Planossolo solódico, Solonetz-solodizado, Solonchak-solonétzico, Halomórficos Indiscriminados e outros de menor expressão.

A necessidade do aumento da área cultivada no mundo impõe uma reflexão profunda sobre a incorporação dessas áreas ao processo produtivo, considerando-se as peculiaridades do ambiente onde ocorrem, contribuindo para a redução do agravamento dos problemas sociais e econômicos nas regiões onde estão situados.

Desse modo, a geração de dados envolvendo estudos sobre a natureza e origem dos sais em solos de regiões semi-áridas, no Estado do Ceará, com influência nos processos citados, complementam os já produzidos (COELHO, 1983; 1986; 1988; COELHO & FERREYRA H., 1986 e MOREIRA, 1979, dentre outros), constituindo-se de fundamental importância regional.

Assim, foram objetivos deste trabalho a caracterização de sais solúveis em solos e rochas, o estudo das relações entre os solos Solonetz-solodizado e os Aluviais afetados por sais, a influência do material de origem na acumulação de sódio nos solos e as relações entre a rocha e os minerais de argila.

TABELA 1 - Esquema de ambiente geoquímico de solos afetados por sais

Ambiente	Principais tipos de sais acumulados	Tipo dominante de solo afetado por sais
Domo salino	NaCl	Solonchak
Marítimo	NaCl	Solonchak
Coluvial	Na_2SO_4 , NaHCO_3	Solonchak , Solonetz
Deltas fluviais	NaCl , Na_2SO_4 , NaHCO_3 , Na_2CO_3	Solonchak
Deltas secos	NaCl , Na_2SO_4	Solonchak , Solonetz
Planícies aluviais	Na_2SO_4 , NaCl , NaHCO_3 , Na_2CO_3	Solonchak , Solonetz
Terraços fluviais	NaHCO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , NaCl	Solonetz
Lagos salgados, pântanos	NaCl , Na_2SO_4 , Na_2CO_3	Solonchak

Fonte : SZABOLCS (1985)

TABELA 2 - Grupamento de solos afetados por sais: efeitos do(s) eletrólito(s), tipo de ambiente e principais efeitos adversos sobre a produção

Eletrólito(s) que causam salinidade e / ou alcalinidade	Tipo de solo afetado por sais	Ambiente	Principais efeitos adversos sobre a produção
Cloreto de sódio e sulfato (em casos extremos - nitrato)	Solo salino	Árido e semi-árido	Alta pressão osmótica da solução do solo (efeito tóxico)
Íons de sódio capazes de hidrólise alcalina	Solo sódico	Semi-árido, semi-úmido e úmido	pH alcalino; efeitos sobre as propriedades físicas do solo
Íons magnésio	Solos magnesianos	Semi-árido; semi-úmido	Efeito tóxico; alta pressão osmótica
Íons cálcio (principalmente CaSO_4)	Solos gipsíferos	Semi-árido; árido	pH ácido; efeito tóxico
Íons ferro e alumínio (principalmente sulfatos)	Solos sulfatados ácidos	Costa marítima; proximidade de lagunas com metais pesados; sedimentos contendo sulfatos	pH fortemente ácido; efeito tóxico

Fonte: SZABOLCS (1987)

2.1 - Origem dos Sais

2.1.1. Influência do material de origem

ORTEGA SASTRIQUES (1986) estudando as causas da salinidade em solos de Cuba, concluiu que sedimentos salinos formados sob condições de aridez, durante o Pleistoceno, são as principais fontes de sais nos solos cubanos.

MAHJOORY (1976), pesquisando solos afetados por sais no Irã, sugeriu que a origem dos sais está associada aos materiais de origem formados de sedimentos gipsíferos e saliníferos, os quais são carregados pelas águas e redepositados.

Estudos em solos Planossolo-solódicos no Estado do Rio Grande do Norte, efetuados por SAMPAIO et al., (1976), associaram a origem destes solos com a ocorrência de rochas, especialmente biotita-gnaiss e biotita-gnaiss-xisto.

TYUL'PANOV & MANUKOV (1981), concluíram que o sódio trocável nos solos das estepes áridas e semi-áridas da Caucásia, era herdado de loess.

WONGSOMSAK (1986), em estudos sobre solos com problemas de sais na Tailândia, estabeleceu que formações rochosas salinas expostas ou próximo à superfície dos solos, constituíam as principais fontes de sais nestes solos.

Na Austrália, pesquisadores citados por GUNN & RICHARDSON (1979), relacionaram a origem de sais nos solos ao intemperismo das rochas, notadamente as de origem marinha e lacustre, as quais cobrem grande extensões.

CARVALHO (1966), enumerou possíveis processos de salinização em solos, a partir da decomposição das rochas.

ORLOVSKY & EGOROV (1953), apud KOVDA & SAMOILOVA (1969), ressaltaram o papel importante exercido pelas rochas ígneas ácidas e sedimentares, ricas em feldspatos sódicos, na formação da salinidade sódica.

LEATHER (1897), apud RAYCHAUDHURI (1969), observou que sais prejudiciais aos solos são produtos da decomposição de rochas ígneas, sob condições naturais de intemperismo.

MAIANU (1986) associou a formação de solos afetados por sais, à contribuição do material de origem dos solos.

No Nordeste do Brasil, citações constantes em BRASIL (1973) e JACOMINE (1975a;1975b;1976), relacionam solos com excesso de sais de sódio (Planossolos-solódicos, Solonetz-solodizado e Aluviais Halomórficos Indiscriminados) à decomposição de rochas e sedimentos os mais variados, incluindo-se gnaisses, granitos, micaxistos, meta-siltitos, argilitos, arenitos e deposições holocênicas, de natureza areno-argilosas.

2.1.2 - Influência dos aerossóis

Na Austrália, pesquisadores citados por GUNN & RICHARDSON (1979), atribuíram a origem dos sais formados em áreas intemperizadas, solos halomórficos e lagos salgados, à ascensão de aerossóis inorgânicos trazidos pelas águas das chuvas, derivadas do oceano ou de fontes terrestres.

REBOUÇAS (1973), apud SANTIAGO (1984), pesquisando água de chuva, fez referência a que os sais de origem marinha são transportados e depositados continuamente na Região Nordeste do Brasil.

Estudos de TINKER (1967), apud SCOTT & SMITH (1979), fizeram referência a depósitos de quantidades significativas de sódio no interior da Inglaterra, em regiões afastadas do mar. Em oposição, LEAL (1967) afirmou não se justificar a contribuição de aerossóis, em grandes concentrações, em regiões do Nordeste do Brasil, distantes do litoral.

SALATI et al., (1971), apud LEOPOLDO et al., (1979), estudando a salinidade no Vale do Pajeú, PE, concluíram que os cloretos e outros constituintes das águas subterrâneas, não eram originados do intemperismo das rochas nem da dissolução de minerais, porém da contribuição da atmosfera (aerossóis).

SANTIAGO (1984), considerou a contribuição dos aerossóis, como a fonte de sais para as águas superficiais, sejam provenientes da água de chuva ou depositados nos solos e/ou transportados por lixiviação.

MONIZ et al., (1990), estudando diversas clas

ses de solos no Estado do Rio de Janeiro, associaram a concentração de sódio nos solos, menos por influência direta da água do mar, sugerindo contribuições via aerossóis.

2.1.3 - Clima como fator de concentração de sais

Solos salinos e alcalinos ocorrem sob variadas condições climáticas, tendo especial significância nas regiões mais secas do mundo. Um excedente da evaporação sobre a pluviometria pode condicionar a precipitação de sais solúveis nos solos, em algumas épocas do ano (ABTAHI et al., 1980).

BERGSETH (1985), estudando solos salinizados na Noruega, concluiu que baixos níveis de precipitação pluviométrica (250-400mm), temperaturas relativamente altas no verão e lençol frático próximo à superfície, condicionam a formação destes solos.

HORN et al., (1964), observaram que os solos Solonetz estão relacionados com regiões áridas e semi-áridas, onde se formam como resultado de baixas precipitações anuais, perda rápida de umidade por evaporação e lixiviação incompleta.

Efeitos adversos do clima caracterizados ora por precipitações pluviométricas escassas e/ou mal distribuídas, associadas a altas temperaturas, foram relatados por PEREIRA (1983), em estudos de solos afetados por sais no Nordeste do Brasil.

SCOTT & SMITH (1987) relataram que em condições de deficiência hídrica, como nas regiões áridas e semi-áridas, efeitos de salinidade e sodicidade de solos podem aumentar, em função da abundância de sódio dissolvido.

As condições de aridez contribuem para a acumulação de sais em solos e águas e, como resultado, a formação de solos afetados por sais em regiões desertas e semi-desertas é um fenômeno comum (SZABOLCS, 1985).

KOVDA & SAMOILOVA (1969) concluíram que solos alcalinos afetados por salinidade sódica distribuem-se largamente sobre a superfície terrestre e em diferentes condições climá

ticas.

A salinização dos solos é mais provável em regiões onde a taxa de evaporação é alta. Em áreas de rochas cristalinas no Nordeste do Brasil, a evaporação é a principal causa da salinização das águas superficiais e dos mananciais recarregados por elas (SANTIAGO, 1984).

Conclusões de LEAL (1966), apud SANTIAGO (1984), constaram de que a salinização das águas na Bacia Hidrográfica do Pajeú, PE, poderia ser atribuída a fatores diversos como o clima, litologia, tipos de drenagem e regime fluvial, destacando-se o clima como o maior responsável pela composição química das águas.

2.1.4 - Relevo como fator de acumulação de sais

SANCHEZ CAMAZANO et al., (1973) estudando solos da Depressão de Duero, concluíram que a formação de solos com problemas de sais requer um substrato impermeável e topografia aplainada, que dificultem a lavagem e lixiviação de sais pelas águas de drenagem.

WHITTIG & JANITZKY (1963) concluíram que os solos afetados por sais apresentam grande variação quanto às propriedades químicas e morfológicas, relacionada aos tipos de sais associados e a posição topográfica onde ocorrem.

Altos conteúdos de sódio trocável são frequentes em solos da planície dos pampas argentinos. Nas depressões, algumas vezes estão associados com sais solúveis, ao passo que nas partes medianas ou mais altas do relevo, aparecem como resíduo de processos intempéricos passados (ANDREOLI & PEINEMANN, 1986).

MAIANU (1986) concluiu que áreas de relevo deprimidas, como encontradas nas planícies aluviais, bacias fechadas, contatos entre encosta e a planície e as áreas aplainadas que circundam as lagoas, representam um fator importante para a ocorrência de solos com problemas de sais.

KOVDA et al., (1973) observaram, igualmente, que o processo de acumulação de sais dá-se, preferencialmente, em áreas planas,

bacias fechadas, proximidade dos rios e de áreas sujeitas à inundações.

Estudos de KHADER (1979) na Jordânia, associaram o escorrimento hídrico superficial com sais dissolvidos de encostas adjacentes, à acumulação de sais em solos sujeitos a inundações no rio Jordão.

JOHNSTON et al., (1980), estudaram solos da região Oeste da Austrália e concluíram que as formas de distribuição dos sais nos perfís e dentro de pequenas áreas, estão relacionadas com a topografia.

2.1.5 - Água como carreador de sais

MACLEAN & PAWLUK (1975), apud CARTER (1984), estudando solos Solonéticos no Oeste do Canadá, observaram que a gênese destes solos usualmente envolve a presença de águas subterrâneas salinas (alto conteúdo de sais), as quais influenciam os níveis de sódio trocável.

AL-JANABI & LEWIS (1982), estudando solos afetados por sais em Nebraska (EUA), concluíram que a presença de sódio nos solos eram mais influenciados pela proximidade das águas subterrâneas contendo sais em solução.

VALDIVIESO & CORDEIRO (1985), estudando perspectivas de uso das águas subterrâneas do cristalino no Nordeste do Brasil, observaram que as águas nesta região (caatinga) são escasas e contém teores altos a muito altos de sais dissolvidos, associados ao embasamento cristalino.

MELO et al., (1984), em estudos hidrogequímicos de aluviões no Médio/Alto Potengi, RN, classificaram as águas do aquífero como cloretado-sódicas. Acrescentaram que o confronto de mapas de zoneamento hidrogequímico com os perfís hidrogequímicos, indicaram a ocorrência de águas com diferentes concentrações salinas, sugerindo influências locais de fatores climáticos, geológicos e geomorfológicos, na qualidade das águas.

MOREIRA-NORDEMANN (1981), a partir de estudos geoquí

micos em alguns rios de bacias hidrográficas do Nordeste do Brasil, concluiu que as concentrações de sais em águas dos rios parecem estar, principalmente, associadas às condições climáticas regionais, sendo fortemente influenciadas por fatores pluviométricos e pela evaporação.

Conclusões estabelecidas em SALATI et al., (1971), citadas em LEOPOLDO et al., (1979), ratificam o observado por MOREIRA-NORDEMANN, anteriormente citada, admitindo associar a salinização de águas subterrâneas e pluviais no Nordeste do Brasil, ao mecanismo de evaporação, antes da recarga dos aquíferos.

Igualmente, EL-ASHRY et al., (1985) concluíram que a salinização das águas em regiões áridas e semi-áridas, estaria associada a dois principais processos primários: concentração e recarga dos sais.

CRUZ e MELO (1969), investigando a qualidade química das águas subterrâneas no Nordeste do Brasil, concluíram que estas encerram graus variados de mineralização. As águas ricas em cloreto de sódio, de maior distribuição e abundância, são as mais salinas e valores altos de resíduo seco são mais frequentes nas águas de rochas cristalinas. Acrescentaram que o clima, a natureza do aquífero (livre ou confinado), a circulação das águas e a geologia (citados em ordem de importância), são os principais fatores que explicam o fenômeno.

CHOUDARI & SHARMA (1984), afirmaram que a qualidade das águas correntes em regiões áridas, derivam-se dos sais de precipitações pluviométricas e das lavagens superficiais do solo. A geologia, o volume do fluxo e o ambiente em geral, são os fatores que controlam a quantidade dos sais dissolvidos e a composição individual dos íons.

2.1.6 - Aspectos de salinização secundária

Os aspectos relacionados a salinização secundária estão associados a erros resultantes de "ciclos antropogênicos" nas atividades econômicas do homem ou da ignorância das leis de acumulação de sais (SZABOLCS, 1979).

CASEY (1972), apud VAN DER MOLEN & VAN OMNEN (1988), fez referência a problemas de salinização secundária, a qual está relacionada a aplicação de grandes quantidades de água contendo solutos que se concentram por evaporação.

ORTEGA SASTRIQUES et al., (1986) alertaram para o problema de salinização secundária em Cuba, causada pelo uso de água de má qualidade e manejo inadequado, implicando em elevação do lençol freático, e de danos à rede de drenagem natural ou artificial.

QAYYUM & KEMPER (1962) observaram problemas de acumulação de sais na superfície e próximo à superfície dos solos, associadas à irrigação em regiões áridas e semi-áridas.

MCWILLIAM (1986) abordando os efeitos da importância de secas e salinidade sobre a produção agrícola, concluiu que a salinidade, ao lado das secas, constituem um dos mais antigos e mais graves problemas ambientais em todo o mundo; irrigação em excesso e drenagem inadequada são as principais causas associadas ao processo.

ZAVALETA (1969) associou a práticas intensivas de irrigação nos vales de altitude e ao uso de água subterrânea em áreas próximo à costa, como os principais fatores causadores da salinização e acumulação de sais alcalinos, no Peru.

SCOTT & SMITH (1987) em revisão sobre fontes, quantidades e formas de álcali elementos nos solos, concluíram que sob condições de irrigação em regiões úmidas, os movimentos de ascensão capilar e evaporação podem concentrar cátions alcalinos (tipicamente de sódio), na superfície do solos. Em solos solonéticos, o intemperismo não é suficiente para condicionar a retirada do sódio do perfil, fazendo-se concentrar em um horizonte nâtrico.

Dados levantados por GOES (1978) indicaram que entre 20 e 25% dos solos aluviais situados em projetos de irrigação no Nordeste do Brasil, estavam comprometidos com problemas de salinidade. MILLAR & CORDEIRO (1978) estudando estes solos aluviais, observaram predominância de solos sódicos e salinosódicos.

COELHO (1988) concluiu que a drenagem deficiente nestes solos é predominante e uma série de fatores condicionam a

possibilidade de ocorrência de níveis elevados de lençol freático, aumentando o risco de salinização e sodificação, tendo sido observado o agravamento do problema, sob condições de irrigação.

DREGNE (1976) em revisão sobre solos de regiões áridas, abordou aspectos da influência antrópica sobre salinização de solos e concluiu que práticas de manejo mal conduzidas têm concorrido para a salinização em áreas irrigadas no mundo.

WILDING et al., (1963), estudando solos Solonéticos em Illinois, alertaram para a questão da redistribuição diferencial e a segregação de produtos solúveis do intemperismo na concentração de sais, em particular, sob irrigação.

SCHAFFER (1980) indagou quanto à responsabilidade em relação ao manejo de solos sob irrigação, citando o caso do rio Colorado (EUA), onde foi observado um considerável aumento na concentração de sais, por super-utilização das águas e o efeito do retorno das águas de drenagem contendo altos conteúdos de sais.

PECK (1978), apud JOHNSTON (1987), associou a salinização secundária de rios e solos da região oeste da Austrália, a alterações no regime hidrológico natural provocado, principalmente, por ações antrópicas relacionadas à substituição da floresta nativa para uso agrícola.

WILLIAMSOM (1986) em estudos hidrológicos em solos afetados por sais na Austrália, ratificou o estabelecido em PECK op. cit., associando a remoção da vegetação nativa para o desenvolvimento de agricultura de sequeiro e o manejo de terras irrigadas, como responsáveis por salinização secundária naquele País.

2.2 - Natureza dos sais

Há muito foi estabelecido que os efeitos indesejáveis sobre as propriedades dos solos afetados por sais, estão associados ao sódio trocável e acumulação de sais de sódio, principalmente, em regiões áridas e semi-áridas (BRESLER et al., 1982;

SHAINBERG & LETEY, 1984; COELHO, 1983).

Os elementos alcalinos formam compostos muito solúveis. As maiores concentrações de cátions alcalinos solúveis encontrados em solos afetados por sais, são de sódio (BRESLER et al.. 1982) e a sua distribuição entre os minerais é atribuída não somente ao seu tamanho mas, também, à sua abundância e extrema solubilidade dos seus sais, sendo os feldspatos a principal fonte de sódio na crosta terrestre (SCOTT & SMITH, 1987).

O conteúdo de materiais alcalinos em Alfisols é relativamente alto, dado que contém grandes quantidades de minerais pouco intemperizados, sendo que os Aridisols contém as mais altas concentrações de elementos alcalinos (SCOTT & SMITH, 1987).

A hidrologia, ao lado da hidrogeologia e da geomorfologia de uma dada área, tem substancial importância sobre a migração de sais em águas e terras. Os efeitos integrados dos fatores ambientais determinam a tendência da migração dos sais e o balanço de produtos solúveis acumulados nas camadas de solos (SZABOLCS, 1985).

SZABOLCS (1979, 1987) apresentou, de modo sumarizado, os principais grupamentos de solos afetados por sais (TABELA 1), destacando-se dois grupos principais:

- . solos associados a sais neutros de sódio (principalmente, cloretos e sulfatos de sódio);
- . solos afetados por sais de sódio capazes de hidrólise alcalina (principalmente NaHCO_3 , Na_2CO_3 e Na_2SiO_3).

Embora seja evidente que a natureza dos vários sais de sódio não ocorrem absolutamente separados nos solos, na maioria dos casos, ambos, os sais neutros de sódio e os capazes de hidrólise alcalina, exercem uma influência dominante sobre os processos de formação dos solos e suas propriedades.

Dois principais fatores, o clima e a geoquímica ambiental, estão altamente associados e determinam que tipo(s) de sal(is) deverá(ão) prevalecer no processo e magnitude da salinidade e/ou alcalinidade.

SZABOLCS (1985), sobre planícies aluviais de regiões áridas, observou uma acumulação preferencial de Na_2CO_3 e NaCl , resultando em solos Solonchak; em regiões mais úmidas a

acumulação de Na_2CO_3 e NaHCO_3 prevalece, associada com solos Solonetz.

Estudos de GUNN & RICHARDSON (1979) em solos afetados por sais na Austrália, mostraram que contém quantidades significativas de sais solúveis, predominantemente, cloreto de sódio.

A maioria dos trabalhos técnicos disponíveis, particularmente os relacionados à irrigação, associam os problemas de salinidade à influência do NaCl e do Na_2SO_4 . No entanto, em muitas regiões, os íons de sódio capazes de hidrólise alcalina prevalecem (SZABOLCS, 1985).

YAALON (1965), apud MACKEAGUE & ARNAUD ST., (1969), postularam que os sais solúveis dominantes em solos com problemas de sais são, usualmente, cloretos e sulfatos de sódio e de magnésio, sendo que os cloretos apresentam maior mobilidade em relação aos sulfatos.

Abordando a ocorrência de sais em solos salinos e sódicos, DREGNE (1976) estabeleceu que os sais do solo são misturas de uma grande variedade de materiais solúveis, entre os quais os cloretos e sulfatos são dominantes.

SANDOVAL & REICHMAN (1971) estudando propriedades de solos Solonéticos (sódicos) em North Dakota (EUA), concluíram que os principais sais solúveis (em ordem decrescente de ocorrência) foram os sulfatos de sódio, magnésio e cálcio.

FULLERTON & PAWLUK (1987) pesquisando o papel dos sais sazonais e do fluxo de água na gênese de horizonte B Solonético, estabeleceram que o processo de solonização neste solo foi atribuído ao transporte de sais, principalmente, NaHCO_3 e Na_2SO_4 .

YADAV (1981) caracterizando solos afetados por sais na Índia, concluiu que as propriedades dos solos mais representativos mostraram grandes variações entre as regiões estudadas: nas planícies Indo-Gangeticas, predominaram carbonatos e bicarbonatos de sódio; em solos das regiões áridas e semi-áridas, predominaram cloretos, sulfatos e, eventualmente, carbonatos e nas zonas costeiras, cloretos e sulfatos de sódio.

COELHO & FERREYRA H., (1986) e FERREYRA H. & COELHO (1984), estudando solos afetados por sais (Aluviais e Alu

vial v \acute{e} rtico), em regi \tilde{o} es tipicamente semi- \acute{a} ridas, no Estado do Cear \acute{a} , concluíram que o s \acute{o} dio e cloretos foram os íons do minantes, enquanto sulfatos e bicarbonatos ocorreram em pequenas quantidades, mostrando-se, ainda, ausência de carbonatos.

DARAB (1981) estudando a importância de compostos de s \acute{o} dio na formação e propriedades de solos afetados por sais, mostrou que entre os sais de s \acute{o} dio, o cloreto de s \acute{o} dio é o mais móvel dos sais solúveis e são parcialmente de origem magmática e parcialmente produtos do intemperismo de rochas cristalinas.

MOHR & VAN BAREN (1958), apud MOREIRA (1979), estudando solos alcalinos, verificaram que o cloreto de s \acute{o} dio, sulfato de s \acute{o} dio ou o carbonato de s \acute{o} dio, são responsáveis por distintas características destes solos.

2.3 - Minerais de argila

A frequência da distribuição dos minerais nos solos varia com a intensidade dos fatores de formação; o material de origem fornece o grupo de minerais que, por sua vez, influem na mineralogia do solo, pela sua suscetibilidade relativa à intemperização química.

Os processos e a sequência de alteração dos materiais primários são pouco conhecidos para os solos das regiões tropicais e subtropicais, porque a composição e a gênese dos mesmos têm sido pouco estudados em comparação com os solos das regiões temperadas (KAMPF & KLANT, 1978).

BUOL (1965), estudando processos e fatores de formação de solos em regiões \acute{a} ridas e semi- \acute{a} ridas, concluiu que a mineralogia das argilas nestas regiões é mais provavelmente controlada pelo material de origem do que pelo intemperismo durante a pedogênese.

JACKSON (1965), estudando transformações de argilas durante o quaternário, observou que restrições à drenagem, topografia, textura e evaporação de água, influenciadas pelo clima e microclima, estão associados com a formação de montmori

lonita, a partir da acumulação de Si e outros constituintes es s enci ais.

JACKSON (1959), apud VIANI et al., (1983), postulou que a acumulação e concentração de esmectita em sedimentos alu v iais são comuns em regiões semi-áridas, como resultado de ero s ão diferencial e concentração de sedimentos de textura fina.

VINAYAK et al., (1984), estudando mineralogia de argi la de solos afetados por sais em planícies aluviais, da Índia, concluíram que a il ita foi o argilomineral dominante, sendo a esmectita o mineral secundário de destaque; quantidades meno res de clorita e caulinita estavam presentes, associando à dre na gem imperfeita, a transformação de il ita em montmorilonita.

MONIZ et al., (1976), estudando Solonetz-solodizados e Planossolos-solódicos, no Estado do Mato Grosso, concluíram que os solos apresentaram teores semelhantes de montmorilonita, caulinita e alofana; a montmorilonita estava associada ao impe d imento à drenagem, favorecendo a concentração de íons bivalen tes e alta relação Si/Al, ratificando observações de GRIM, em 1968, de que a disponibilidade de magnésio em quantidades abun d antes, é o fator mais importante para a formação de montmori lon ita.

COELHO (1988), estudando solos Aluviais afetados por sais, no Estado do Ceará, identificou vermiculita como o argi lomineral predominante e observou ocorrência de caulinita /meta haloisita e muscovita, bem como a presença de montmorilonita na fração argila destes solos.

SILVA (1988), estudando solos Aluviais com problemas de sodicidade, concluiu que a fração argila de três amostras estudadas, era constituída por uma mistura, na qual predomina vam vermiculita e montmorilonita, mica ou il ita, seguidas de caulinita e quartzo.

3 - DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

3.1 - O Meio Físico

A área estudada caracteriza-se por ser uma região uma região semi-árida quente, com grande irregularidade na distribuição das chuvas, apresentando vegetação típica de caatinga. Predominam as formações cristalinas e cristalofilianas sobre as sedimentares, sendo o relevo, predominantemente, suave ondulado e plano.

Abrange parte dos municípios de Morada Nova, Quixadá, Ibicuitinga e Banabuiú, no Estado do Ceará (FIGURA 1), em um trecho entre a CE-046 (Ibicuitinga) e a margem esquerda do rio Banabuiú (Sitiá/Juazeiro de Baixo), compreendido entre as coordenadas 4°58' e 5°11' de latitude Sul e 38°33' e 38°39' de longitude, à Oeste de Greenwich.

3.1.1 - Geologia

Segundo a CPRM (1983), predomina a unidade litoestratigráfica PI(B), sem denominação e, cronologicamente, associada ao Proterozóico Inferior. Observam-se migmatitos gnaisses diversos, encerrando corpos de anfibolitos, metabasitos, rochas calcissilicáticas, quartzitos e metaultrabasitos subordinados (FIGURA 2), onde ocorrem os solos Solonetz-solodizados (perfil 2).

Uma faixa de cobertura sedimentar de espriamento aluvial (Formação Barreiras), de idade Plio-Pleistocênica e associada à Unidade TQc (CPRM, 1983), destaca-se na área em estudo ocorrendo, neste ambiente, solos Solonetz-solodizado (perfil 1) e Regossolos Eutróficos. Litologicamente, relaciona-se a sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, de tons variados, localmente cascalhosos e laterizados na base.

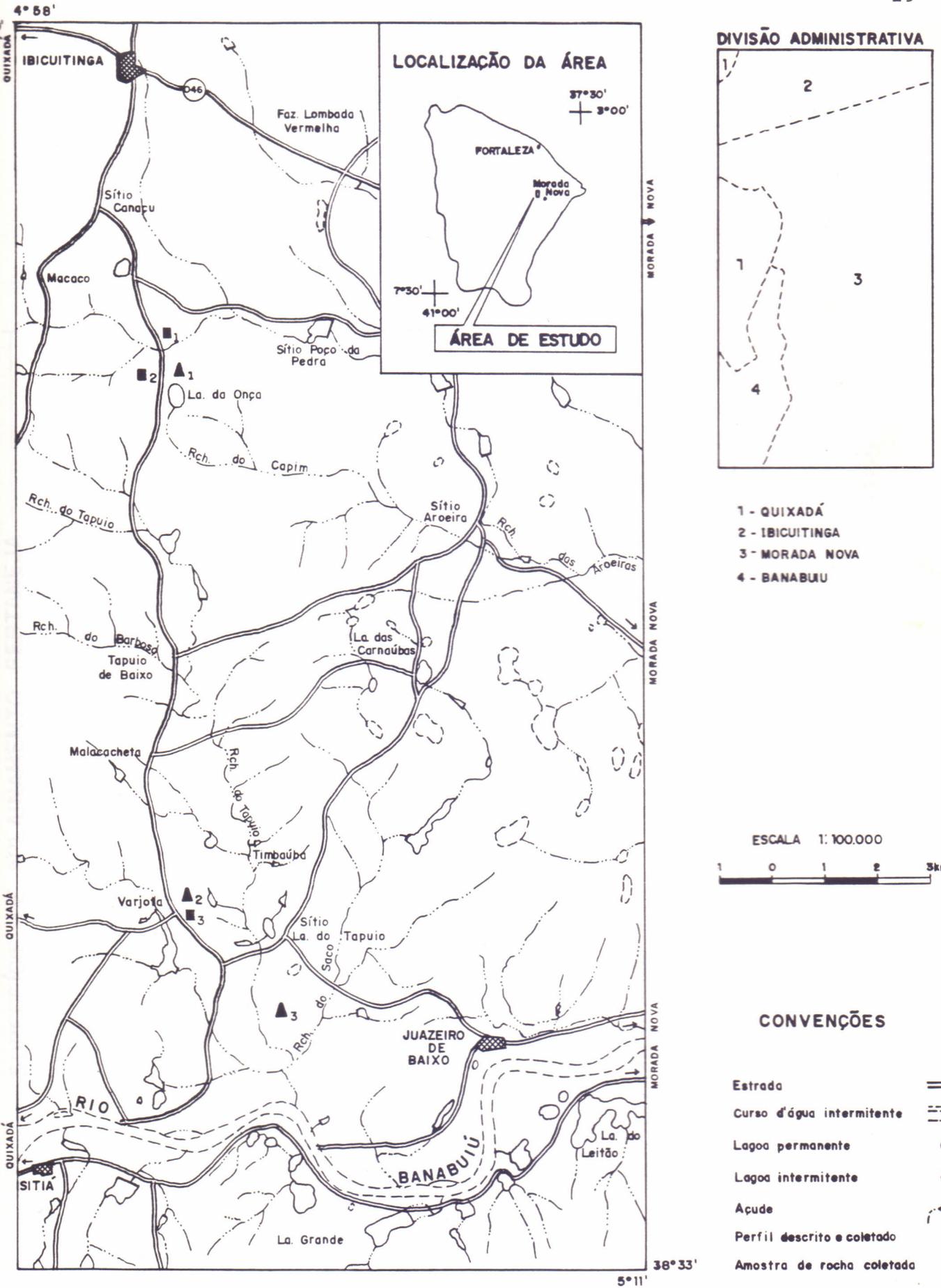
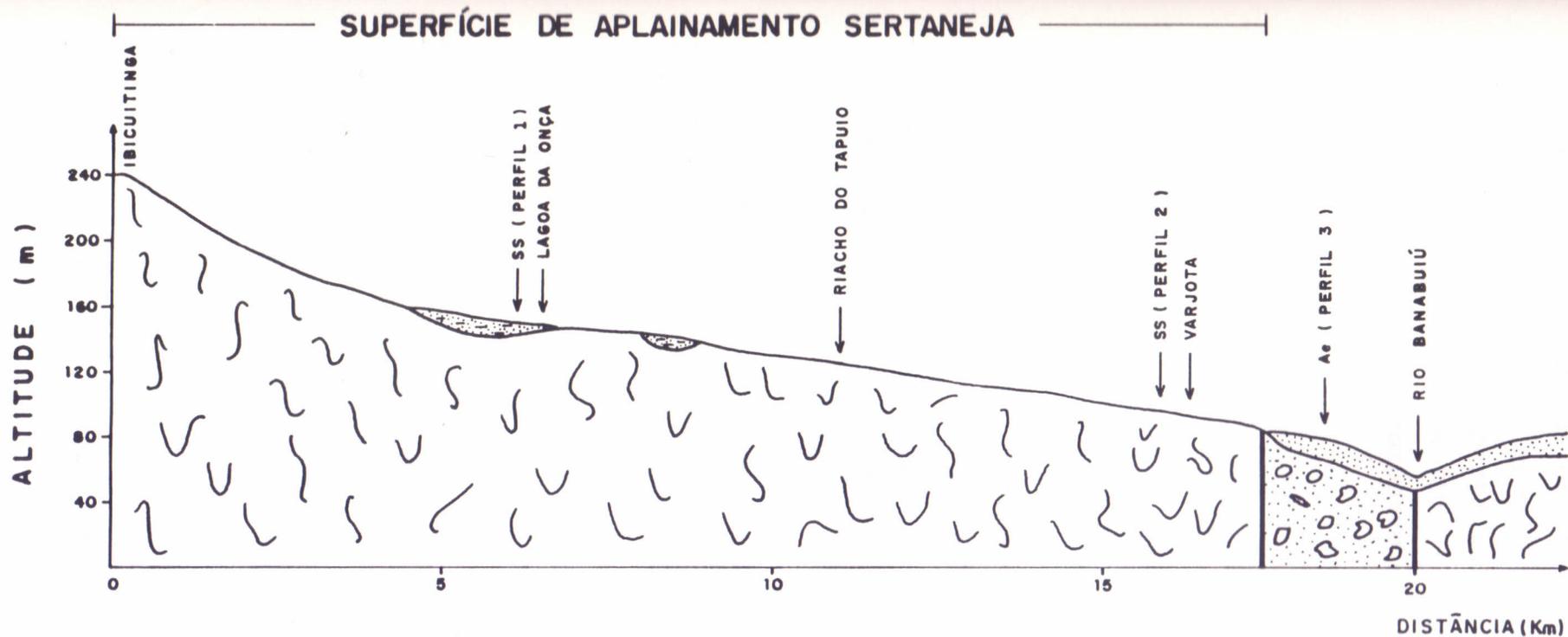


FIGURA 1 - Localização da área de estudo e locais de amostragem de solos e rochas



UNIDADES CRONOGEOLÓGICAS

- HOLOCENO - QH_a
- PLIOCENO / PLEISTOCENO - TQ_c
- CAMBRIANO - PP_{ia}
- PROTEROZÓICO INFERIOR - PI(B)

SOLOS

- SS - SOLONETZ - SOLODIZADO
- Ae - SOLO ALUVIAL SÓDICO

FIGURA 2 - Perfil geológico com a localização dos perfis de solos e localidades de referência (corte no sentido Ibicutinga/Sitiã-Juazeiro de Baixo)

O ambiente de ocorrência do solo Aluvial sódico tem idade Quaternária (Holoceno) e associa-se à Unidade QHa (Sedimentos aluviais, localmente coluviais). Esta Unidade repousa sobre um dique (Unidade PPia - Formação Iara e litocorrelatos), de idade Cambriana e composto de conglomerados polimictos brechóides (FIGURA 2).

3.1.2 - Relevo

Envolve uma porção da grande "Depressão Sertaneja", onde as áreas deprimidas do sertão se evidenciam através de rampas suavemente inclinadas (glacís), com caimento topográfico se orientando no sentido do fundo do Vale (rio Banabuiú), onde formam os terraços e planícies aluviais (SOUZA et al., 1979).

Predominam superfícies de pediplanação, resultantes de um sistema erosivo intenso. Processos físicos do intemperismo são mais atuantes que os químicos, tendo os últimos uma ação restrita ao curto período chuvoso (BRASIL, 1973). Observa-se, no entanto, que o caráter das chuvas se reflete no escoamento superficial rápido e violento das enxurradas, constituindo-se o agente de ablação (desnudação da superfície dos solos) mais eficiente neste sistema morfogenético (SILVA, 1986).

3.1.3 - Clima

Predominam os tipos 4 aTh de Gaussen e o BSw'h' de Koeppen, ou seja semi-árido muito quente. A estação chuvosa se atrasa para o outono, as chuvas são irregulares, com a estação seca se prolongando, por vezes, até 10-11 meses (BRASIL, 1973), sendo a variabilidade da precipitação diretamente relacionada a anomalias nos padrões de circulação atmosférico-oceânica, de grande escala, em ambos os hemisférios (AOUAD, 1986).

Dados constantes em SUDENE (1986) e OLIVEIRA (1986), mostram que as precipitações pluviométricas (médias anuais) va

riam entre 744 e 756mm (Morada Nova), 869mm (ibicuitinga) e no distrito de Sitiã, em Banabuiú, 716mm, destacando-se a grande variação entre os valores médios de máxima e de mínima, mensais e anuais (TABELAS 3 e 4).

O período mais úmido se concentra entre os meses de fevereiro e maio, a temperatura média é de 28,0°C (máxima de 28,8°C-JAN, em Morada Nova e mínima de 25,9°C-JUN, em Sitiã) , sendo que somente os meses de março, abril e maio, não apresentam, déficits hídricos (TABELA 4).

Estes dados permitem observar que os valores de precipitação pluviométrica (média anual) conferem a esta área uma condição úmida para os padrões de região semi-árida. No entanto, a eficiência da precipitação é baixa, dado que as temperaturas médias são altas.

3.1.4 - Hidrografia

A área está enquadrada na grande bacia do rio Jaguaribe, parte integrante da sub-bacia do rio Banabuiú, sendo este o principal rio da sub-bacia citada.

A área é constituída de alguns açudes e riachos temporários, destacando-se o das Aroeiras, do Capim, do Saco e o riacho do Tapuio, o qual limita os municípios de Morada Nova e de Banabuiú (FIGURA 1), constituindo um padrão de drenagem predominantemente dendrítico.

Uma avaliação geral da área, a partir de imagem do satélite LANDSAT-5 TM, mostra um número expressivo de lagoas intermitentes e permanentes, distribuídas às margens do rio Banabuiú (Lagoa Grande e do Leitão, dentre outras), sendo abundantes na Formação Barreira (Unidade TQc) degradada (SUDENE-ASMIC, 1967), destacando-se a Lagoa da onça e das Carnaúbas, dentre outras (FIGURA 1).

TABELA 3 - Valores médio, máximo e mínimo de precipitação pluviométrica (médias mensais), referentes às sedes dos municípios de Morada Nova e Ibicuitinga, no Estado do Ceará

Valores	Meses												TOTAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
- Posto: Morada Nova-CE/ (5^o06' S/38^o23' W Gr.) - Alt. 50m - (Dados até 1976)													
MÉDIA	78,0	114,5	198,0	169,9	100,6	45,0	16,1	3,4	2,4	1,0	4,0	18,4	755,6
MÁXIMA	305,0	441,0	436,9	468,3	358,2	197,7	102,4	52,0	47,0	28,5	63,5	121,0	1.630,4
MÍNIMA	0,0	0,0	10,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	144,6
Nº DE ANOS COM DADOS	65	65	65	65	65	65	65	65	64	64	64	64	64
- Posto: Ibicuitinga-CE/ (4^o58' S/38^o39' W Gr.) - Alt. 230m - (Dados até 1984)													
MÉDIA	84,8	131,4	225,0	184,4	130,4	56,2	24,1	7,5	1,9	4,3	4,6	13,5	868,7
MÁXIMA	333,5	562,0	603,0	482,8	499,0	207,0	73,5	56,0	15,0	29,6	34,6	66,8	2.399,2
MÍNIMA	0,0	9,6	60,8	39,4	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	332,3
Nº DE ANOS COM DADOS	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

FONTE : SUDENE/DRN/HM - Banco de Dados Hidroclimatológicos do Nordeste (Sistema de Pluviometria), edição 25.Jul.1986 .

TABELA 4 - Balanço hídrico segundo Thornthwaite (umidade do solo na capacidade de campo, 125mm), para os municípios de Morada Nova e Sitiá, no Estado do Ceará

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Localidade - Morada Nova (CE)													
TEMP. (°C)	29,8	28,3	27,8	27,4	27,2	26,1	26,4	27,2	28,4	29,1	29,4	29,4	28,0
ETP (PE)	171	143	152	143	144	117	127	145	150	164	162	168	1768
PREC. (P)	71	120	196	172	102	41	14	3	2	1	5	17	744
ARMAZTO	0	0	44	73	31	16	7	2	1	0	0	0	-
EVAP. REAL	71	120	152	143	144	56	23	8	3	2	5	17	744
DEFICIT	100	23	0	0	0	61	104	137	147	162	157	151	1042
EXCEDENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Localidade - Sitiá (CE)													
TEMP. (°C)	28,7	28,2	27,6	27,4	26,5	25,9	26,4	27,1	28,2	29,2	29,1	29,3	27,8
ETP (PE)	162	142	150	143	139	114	128	144	149	164	160	167	1762
PREC. (P)	47	120	193	174	112	36	15	1	0	0	4	14	716
ARMAZTO	0	0	43	74	47	25	10	3	1	0	0	0	-
EVAP. REAL	47	120	150	143	139	58	30	8	2	1	4	14	716
DEFICIT	115	22	0	0	0	56	98	136	147	163	156	153	1046
EXCEDENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte : OLIVEIRA (1986), dados não publicados.

3.1.5 - Solos

Os solos em estudo exibem diversos grau de pedogênese, variando desde sedimentos jovens indiferenciados (Entissoles) nas planícies inundáveis do rio Banabuiú, até os que apresentam maior desenvolvimento, com horizontes B nátricos (Aridissoles), os quais ocorrem em níveis mais elevados e nos terrenos próximos à faixa aluvial.

Os solos Solonetz-solodizados ocorrem em ambiente associado com o solo Regossolo Eutrófico (perfil 1) e sob domínio da unidade de mapeamento PL₆ (2º componente), em associação com Planossolos solódicos e Litólicos Eutróficos; o solo Aluvial sódico (perfil 3) surge em ambiente referido à unidade Ae₄, formando uma associação complexa com Solos Halomórficos Indiscriminados, Vertissolos e Planossolos solódicos (BRASIL, 1973).

Na área ocorre eventual rochiosidade; pode-se constatar, também, pedregosidade, geralmente constituída de calhaus de quartzo, de tamanhos diversos (pavimento desértico), porém não em quantidade suficiente para constituírem, localmente, fases de pedregosidade e rochiosidade.

3.1.6 - Vegetação

A caatinga hiperxerófila é a formação vegetal que ocupa a quase totalidade da área; predominantemente arbustiva e pouco densa, sofre influência direta do clima, exibindo um alto grau de xerofitismo, tendo como característica principal a caducidade foliar. As espécies mais comuns são a catingueira (Caesalpinia pyramidalis), sabiá (Mimosa caesalpiniaefolia), mo fumbo (Cobretum leprosum), marmeleiro (Croton sincorensis) e xique-xique (Pilosocereus gounellei), dentre outras (BRASIL, 1973).

As áreas de terraços e planícies fluviais onde ocorrem o solo Solonetz-solodizado (perfil 2) e o solo Aluvial sódico (perfil 3), são caracterizadas por faixa transicional caa

tinga/floresta ciliar de carnaúba, em contato com os campos xerófilos onde, ao lado das espécies anteriormente citadas, destaca-se a presença de carnaubeiras (Copernicia cerifera).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Material

4.1.1 - Cartas, mapas e imagens

Para fins de avaliação preliminar da área em estudo e orientação ao trabalho de campo, foram utilizados mapas planialtimétricos referentes às Folhas ITAPIÚNA - SB.24-X-A-IV (BRASIL,1984) e BANABUIÚ - SB.24-X-C-I (BRASIL,1982) , escala 1:100.000, e a carta planialtimétrica do município de Morada Nova-CE, escala 1:150.000, elaborada pela SUDEC(1980).

Foram analisados mapas temáticos referentes a solos (BRASIL,1973), escala 1:600.000 e geologia (CPRM,1983), escala 1:500.000, além de imagem em fotografia do satélite LANDSAT 5 TM, órbita 216/064 A, nas bandas 2, 3 e 4, escala 1:250.000 , referente a passagem em 26.Jul.84, processada pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE.

4.1.2 - Solos e rochas

Foram coletadas três amostras de rochas e dezessete de solos, sendo às ultimas associadas ao resultado de observações em minitrincheiras, relacionadas a estudos em dois perfís de solo Solonetz-solodizado e um perfil de solo Aluvial sódico.

Em viagem de reconhecimento foram definidos os locais de amostragem de solos e rochas, sendo escolhidos pontos altimétricos distintos. Os locais de amostragem encontram-se na FIGURA 1 e as descrições morfológicas dos solos, nos ANEXOS.

4.2 - Métodos

4.2.1 - Prospecção em solos e rochas

A metodologia empregada para a descrição e coleta de amostras de solos e de rochas, seguiu as orientações contidas em LEMOS & SANTOS (1984).

A atualização quanto aos critérios para a distinção de classes de solos e definição e notação de horizontes e camadas de solos, foram efetuadas de acordo com CARVALHO et al., (1988) e OLMOS, I. L., J. et al., (1988).

4.2.2 - Análises de solos

Os métodos analíticos (físicos e químicos) empregados na caracterização dos solos, seguiram as normas estabelecidas no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1979) e as análises realizadas no Laboratório de Solos (UFC/CCA).

Quanto às análises mineralógicas (difração de raios X), foi empregada metodologia estabelecida por JACKSON (1969), citada em estudos por MOREIRA (1979) e SILVA (1988), incluindo se os pré-tratamentos para remoção de sais solúveis, dos cátions divalentes trocáveis, dos agentes cimentantes, da matéria orgânica e dos óxidos de ferro e de manganês livres. A fase 1, dos pré-tratamentos, foi desenvolvida no laboratório de solos (UFC/CCA), anteriormente citado, cabendo à fase 2, a realização no laboratório de mineralogia (USP/ESALQ).

4.2.2.1 - Análises físicas e químicas

- . Fração $\geq 2\text{mm}$ (cascalhos e calhaus) e $< 2\text{mm}$ (terra fina) - seca gem da amostra total, destorroamento com rolo de madeira, ta misação em peneira de furos circulares de 2mm e percentagem

gem por peso obtida por determinação gravimétrica.

- . Composição granulométrica da terra fina - dispersão com hexa metafosfato de sódio, agitação de alta rotação, sedimentação; areia grossa e areia fina separadas por tamisação, silte e argila residuais separados por sedimentação, de acordo com a Lei de Stokes.
- . Argila dispersa em água - como o anterior, suprimindo o agente dispersante.
- . Grau de floculação - cálculo baseado na percentagem de argila e percentagem de argila dispersa em água, segundo determinações anteriores.
- . Densidade real - método do balão volumétrico, com emprego de álcool etílico.
- . pH em água - medição por eletrodo de vidro em suspensão solo H_2O , na proporção 1:1.
- . Bases trocáveis - Ca^{+2} e Mg^{+2} extraídos com KCl 1N e titulação por EDTA; K^+ e Na^+ extraídos com HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025 N e determinados por fotometria de chama. Das bases extraíveis foram deduzidos os quantitativos contidos nos sais solúveis, para a obtenção dos valores de bases trocáveis.
- . Soma de bases (valor S) - cálculo do somatório dos resultados das bases trocáveis.
- . Acidez - extraída com KCl 1N e titulada por NaOH 0,025N e azul-bromotil como indicador, sendo expressa como Al^{+3} trocável; H^+ e Al^{+3} extraídos com $Ca(OAC)_2$ 1N pH 7,0 e acidez titulada por NaOH 0,0606N e fenolftaleína como indicador; H^+ calculado por diferença.
- . Capacidade de troca de cátions - calculado do somatório dos resultados de bases trocáveis e acidez das determinações anteriores.
- . Percentagem de saturação por bases (valor V) - cálculo da proporção de bases trocáveis abrangidas na capacidade de troca de cátions, segundo determinações anteriores.
- . Percentagem de "saturação" por alumínio - cálculo da proporção

ção de alumínio trocável abrangido no somatório dos resultados de bases extraíveis e alumínio trocável, segundo determinações anteriores.

- . Percentagem de saturação por sódio - cálculo da proporção de sódio trocável abrangido na capacidade de troca de cátions , segundo determinações anteriores.
- . Carbono orgânico - oxidação, via úmida, com $K_2Cr_2O_7$ 0,4N e titulação pelo $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0,1N e difenilamina como indicador.
- . Matéria orgânica - estimada a partir do conteúdo de carbono orgânico, multiplicado pelo fator 1,724.
- . Percentagem de água na pasta saturada - cálculo da taxa percentual de água de saturação, contido em preparo pastoso produzido de terra fina.
- . Condutividade elétrica no extrato de saturação - Ca^{+2} , Mg^{+2} K^+ e Na^+ determinados por métodos similares aos das bases trocáveis; CO_3^{2-} , HCO_3^- e Cl^- por volumetria e SO_4^{2-} por turbidimetria.

4.2.2.2 - Análises mineralógicas

- . Remoção de sais solúveis e cátions divalentes troveis

Para cada amostra foram tomadas 20g de TFSA, colocadas em becker 600ml, adicionando-se 100ml de NaOAc 1N. Procedeu-se aquecimento em banho maria, a $70^\circ C$, por trinta minutos, deixando-se decantar e eliminando-se o sobrenadante. A operação foi repetida por três vezes para a eliminação dos sais solúveis.

- . Oxidação da matéria orgânica e eliminação de óxidos de manganês livres

Foi utilizado tratamento a base de peróxido de hidrogênio 30v, a uma temperatura entre $65-70^\circ C$. A operação foi submetida a sucessivas repetições, até a observação de ausência

de reação.

. Remoção de óxidos de ferro livres

Utilizou-se o método do ditionito-citrato - bicarbonato (DCB), de acordo com o estabelecido em MEHRA e JACKSON (1969), citado por MOREIRA (1979). Após o tratamento, as amostras foram lavadas com solução de NaCl 2,5%, por três vezes.

. Separação das frações, areia, silte e argila

Às amostras anteriormente tratadas, foi adicionada solução de Na_2CO_3 2%, agitando-se e separando-se a fração areia das frações silte e argila por tamisação, em peneira com malha de 0,053mm (ABNT 270). Em proveta de 1000ml coletou-se silte e argila em suspensão, completando-se o volume com água destilada.

Após sedimentação do silte, a suspensão de argila foi separada por sifonação e subdivididas em duas frações para posterior saturação com K^+ e Mg^{+2} .

. Preparação das amostras para análises

A saturação das argilas foi realizada equilibrando-se, por três vezes, soluções de KCl e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1N, tomadas em separado e retirando-se os sobrenadantes por centrifugação.

As amostras saturadas com KCl foram submetidas a lavagens sucessivas com metanol a 50% e acetona a 95%, com vistas à eliminação de cloretos, comprovando-se a ausência com AgNO_3 0,05N.

As amostras saturadas foram secas em estufa, a 40°C , e reduzidas ao tamanho de pó, com o auxílio de almofariz.

Em conjunto com as amostras de silte foram colocadas em frascos de vidro, etiquetadas e enviadas para análise no Laboratório de Mineralogia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), em Piracicaba (SP).

Foram obtidos resultados relativos às frações silte e argila, em um conjunto de onze amostras pré-selecionadas, sendo

do as argilas submetidas a tratamentos especiais.

As lâminas saturadas com K^+ , além do tratamento a $25^{\circ}C$, sofreram aquecimento a 350 e $550^{\circ}C$; as saturadas com Mg^{+2} , analisadas a $25^{\circ}C$, sofreram tratamento subsequente com etileno glicol.

As amostras saturadas com K^+ foram irradiadas no intervalo de 3 a $32^{\circ} 2\theta$ e as demais, no intervalo de 3 a $15^{\circ} 2\theta$; as amostras de silte foram irradiadas entre 3 e $62^{\circ} 2\theta$.

Os difratogramas foram obtidos com aparelho de raios X Rigaku Geigerflex, com registro gráfico, nas seguintes condições: radiação Cu K; potência 40Kv; corrente 20mA; velocidade de varredura, $2^{\circ}/min.$; velocidade do papel, $10mm/min.$; tempo constante 1 seg.; relação de contagem (cps), 800; fendas $1^{\circ} DS$, $0,15^{\circ} DS$, $1^{\circ} SS$; filtro Ni.

Resultados de difratogramas das frações silte e argila, de amostras selecionadas, são apresentados nas FIGURAS 3,4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

4.2.3 - Análises de rochas

A caracterização analítica das rochas envolveu um conjunto de análises petrográficas e químicas, parciais.

A identificação das rochas, quanto à natureza, foi executada em três amostras e a classificação estabelecida a partir de estudos em lâminas, usando-se microscópio petrográfico e realizadas no Laboratório de Análises Petrográficas e Mineralógicas - LPMIN (NUTEC/SEGEO), em Fortaleza (CE).

As análises tomaram por base avaliações em três seções delgadas e a classificação feita pela média das três seções analisadas.

Foram determinadas a textura das rochas (macroscópica e microscopicamente), efetuadas descrições mineralógicas dos componentes essenciais e acessórios e a distribuição percentual das espécies minerais correspondentes.

A caracterização química (parcial) envolveu a determinação dos íons solúveis e algumas propriedades associadas, utilizando-se os métodos anteriormente referidos e empregados aos extratos de saturação das amostras de solos, sendo usada uma relação solo-rocha, 1:1 .

Os resultados são apresentados nas TABELAS 8 e 9.

R598089.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Solos

5.1.1 - Características morfológicas

.Solonetz-solodizado

Apresentam-se moderadamente profundos, com sequência de horizontes A, B, C ou R, com profundidade A+B variando entre 100 e 116cm e apresentando mudança textural abrupta entre os horizontes E/2BA_{tn} (perfil 1) e E/2B_{tn1} (perfil 2).

São de textura arenosa (areia e areia franca), no horizonte A e de textura média (franco-arenoso e franco-argilo-arenoso), no horizonte B_{tn}.

O horizonte A é fraco (correspondendo ao "very weak ochric epipedon" da classificação americana de solos) em ambos os perfis, com espessura variando entre 48 e 53cm, subdivididos em A₁, A₂ e E, apresentando-se com coloração variada de tons brunados e acinzentados-claros, tendo o perfil 2 mostrando mosqueado comum, pequeno e distinto, nos horizontes A₂ e E, associados às condições de impedimento à drenagem. A estrutura mostrou-se variável, ora em grãos simples ora maciça que se desfaz em grãos simples; a consistência variou de solto a macio, quando seco, de solto a muito friável, quando úmido, não apresentando manifestações quanto à pegajosidade e plasticidade.

O horizonte B_{tn} possui espessura variável entre 52 e 63cm, coloração variada com tons igualmente brunados e acinzentados-claros, mostrando uma maior definição de desenvolvimento no perfil 2 (2B_{tn1} e 2B_{tn2}), em relação ao perfil 1, onde observou-se a ocorrência de um horizonte transicional 2BA_{tn}, seguido de um 2B_{tn}. O reflexo das condições extremas de impedimento à drenagem foi observado pela presença de mosqueado co

mum, pequeno e médio, distinto e, por vezes, difuso e proeminente, em quase todos os horizontes, excetuando-se o $2B_{tn2}$, do perfil 2. A estrutura é forte e média colunar que se quebra em blocos angulares e subangulares, podendo ser fraca pequena e média, como no horizonte $2BA_{tn}$ (perfil 1), observando-se ocorrência de cerosidade (?) pouca e fraca no horizonte $2B_{tn2}$, do perfil 2. A consistência é duro e extremamente duro, quando seco, variando de friável a firme e muito firme, quando úmido; no estado molhado, apresentou variações desde não plástico a plástico e de ligeiramente pegajoso a pegajoso, certamente associados à textura (predominantemente média leve) e à influência do sódio, no horizonte nátrico, mascarando parcialmente as manifestações de adesão e coesão nestes horizontes.

O perfil 1 está diretamente assentado sobre rocha biotita-granito (TABELA 8), enquanto que ao horizonte $2B_{tn2}$ (perfil 2), segue-se um horizonte C, bastante intemperizado e sob influência de rocha ígnea pegmatítica, de composição granítica (pegmatito com granada), (TABELA 8), apresentando cores o liváceas claras.

Alguns blocos de tamanho pequeno e médio, de natureza quartzo-feldspática, encontravam-se distribuídos na massa dos solos, em particular, nos horizontes $2B_{tn}$ (perfil 1) e E (perfil 2), certamente associados ao material de origem destes solos. Pequenas rachaduras foram identificadas nos horizontes $2BA_{tn}$ e $2B_{tn}$ (perfil 1), com penetrações de línguas de areia provenientes dos horizontes superiores, sugerindo atividade de argilominerais expansivos.

Uma linha de pedras constituídas de cascalhos e calhaus (seixos rolados) foi observada no perfil 1, predominando entre 107-116cm, ocorrendo sobre a rocha matriz. Tal ocorrência reforça a característica destes solos de apresentarem descontinuidade litológica, ratificando o estabelecido por MELO (1972), apud MOREIRA (1979), estando fortemente associada a eventos paleoclimáticos abordados por SOUZA et al., (1979); SILVA (1986); PINTO (1986) e MOREIRA, op. cit.

Importante observar que a descontinuidade litológica associa-se, também, a outras características e/ou observações indiretas, não sendo relacionada exclusivamente ao observado

anteriormente.

. solo Aluvial sódico

As características morfológicas dos solos aluviais variam bastante, de local para local e, por vezes, a pequenas distâncias (BRASIL, 1973; COELHO, 1988), sendo que neste perfil, o resgate dos atributos de natureza morfológica foi parcialmente prejudicado, considerando-se que a partir de 71cm, as camadas encontravam-se úmidas e, após 159 cm, molhadas.

De modo geral, compreende solo pouco desenvolvido, proveniente de deposições fluviais recentes (Holoceno), apresentando uma camada superficial A, seguida de uma transicional AC, assentadas sobre outras camadas estratificadas, com mudanças texturais abruptas ocorrendo entre as camadas AC/2C_{n1} e 2C_{n3}/3C_{n4}/4C_{n5}.

Apresentou-se profundo (A+C > 205cm), com textura predominantemente média, variando de franco-argilo-arenoso a areia, sendo a camada superficial fraca (very weak ochric epipedon).

A coloração cinzento-brunado-escuro predomina ao longo de perfil, observando-se ocorrência de mosqueado pouco e comum, pequeno e médio, distinto, nas duas primeiras camadas, associado a flutuações do lençol freático raso, tendo o estado de umidade atual contribuído, certamente, para encobrir evidências de mosqueamento nas demais camadas. Nestes solos, a ocorrência de lençol freático raso é comum e, uma vez associados a altas taxas de evaporação, como observado na região, condicionam o aumento do risco de salinização nestes solos (COE LHO & FERREYRA, H., 1986).

As evidências morfológicas, associadas aos resultados analíticos, sugerem as descontinuidades litológicas apresentadas, sendo típicas destes solos bastante estratificados.

Outras características dos perfis estudados, bem como as descrições morfológicas completas, são apresentadas, na íntegra, no segmento ANEXOS.

5.1.2 - Características físicas

Algumas características físicas dos solos estudados são apresentadas na TABELA 5 .

Em relação aos solos Solonetz-solodizado, observa-se um decréscimo, em profundidade, dos valores de areia total (a reia grossa + areia fina), excetuando-se nos horizontes E, de ambos os perfís, como esperado; a fração silte (perfil 1) mostrou variações em profundidade, apresentando valores decrescentes no perfil 2, com exceção ao último horizonte e a fração argila aumentou com a profundidade, excetuando-se nos horizontes E, nos dois perfís.

Os conteúdos de argila e argila dispersa em água apresentaram-se próximos, por vezes iguais, com reflexos sobre o grau de floculação destes solos, ocorrendo, para a última, valores nulos, em alguns horizontes. Altas concentrações de sódio e magnésio trocáveis, como observadas na TABELA 6 , explicam os baixos níveis de agregação deste solos, notadamente nos horizontes mais profundos. Estudos de KLAGES (1966) e de COELHO (1988), dentre outros, ratificam estas observações.

Os valores correspondentes à densidade de partículas apresentaram pequena variação, decrescendo normalmente em profundidade, exibindo comportamento semelhante ao das argilas, estando diretamente associados ao conteúdo destas.

Quanto ao solo Aluvial sódico, observaram-se variações de grande magnitude, naturalmente associadas às características de estratificação destes solos.

Assim, predominaram areias finas sobre as grossas e os valores de areia total são quase sempre superiores aos de silte e argila juntos; o silte apresentou valores mais elevados nas camadas superiores e os conteúdos de argila e argila natural apresentaram o mesmo comportamento, observando-se maior concentração nas camadas medianamente profundas.

Os percentuais relativos ao grau de floculação foram normalmente muito baixos (exceção à camada $3C_{n4}$) e decresceram em profundidade, atingindo, por vezes, valores nulos.

Os valores de densidade de partículas apresentaram pe

TABELA 5 - Características físicas e classificação textural dos solos estudados

Simbo- logia	Profun- didade (cm)	Composição Granulométrica (%)				Argila Dispersa Água (%)	Grau de Floculação (%)	Densidade de Partícula (%)	Classificação Textural
		Ar. Grossa (2,0 - 0,2 mm)	Ar. Fina (0,2 - 0,05mm)	Silte (0,05 - 0,002mm)	Argila (< 0,002mm)				
Solo 1 - Solonetz - solodizado									
A ₁	0-18	38	51	7	4	1	75	2,69	Areia
A ₂	18-30	41	37	16	6	2	67	2,69	Areia Franca
E	30-53	51	39	7	3	2	33	2,71	Areia
2B _{tn}	53-73	29	39	19	13	13	0	2,67	Fr. Arenoso
2B _{tn}	73-116 ⁺	27	37	12	24	23	4	2,57	Fr.Arg.Aren.
Solo 2 - Solonetz - solodizado									
A ₁	0-8	35	55	8	2	2	0	2,68	Areia
A ₂	8-18	48	43	5	4	2	50	2,68	Areia
E	18-48	53	40	4	3	2	33	2,66	Areia
2B _{tn1}	48-71	35	39	3	23	23	0	2,56	Fr.Arg.Aren.
2B _{tn2}	71-100 ⁺	29	36	10	25	21	16	2,51	Fr.Arg.Aren.
Solo 3 - Aluvial sódico									
A	0-15	7	54	32	7	6	14	2,61	Fr. Arenoso
AC	15-34	10	59	23	8	6	25	2,60	Fr. Arenoso
2C _{n1}	34-71	8	40	33	19	17	11	2,56	Franco
2C _{n2}	71-134	6	51	21	22	21	5	2,61	Fr.Arg.Aren.
2C _{n3}	134-159	8	39	29	24	23	4	2,54	Franco
3C _{n4}	159-190	44	52	3	1	0	100	2,68	Areia
4C _{n5}	190-205 ⁺	44	37	3	16	16	0	2,60	Fr. Arenoso

quena variação comportando-se, igualmente, à semelhança das argilas.

As observações quanto à influência do sódio e do magnésio trocáveis, citadas anteriormente, são igualmente válidas para este solo.

5.1.3 - Características químicas

As características químicas dos solos estudados são apresentadas na TABELA 6 e a composição química dos principais íons solúveis (no extrato de saturação) e propriedades associadas foram determinadas, sendo os resultados sumarizados na TABELA 7. Foram considerados, apenas, os íons Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} e SO_4^{2-} , por apresentarem maior concentração na solução dos solos com problemas de sodicidade ou salinidade.

De acordo com a TABELA 6, constata-se que nos solos Solonetz-solodizados, os teores de cálcio e de magnésio trocáveis aumentaram em profundidade, constituindo valores médios a baixos (máximos de 2,2 e 4,4 mE/100g de solo, respectivamente); nos Aluviais sódicos concentram-se nas camadas medianamente profundas, do perfil 3, apresentado valores mais elevados (máximo de 4,4 mE/100g de solo, para o cálcio), atingindo 10,0 mE/100g de solo para o magnésio. Nos três solos, a relação Ca Mg é inferior à unidade, com exceção da amostra AC, do perfil 3.

O potássio trocável apresentou valores muito baixos, no entanto distribuiu-se regularmente nos três perfís. O sódio trocável comportou-se à semelhança do cálcio e magnésio trocáveis, atingindo valores máximos de 4,30; 2,70 e 4,77 mE/100g de solo, nos perfís 1, 2 e 3, respectivamente. Sua participação relativa destaca-se por conferir a estes solos a propriedade sódica, especificando distinção de saturação por sódio superior a 20%, nos horizontes B ou C (CARVALHO et al., 1988).

O alumínio e o hidrogênio apresentaram-se em concen

TABELA 6 - Características químicas dos solos estudados

Simbologia	pH (H ₂ O) 1:1	CE (mmhos/ cm.25°C)	C	M.O.	Cátions Solúveis				Cátions Trocáveis					H ⁺	S	T	Saturação		
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³				Bases	Na ⁺	Al ⁺³
					mE/100g														
					%										%				
Solo 1 - Solonetz - solodizado																			
A ₁	5,5	0,2	0,31	0,53	-	-	-	-	(0,8)	0,05	0,08	0,1	1,1	0,9	2,1	43	4	10	
A ₂	5,0	0,3	0,42	0,73	-	-	-	0,1	(0,9)	0,08	0,02	0,3	1,6	1,0	2,9	34	1	23	
E	5,4	0,2	0,24	0,41	-	-	-	-	(0,7)	0,05	0,09	0,1	0,7	0,8	1,6	50	6	11	
2B _{tn}	6,3	2,9	0,26	0,46	-	0,1	-	0,8	0,7	1,5	0,04	0,70	0,0	0,7	2,9	3,6	81	19	0
2B _{tn}	8,2	1,6	0,13	0,22	0,1	0,1	-	1,1	2,2	2,9	0,06	4,30	0,0	0,0	9,4	9,4	100	46	0
Solo 2 - Solonetz - solodizado																			
A ₁	6,4	0,3	0,26	0,45	-	-	-	0,1	(0,5)	0,10	0,02	0,0	0,3	0,6	0,9	67	2	0	
A ₂	5,9	0,1	0,29	0,50	-	-	-	-	(0,5)	0,04	0,05	0,1	0,2	0,6	0,9	67	6	14	
E	6,2	0,1	0,17	0,29	-	-	-	-	(0,4)	0,04	0,05	0,0	0,3	0,5	0,8	63	6	0	
2B _{tn1}	6,5	1,9	0,18	0,32	-	0,1	-	0,6	1,3	2,8	0,04	0,89	0,0	0,2	5,0	5,2	96	17	0
2B _{tn2}	7,9	3,9	0,15	0,25	-	0,2	-	1,5	1,8	4,4	0,15	2,70	0,0	0,0	9,1	9,1	100	30	0
Solo 3 - Aluvial sódico																			
A	5,6	0,4	0,40	0,68	-	-	-	0,1	1,0	1,6	0,22	0,21	0,2	1,2	3,0	4,4	68	5	6
AC	5,9	0,6	0,24	0,41	-	-	-	0,1	1,9	1,7	0,14	0,27	0,0	0,8	4,0	4,8	83	6	0
2C _{n1}	6,1	2,7	0,29	0,50	0,1	0,1	-	0,8	3,8	3,8	0,08	1,92	0,0	1,3	9,6	10,9	88	18	0
2C _{n2}	8,2	2,3	0,19	0,33	0,1	-	-	1,1	3,8	4,8	0,24	3,42	0,0	0,0	12,3	12,3	100	28	0
2C _{n3}	8,2	0,5	0,20	0,34	0,1	-	-	0,2	4,4	10,0	0,08	4,77	0,0	0,0	19,3	19,3	100	25	0
3C _{n4}	8,2	0,5	0,12	0,21	-	-	-	0,1	(0,4)	0,02	0,09	0,0	0,0	0,5	0,5	100	18	0	
4C _{n5}	7,6	0,4	0,19	0,33	-	-	-	0,1	1,6	2,5	0,06	2,21	0,0	0,0	6,4	6,4	100	35	0

trações baixas nos três solos, com os valores diminuindo em profundidade, predominando valores nulos, sendo os de hidrogênio um pouco superiores aos do alumínio. O pH, em relação inversa, aumentou invariavelmente com a profundidade, apresentando reação moderadamente ácida (5,0-5,4) a moderadamente alcalina (7,9-8,2), sendo influenciado pelo comportamento do cálcio, magnésio e sódio trocáveis, e os valores mais elevados, correlacionados fortemente com os teores de bicarbonatos e, mais raramente, com os de carbonatos (TABELA 6).

A participação relativamente pequena do alumínio e do hidrogênio nos sítios de troca, aproximou os valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions, predominantemente médios, tendo as suas distribuições, ao longo dos perfis, o mesmo comportamento das bases trocáveis maiores.

A saturação de bases e de sódio apresentaram valores elevados, aumentando com a profundidade, relacionando-se, inversamente, com a saturação por alumínio.

A condutividade elétrica variou em profundidade, mostrando valores baixos a muito baixos, excetuando-se no horizonte $2B_{tn2}$, do perfil 2, cujo valor aproximou-se do limite para propriedade salina (4,0 mmhos/cm, a 25°C), segundo CARVALHO et al., 1988) e de uso corrente em resultados de pesquisas (MONIZ et al., 1990) em solos Solonetz-solodizado, no Estado do Rio de Janeiro. Sua distribuição, variável em profundidade, relacionou-se diretamente com a contribuição dos sais solúveis (TABELA 7).

O conteúdo de matéria orgânica, estimada a partir do carbono orgânico, assumiu valores muito baixos e decrescentes em todos os perfis, sendo explicados pela baixa contribuição da vegetação (caatinga hiperxerófila), segundo MOREIRA (1979), associados aos efeitos do clima.

As observações relacionadas à relatividade dos valores encontrados, tomaram por base os apresentados por MOREIRA op. cit., BRASIL (1973), COELHO (1983) e COELHO & FERREYRA, H., (1986), dentre outros, para o Estado do Ceará.

Do acordo com a TABELA 7, pode-se observar que, independentemente da profundidade, o sódio é o cátion predominante na solução do solo, seguido do cálcio, cujas concentrações são

TABELA 7 - Propriedades e composição do extrato de saturação dos solos estudados

Simbo- logia	Umidade	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	SOMA	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	SO ₄ ⁻²	SOMA	CE (mmhgs/ cm a 25°C)	RAS
	- % -	mE/l										(mmol/l) ^{1/2}	
Solo 1 - Solonetz - solodizado													
A ₁	29	0,4	0,2	0,1	1,1	1,8	0,5	0,6	0,0	0,9	2,0	0,2	2
A ₂	23	0,3	0,2	0,1	1,6	2,2	1,0	0,3	0,0	0,8	2,1	0,3	3
E	31	0,5	0,0	0,1	0,7	1,3	0,8	0,3	0,0	0,3	1,4	0,2	1
2BA _{tn}	32	0,4	3,2	0,1	24,9	28,6	25,0	2,6	0,0	3,3	30,9	2,9	19
2B _{tn}	92	0,8	1,6	0,1	11,6	14,1	5,0	2,0	0,1	6,7	13,8	1,6	11
Solo 2 - Solonetz - solodizado													
A ₁	32	0,5	0,5	0,3	1,6	2,9	0,8	1,1	0,0	0,8	2,7	0,3	2
A ₂	33	0,4	0,2	0,1	0,6	1,3	0,5	0,3	0,0	0,0	0,8	0,1	1
E	33	0,3	0,0	0,1	0,5	0,9	0,5	0,2	0,0	0,1	0,8	0,1	1
2B _{tn1}	36	0,8	1,8	0,1	15,3	18,0	17,5	0,2	0,0	0,0	17,7	1,9	13
2B _{tn2}	44	0,5	3,6	0,1	34,5	38,7	39,0	0,4	0,0	0,1	39,5	3,9	24
Solo 3 - Aluvial sódico													
A	34	0,5	0,0	0,1	2,5	3,1	2,8	0,4	0,0	0,4	3,6	0,4	5
AC	31	0,5	0,3	0,1	3,6	4,5	4,5	0,3	0,0	0,2	5,0	0,6	6
2C _{n1}	41	2,0	3,4	0,1	20,2	25,7	26,3	0,2	0,0	0,8	27,3	2,7	12
2C _{n2}	57	1,5	0,4	0,1	20,1	22,1	18,0	1,4	0,1	3,6	23,1	2,3	21
2C _{n3}	65	1,0	0,3	0,1	3,8	5,2	3,0	0,9	0,0	1,4	5,3	0,5	5
3C _{n4}	42	0,4	0,2	0,1	3,5	4,2	3,0	0,5	0,0	0,6	4,1	0,5	6
4C _{n5}	43	0,5	0,3	0,2	2,8	3,8	3,0	0,7	0,0	1,2	4,9	0,4	4

próximas a do magnésio, e do potássio, que apresentou valores pouco significativos. Em relação aos ânions, o cloreto mostrou-se predominante nos três perfís, constatando-se a quase ausência de carbonatos; os sulfatos predominaram sobre os bicarbonatos, nos perfís 1 e 3, observando-se uma inversão do comportamento, no perfil 2.

Estes resultados assemelham-se aos obtidos por FERREYRA, H., & COELHO (1984) e COELHO & FERREYRA, H., (1986), estudando solos Aluviais com problemas de sodicidade, no Estado do Ceará, onde concluíram que as concentrações de sódio e de cloretos solúveis eram predominantes nestes solos e que mostraram um padrão de variação similar ao da condutividade elétrica, o que é explicado pelo fato de que estes íons são os principais responsáveis pelos resultados obtidos na condutividade elétrica.

MOREIRA-NORDEMANN (1981), justifica que os baixos teores de potássio estariam associados à absorção preferencial pela biomassa e retenção por argilominerais durante o intemperismo, o que o torna dificilmente lixiviável.

Em relação aos sulfatos, a concentração progressiva no perfil 1 e no perfil 2, até a camada $2C_{n3}$, estaria associada à sua capacidade de movimentação nos perfís. Pelos resultados, uma vez associados com o sódio e o magnésio (cátions de maior expressão), formariam sais de alta solubilidade (MACEDO, 1988), não obstante apresentarem baixa solubilidade. Tal afirmação está de acordo com o estabelecido por DREGNE (1976) e YAALON (1965), apud MACKEAGUE & ARNAUD ST., (1969).

DAVIS & DE WIEST (1970), apud SANTIAGO (1984), afirmaram que o deslocamento dos íons de cálcio e de magnésio pelos íons de sódio, afetavam a permeabilidade e a dureza dos solos, sendo a intensidade calculada pelo índice RAS (razão de adsorção de sódio). Os valores de RAS calculados aumentaram com a profundidade (perfís 1 e 2), apresentaram-se mais elevados e concentrados na porção intermediária do perfil 3, expressando a alta influência destes íons nas reações de intercâmbio com o solo.

Tais resultados explicam as condições de imperfeição quanto à drenagem destes solos, estando de acordo com conclu

sões de REGO (1988), onde observou que aumentos de RAS e percentagem de sódio trocável, induziram diminuições dos valores de grau de floculação e de condutibilidade hidráulica dos solos estudados, e de GUPTA et al., (1984), que associaram aumento de alcalinidade ou de RAS, a um conseqüente aumento na dispersão das argilas.

5.1.4 - Análises mineralógicas

* Mineralogia da fração silte

São apresentados difratogramas da fração silte de três amostras representativas dos solos estudados: horizontes $2B_{tn}$ e $2B_{tn2}$ (pedons 1 e 2) e camada $2C_{n2}$ (pedon 3) e ilustradas nas FIGURAS 3, 4 e 5.

Independentemente da profundidade e/ou a posição relativa no relevo, os resultados mostraram-se bastante semelhantes, sendo as diferenças praticamente associadas a pequenas variações quanto a intensidade dos picos, em algumas posições.

Foram reconhecidos, potencialmente, quartzo e feldspatos, com alguma ocorrência de outros minerais, à semelhança do identificado em MOREIRA (1979). O quartzo apresentou-se com os picos 4,27-4,23 Å (faixa de grande intensidade), 3,36-3,35 Å (faixa de maior intensidade), seguindo-se 2,46, 2,24, 1,98, 1,82-1,81 Å, 1,79, 1,67 e 1,54 Å. Os feldspatos foram identificados pela sequência 6,42, 5,90, 4,02, 3,78, 3,65, 3,25, 3,14 Å (K-feldspatos, com intensidades variadas) e 3,23-3,12 Å (plagioclásios, com intensidades variadas), seguindo-se, 2,46, 2,24, 1,98, 1,81 e 1,67 Å. (GRIM, 1968; BENSOAIM, 1985; HUANG, 1977).

Ao pico de 8,85 Å, largo e difuso (FIGURAS 3 e 4) e melhor definido na FIGURA 5, MOREIRA (1979) associou à montmorilonita de 2ª ordem e, ao pico de 10,0 Å (FIGURA 5), sugeriu a presença de mica, não se definindo calcita (2,29 Å), pela ausência de outros espaçamentos.

BENSOAIN (1985), observou que todos os feldspatos exibem duas ou três linhas fortes na região de 3,28-3,16 Å, seguindo espaçamentos diversificados, para distinção entre pla

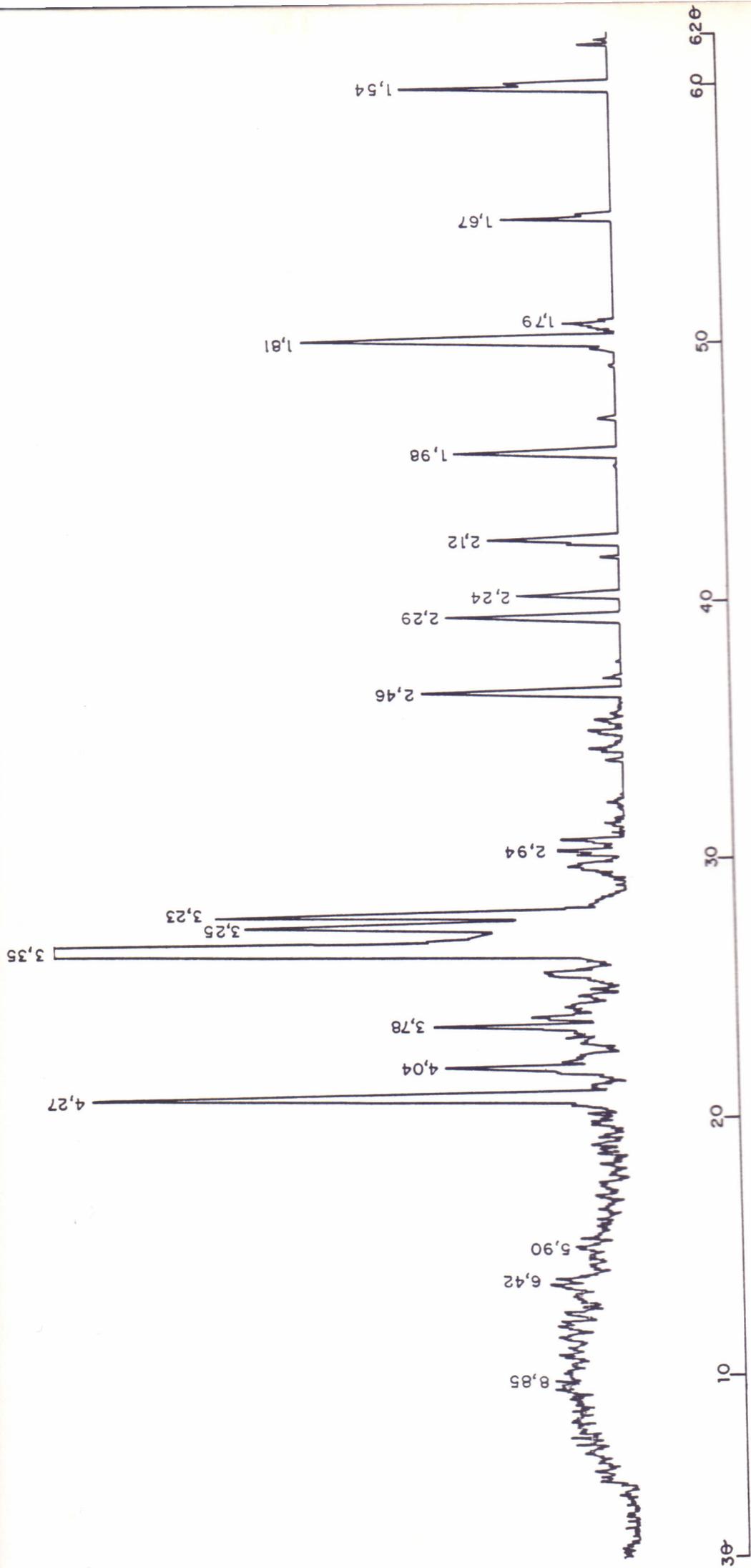


FIGURA 3 - Difratoograma da fração silte (0,05 - 0,002mm) do horizonte 2B_{tn} do perfil 1. Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.

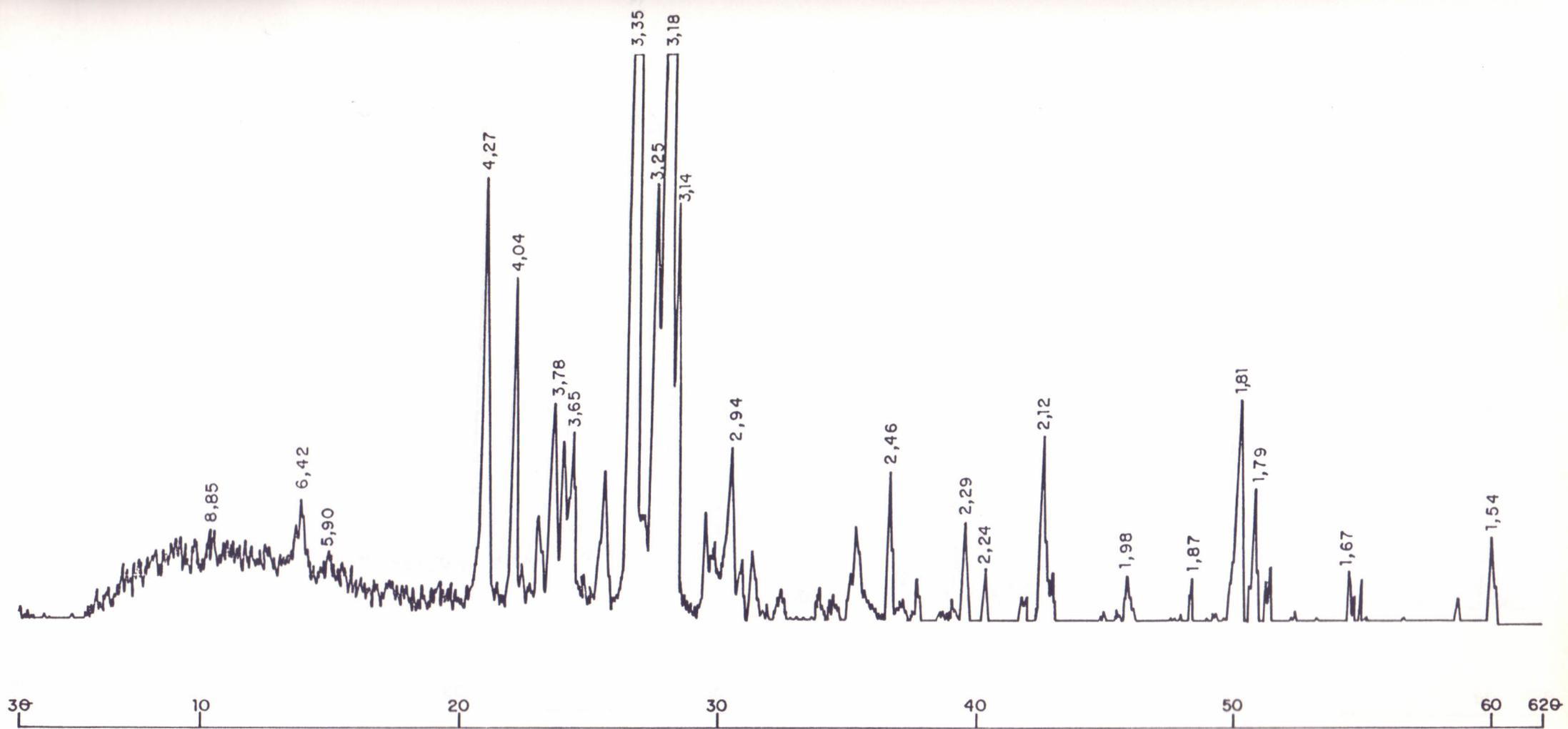


FIGURA 4 - Difratoograma da fração silte (0,05 - 0,002mm) do horizonte $2B_{tn2}$ do perfil 2. Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.

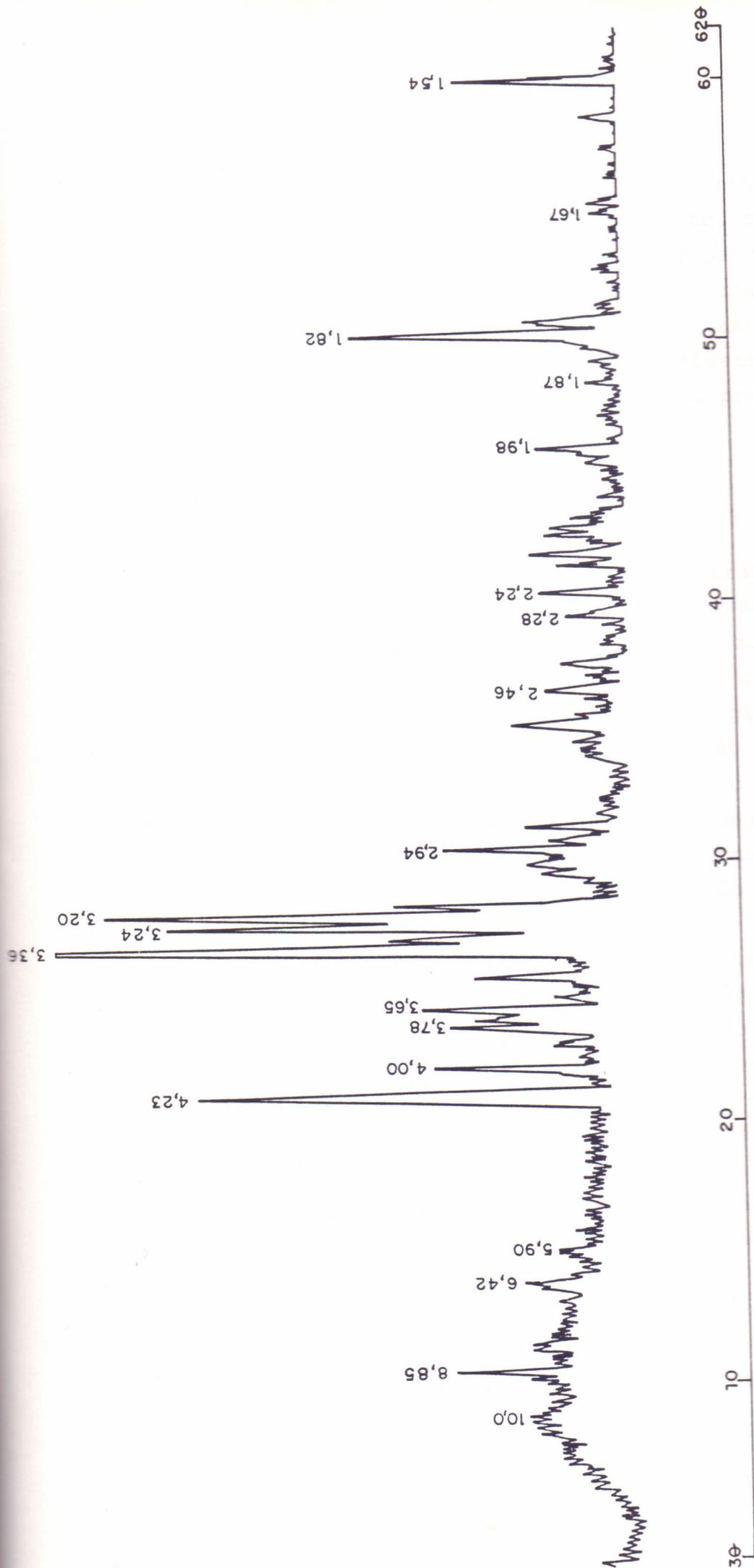


FIGURA 5 - Difratoograma da fração silte (0,05 - 0,002mm) da camada $2C_{n2}$ do perfil
3. Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.

gioclásios e feldspatos alcalinos.

HUANG (1977), abordando a ocorrência natural dos feldspatos, estabeleceu que são, geoquimicamente, o mais importante grupo de minerais; microclina é o K-feldspato comum em veios hidrotérmicos e pegmatitos, ao lado do ortoclásio (K-feldspato das rochas ígneas), ambos ocorrendo, também, em rochas metamórficas. A albita (feldspato plagioclásio) ocorre mais comumente em pegmatitos, observando-se sua presença em rochas ígneas e metamórficas.

* Mineralogia da fração argila

São apresentados difratogramas de amostras da fração argila dos cinco horizontes do pedon 1, dos horizontes A, E e $2B_{tn}$, do pedon 2 e das camadas A, $2C_{n2}$ e $4C_{n5}$, do pedon 3, todas submetidas a tratamento com K-25°C. (FIGURAS 6,8 e 10).

Montagens de difratogramas da fração argila obtidas de amostras Mg, Mg-Glicol, K-350°C e K-550°C, são apresentadas e relacionadas aos horizontes $2B_{tn}$ e $2B_{tn2}$ (pedons 1 e 2) e camada $2C_{n2}$ (pedon 3), com espaçamento interplanar (d/n), indicados em angstrom. Tais amostras foram selecionadas dado que associadas com máxima acumulação de sódio, em cada perfil analisado.

Caulinita mal cristalizada e/ou haloisita (picos de 7,13 a 7,37 Å; 4,27 a 4,48 Å e 3,56 a 3,59 Å) são encontrados em todos os perfis, mostrando uma maior definição nos horizontes $2B_{tn}$ (pedon 1) e $2B_{tn2}$ (pedon 2) e camada superficial A, do pedon 3 (FIGURAS 6,8 e 10); foram confirmadas pela persistência do pico de 7,37 Å nas amostras Mg, Mg-Glicol e K-350°C e sendo eliminadas, quando submetidas ao tratamento K-550°C.

A mica está evidenciada pela observação de picos 3,35 Å (mais permanente), 10,0 e 5,0 Å (mais raramente) nas amostras K-25°C e pela permanência do pico de 10,0 Å no restante dos tratamentos; mostra-se mais expressiva nos dois últimos horizontes do pedon 1 e na camada superficial A, do pedon 3, à semelhança do observado para a caulinita (FIGURAS 6,8 e 10).

O quartzo presente nestas amostras (pico 3,35 Å), sugere ser herdado das frações mais grosseiras (MOREIRA, 1979) ou

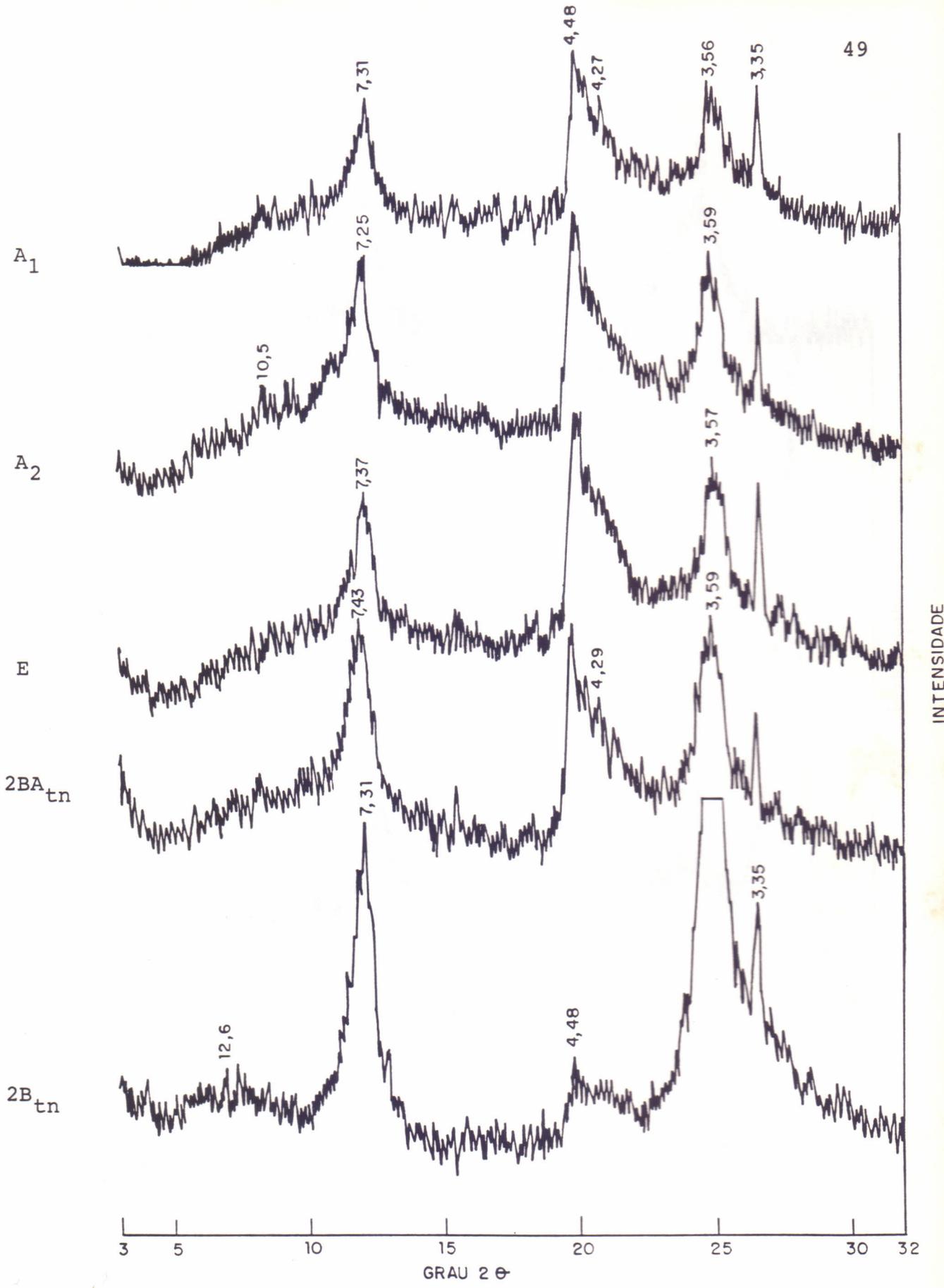


FIGURA 6 - Difrato gramas da fração argila (<0,002mm) de ho rizontes do perfil 1 (K - 25°C).Espaçamento in terplanar(d/n), em angstrom.

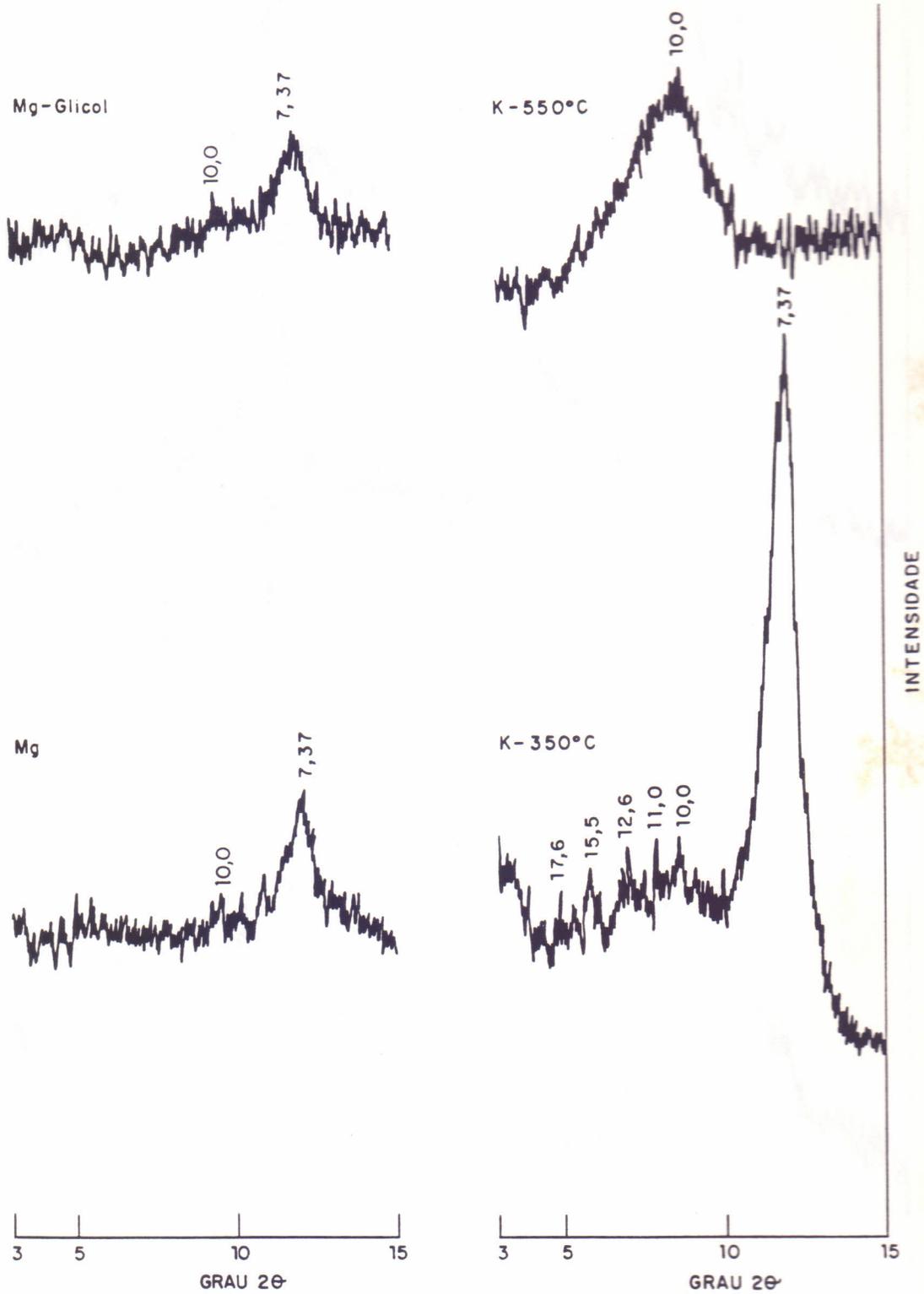


FIGURA 7 - Difratoogramas da fração argila ($<0,002\text{mm}$) do horizonte $2B_{tn}$ do perfil 1 (amostra Mg, Mg-Glicol, K-350°C e K-550°C). Espaçameno interplanar (d/n), em angstrom.

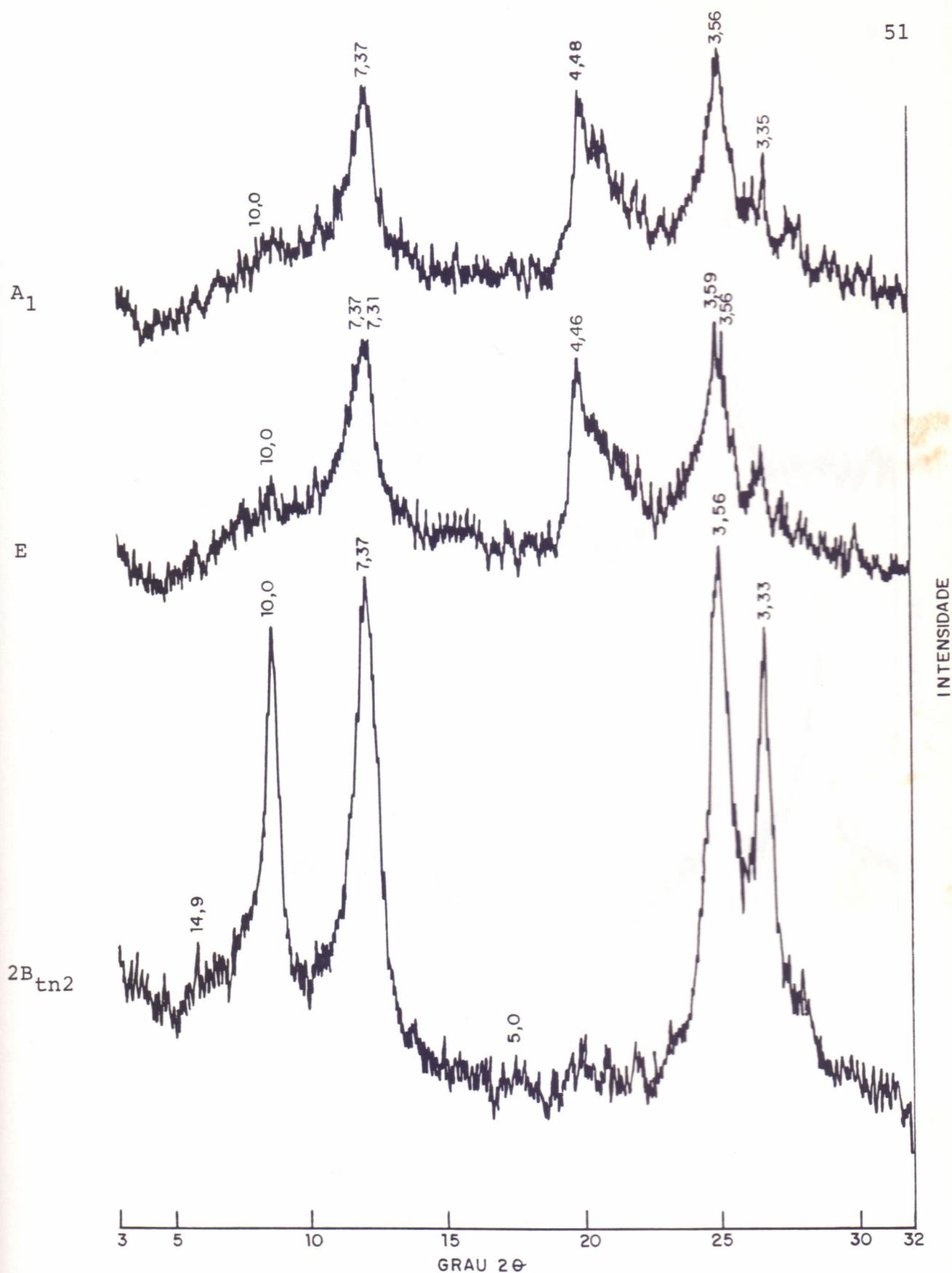


FIGURA 8 - Difractogramas da fração argila (<math><0,002\text{mm}</math>) de horizontes do perfil 2 (K - 25°C). Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.

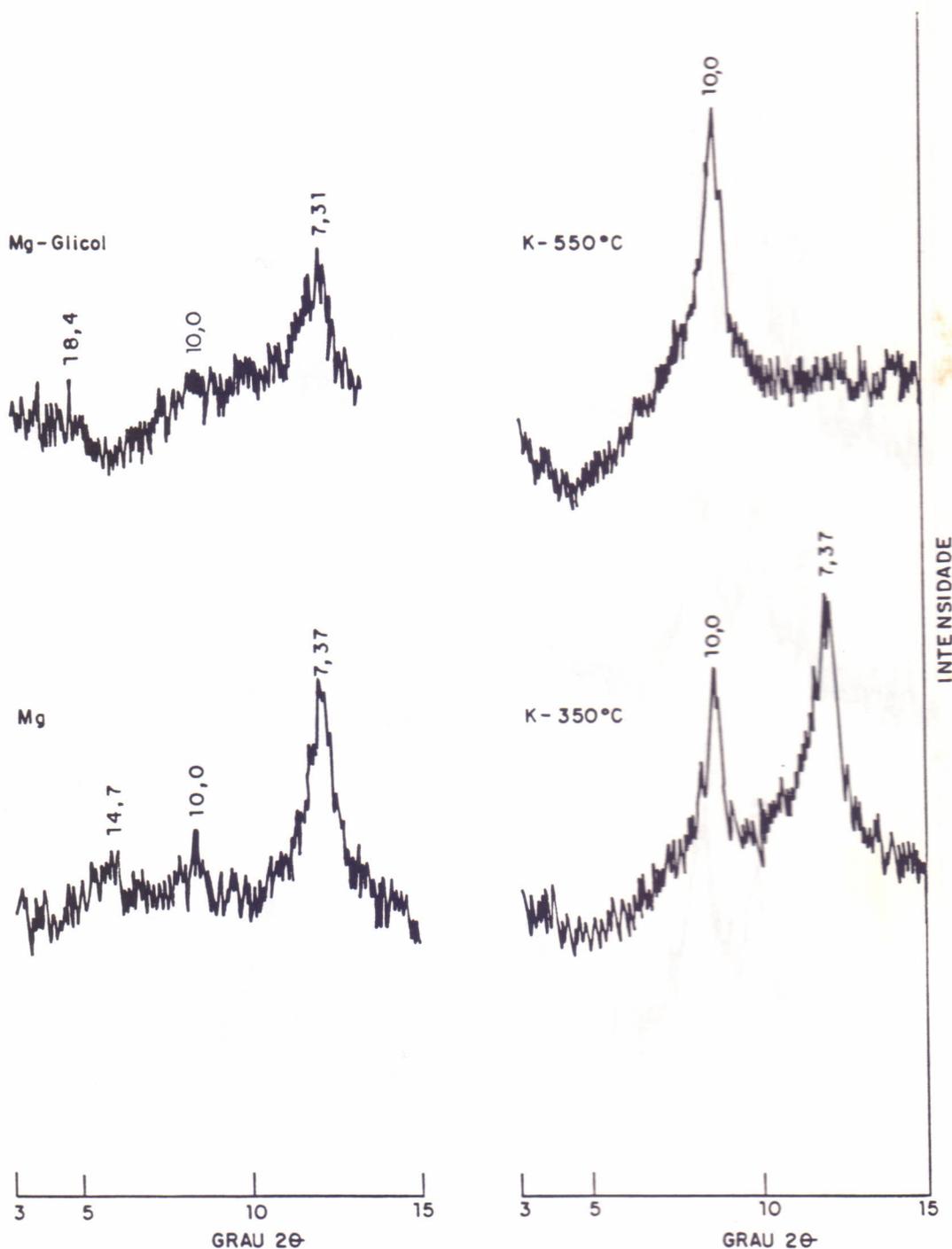


FIGURA 9 - Difratoogramas da fração argila ($<0,002\text{mm}$) do horizonte $2B_{tn2}$ do perfil 2 (amostra Mg, Mg-Glicol, K-350°C e K-550°C. Espaçameno interplanar (d/n), em angstrom.

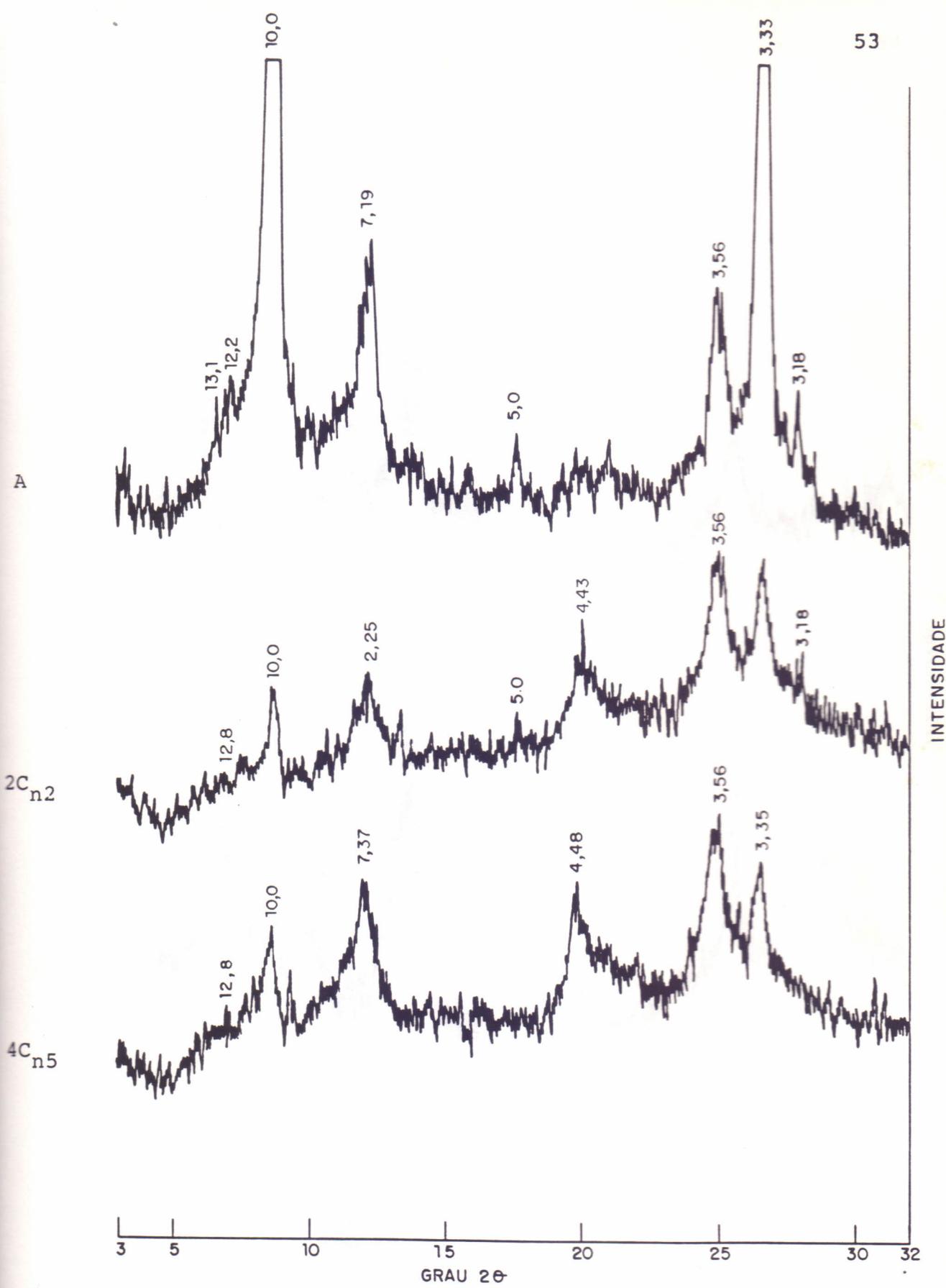
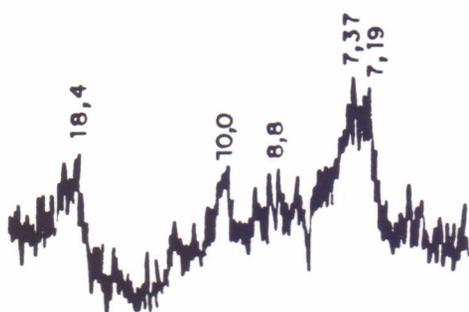
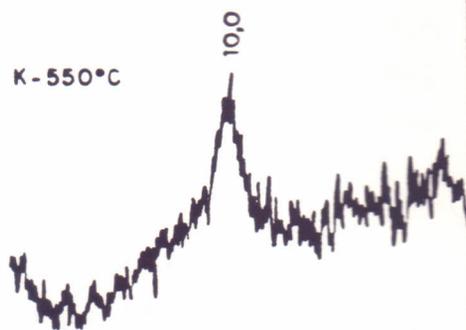


FIGURA 10 - Difratoogramas da fração argila (<0,002mm) de camadas do perfil 3 (K - 25°C). Espaçamento interplanar (d/n), em angstrom.

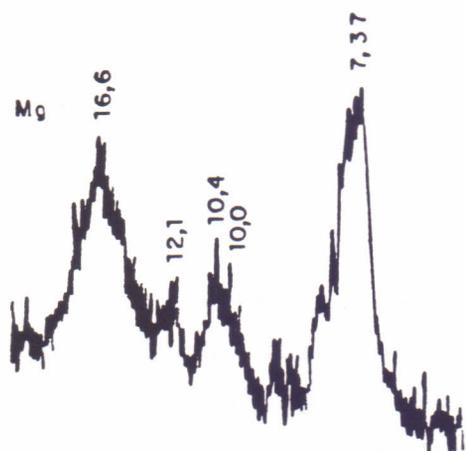
Mg-Glicol



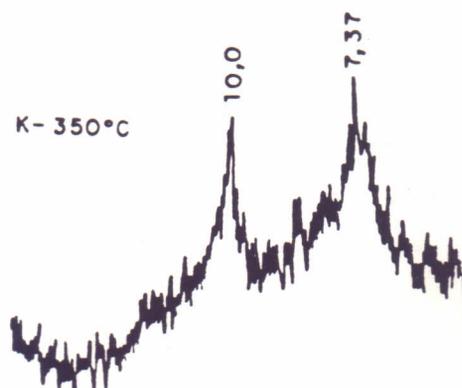
K-550°C



Mg



K-350°C



3 5 10 15
GRAU 2θ

3 5 10 15
GRAU 2θ

INTENSIDADE

FIGURA 11 - Difrátogramas da fração argila ($<0,002\text{mm}$) da camada $2C_{n2}$ do perfil 3 (amostra Mg, Mg-Glicol, K-350°C e K-550°C). Espaçamento basal (d/n), em angstrom.

do próprio material de origem; observa-se mais definido (cristalizado) e aumentando em profundidade, nos pedons 1 e 2 e, de modo inverso, no pedon 3 (FIGURAS 6, 8 e 10).

Minerais interestratificados ($10 + 14 \text{ \AA}$) foram reconhecidos nas camadas A, $2C_{n2}$ e $4C_{n3}$ (pedon 3), pelos picos 12,2, 13,1 e 12,2 \AA , ao serem submetidos ao tratamento K-25°C; quando tratados com Mg-Glicol, expandiram-se para 18,4, 18,4 e 17,3 \AA , respectivamente (somente ilustrada a amostra $2C_{n2}$) e mostradas nas FIGURAS 10 e 11, ratificando o encontrado por MOREIRA (1979). Um pico de 12,6 \AA foi observado no último horizonte do pedon 1 (FIGURA 6), no entanto não se observando expansão, quando glicolada (FIGURA 7).

A montmorilonita somente foi constatada, com um mínimo de definição, no horizonte $2B_{tn2}$ (pico de 14,9 \AA), quando expandiu-se para a região de 18,4 \AA (FIGURAS 8 e 9).

A maioria dos resultados está de acordo com dados de MOREIRA (1979), que estudou solos Solonetz-solodizado nesta região, no Estado do Ceará. Seus resultados qualitativos foram mais definidos e os quantitativos mostraram concentrações variáveis entre 20 e 50%, para minerais 2:1, expansíveis (montmorilonita e vermiculita), de 15 a 20%, para minerais 2:1, não expansíveis (mica) e de 6 a 39%, de minerais de grade 1:1 (caulinita). COELHO (1988) e SILVA (1988), igualmente encontraram uma maior expressividade em relação aos argilominerais 2:1, em particular, vermiculita, com presença de montmorilonita.

KARIM (1954) apud RAYCHAUDHURI (1974), observou que a fração argila de solos Solonetz-solodizado e Solod, na Austrália, era composta, principalmente, de illita e caulinita, com ocasional menor associação com quartzo e goetita; conclusões de HEM (1967) e ERIKSSON & KUNAKASEM (1965), apud CUSTÓDIO (1983), indicaram que o processo de ataque da albita e da anortita, poderia originar caulinita, sob condições ácidas.

Contrariamente, observações constantes em MONIZ et al. (1976; 1990); VINAYAK et al., (1984); BUOL (1965); SANS et al. (1979) e JACKSON (1965), dentre outros, consideraram que condições climáticas e de impedimento à drenagem, eram favoráveis à formação de montmorilonita (esmectita), somente rebatidos por SEHGAL, apud SIDHU & GILKES (1977) que, estudando

solos afetados por sais na Índia, concluiu que, mesmo em condições de drenagem deficiente, não se constatou presença de esmectitas.

Em relação aos solos estudados, os resultados sugerem a presença destacada destes argilominerais, reforçados pelos aspectos levantados, de natureza morfológica (estrutura, rachaduras, dentre outras) e de natureza química, associadas à concentração de bases trocáveis, relação Ca/Mg inferior à unidade, médios a altos valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions, bem como da CTC, após correção com carbono, ao indicar alta atividade ($T \geq 24$ mE/100g de argila) dessas argilas.

Ao lado do estabelecido por KLAGES & SOUTHWARD (1968) que observaram o desaparecimento de montmorilonita, sendo substituída por um mineral desordenado sem sinal de reflexão basal, uma explicação poderia estar associada a efeitos de alteração sobre estes argilominerais, quando da fase de pré-tratamentos.

A quase totalidade dos trabalhos envolvendo estudos de mineralogia de argilas, no mundo, consagraram os métodos de pré-tratamentos de amostras para análise com raios-x. No entanto, alguns pesquisadores, e não muito recentemente, têm-se reportado a efeitos adversos dos pré-tratamentos, em particular os associados à eliminação da matéria orgânica.

DOUGLAS & FEISSINGER (1971), apud FORD (1988), reconheceram a existência de fenômenos de degradação de minerais argilosos, durante os pré-tratamentos com H_2O_2 , para eliminação da matéria orgânica.

SIDHU & GILKES (1977) reportaram-se sobre os efeitos de pré-tratamentos da matéria orgânica, alertando para a ação do H_2O_2 , como poderoso agente oxidante, o qual poderia causar alterações em minerais de argila.

Mais especificamente, MOUM e colaboradores (1973), citados por FORD op cit., estudando solos da Índia, constataram que uma esmectita natural com espaçamento basal de 17 \AA havia colapsado para 14 \AA , logo após o tratamento com H_2O_2 e NaOH.

Concluindo, FORD op cit., estabelece que pré-tratamentos para eliminação da matéria orgânica, devem ser efetuados

somente em amostras com altos teores, sugerindo os valores superiores a 10%.

5.1.5 - Classificação dos solos

As características de cor, estrutura, elevada saturação de bases e teor de carbono orgânico inferior a 0,6% nos horizontes A₁ e A₂ (perfís 1 e 2) e camadas A e AC, do perfil 3 - típicos da grande maioria dos solos de região semi-árida com vegetação de caatinga hiperxerófila - definem um horizonte diagnóstico de superfície do tipo "A fraco" (CARVALHO et al., 1988), correspondendo ao segmento menos desenvolvido do "ochric epipedon", da Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1990).

Aos pedons 1 e 2, o arranjo de características morfológicas, físicas e químicas constantes nos ANEXOS e nas Tabelas 5 e 6, permitem concluir que os horizontes diagnósticos de subsuperfície são do tipo "B argílico" (textural, pela classificação brasileira), os quais, acrescidos de características especiais (diferença textural significativa entre A e B, estrutura colunar e/ou prismática e acumulação de sódio trocável, com índice de saturação superior a 20%), evoluem para um diagnóstico do tipo "nátrico" (CARVALHO et al., 1988), similar ao "natric horizon" da Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1990).

A observação de déficits hídricos superiores a seis meses (nove meses para a região, segundo TABELA 4), dentre outras, sugerem classificar o regime de umidade do ambiente de ocorrência destes solos, como arídico ou tórrido; ao regime de temperatura, os valores apresentados (TABELA 4) permitem enquadrá-los como isohipertérmicos (temperatura média anual do solo, a 50cm, maior que 22°C e gradiente térmico inferior a 5°C), de acordo com ESTADOS UNIDOS (1990).

Ressalte-se, no entanto, que ao lado de um clima semi-árido quente, os valores não indicam rigor quanto a extremos de aridez, sugerindo serem transicionais para regime de umidade ústico.

Ao pedon 3, as características associadas à inten

sa estratificação, com variação indiscriminada de textura e , normalmente, sem relações pedogenéticas entre as camadas, impõe o seu enquadramento na Ordem dos Entissoles. O não cumprimento das exigências quanto a cor (mais escuras) - não obstante o estado de umidade apresentado para o mês de dezembro (ANEXOS-perfil 3, ítem OBSERVAÇÕES) - não permitiram enquadrá-lo como Aquents, sugerindo-se relacioná-lo à Sub-Ordem Fluvents e , pelo regime de umidade, ao Grande Grupo dos Torrifuvents, da Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1990).

Assim, os solos foram classificados no sistema brasileiro e, tentativamente, no sistema americano, como segue:

* **Pedons 1 e 2** - Solonetz-solodizado Ta A fraco textura arenosa/média (classificação brasileira) e Ustic Natrargids, franco-argilo-arenoso, misto, isohipertérmico (classificação americana).

* **Pedon 3** - Solo Aluvial Ta Eutrófico sódico A fraco textura predominantemente média (classificação brasileira) e Ustic Torrifuvents, franco, misto, isohipertérmico (classificação americana).

Cumprindo observar, igualmente, que propriedades relacionadas a condutividade elétrica (máximo de 3,9 mmhos / cm, a 25°C) e com pH (máximo de 8,2), sugerem que estes solos podem ser designados de "sódicos degradados", como usados por DE SIGMOND (1934), apud RICHARDS (1954) e MUKHERJEE & AGARWAL (1946) apud RAYCHAUDHURI & MURTHY (1961) onde, ao lado da quase total ausência de carbonatos, mostram-se com propriedades físicas semelhantes a de solos com pH elevado, como observado em COELHO (1988).

5.2 - Rochas

A classificação das rochas e a distribuição percentual dos constituintes mineralógicos em três amostras representa

tivas da área de estudo, foram determinadas e parte dos resultados estão sumarizados na TABELA 8. A composição do extrato de saturação (relação 1:1) e propriedades associadas às amostras AR-2 e AR-3, são apresentadas na TABELA 9.

5.2.1 - Classificação das rochas

Indistintamente, as amostras de rochas apresentaram estágios avançados e diferenciados de alteração, exibindo fenômenos de tectonismos, metassomatismo e intemperismo, caracterizados por efeitos de recristalização, substituição - alteração (sericitização, cloritização, etc.) e de alteração direta sobre os feldspatos.

A amostra 1.a foi classificada como rocha ígnea pegmatítica ou veio pegmatítico, de composição granítica, sendo a amostra 1.b, classificada como rocha metamórfica (biotita-gnaise), de composição granítica, e enquadrada dentro do fácies anfibolito, indicando um médio / alto grau de metamorfismo (SCHUMANN, 1985), (TABELA 8).

A amostra 2 foi classificada como rocha ígnea plutônica, de composição granítica, recebendo denominação de biotita granito ou granito "sense strict", sendo a amostra 3 classificada como rocha ígnea pegmatítica, igualmente de composição granítica (pegmatito com granada), (TABELA 8).

5.2.2 - Distribuição percentual dos constituintes mineralógicos

Dos resultados constantes na TABELA 8, observa-se que independentemente da natureza da rocha, o conteúdo dos feldspatos praticamente não se alterou, mostrando uma concentração mínima de 55% (amostra 1.a) e máxima de 64% (amostra 3), predominando os k-feldspatos (ortoclásios) sobre os Na,Ca-feldspatos (plagioclásios), segundo relações as mais diversas.

Seguem-se-lhes, por ordem de expressão, o quartzo (20

TABELA 8 - Classificação das amostras de rocha e distribuição percentual dos constituintes minerais lógicos

AMOSTRA	NATUREZA DA ROCHA	MINERAIS (%)					ACESSÓRIOS	TOTAL (%)
		ESSENCIAIS						
		K-Feldspato	Plagioclásio	Quartzo	Mica	Granada		
1 (a)	Pegmatito ou Veio Pegmatítico	38	17	38	6	-	1	100
1 (b)	Biotita-Gnaise	(60)		25	12	-	3	100
2	Biotita-Granito	40	20	25	10	-	5	100
3	Pegmatito com Granada	56	8	20	9	5	2	100

TABELA 9 - Propriedades e composição do extrato de saturação para as amostras de rochas AR-2 e AR-3

Simbo- logia	Umi- dade	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	SOMA	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	SOMA	CE (mmhos/ cm a 25°C)	pH (1:1)	RAS
	- % -	mE/l											(mmol/l) ^{1/2}	
AR-2*	100	0,5	0,6	0,2	8,9	10,2	6,4	2,1	0,3	1,5	10,3	1,0	9,0	12
AR-3**	100	0,7	0,5	0,1	1,6	2,9	2,0	0,8	0,0	0,1	2,9	0,3	7,6	2

* Amostra de rocha coletada no local do Perfil 1 - Solonetz-solodizado (Lagoa dos Bois).

* Amostra de rocha coletada no local do Perfil 2 - Solonetz-solodizado (Varjota).

38% e as micas (6-12%), observando-se ocorrência de granada, como mineral essencial (amostra 3); minerais essenciais complementam a distribuição, ocorrendo em todas as amostras, com participação entre 1 e 5%.

Os valores eventualmente altos (média de 60%) para os feldspatos contidos nas amostras (TABELA 8), podem estar superestimados e, se procedente, certamente relacionados a "vícios de amostragem", considerando-se que o material encaminhado para análise consistia de "amostras de mão".

As rochas, quanto à natureza, estariam de acordo com o material de origem do solo Solonetz-solodizado, referido em BRASIL (1973), para o Estado do Ceará e JACOMINE et al., (1975a, b; 1976), para algumas regiões do Nordeste do Brasil, associados, predominantemente, ao intemperismo sobre granitos, gnaiesses e outras rochas a estas associadas.

Os resultados de distribuição percentual dos constituintes mineralógicos (TABELA 8), estão de acordo com os obtidos por MELFI et al., (1983) que, estudando intemperismo sobre granitos em todo o Brasil (Alagoas e Bahia, na região Nordeste), concluíram que os k-feldspatos e o quartzo foram os minerais mais abundantes e que a taxa de dissolução dos Na,Ca-feldspatos em muito excederam a dos k-feldspatos, o que reforçaria resultados e comentários anteriores sobre a concentração de sódio e de cálcio nos solos, contra os baixos teores de potássio encontrados e ratificaria sua condição de solos pouco intemperizados, à semelhança do concluído por MOREIRA (1979).

Em adição, tais concentrações de feldspatos e quartzo justificariam a predominância destes minerais nas frações silte, e do quartzo e argilominerais caulinita, mica, montmorilonita e interestratificados, nas frações argila, como produtos do intemperismo "in situ" ou neoformados, nestes solos.

De outro modo, se associam às conclusões de MOREIRA (1979), quando relacionou as concentrações elevadas de sódio nos solos Solonetz-solodizado, à decomposição de feldspatos potássicos, plagioclásios calco-sódicos e micas, e de DUQUE (1980), quando considerou que a presença de sódio nas albitas (plagioclásio sódico) e em outros minerais associados aos feldspatos,

contribuiriam para a salinização dos solos.

5.2.3 - Propriedades e composição dos íons solúveis, no extrato de saturação

De acordo com a TABELA 9, pode-se observar que a concentração iônica apresenta valores baixos na amostra AR-2 e muito baixos, na amostra AR-3. Os valores de pH mostraram-se mais elevados na amostra AR-2 (9,0) do que na amostra AR-3 (7,6), com comportamento similar para o índice RAS (relação de adsorção de sódio), com valores entre 12 e 2, respectivamente.

Dos resultados apresentados pode-se observar que os bicarbonatos e, principalmente, os carbonatos contribuíram para a elevação do pH na amostra AR-2 e que a dinâmica do sódio em relação ao cálcio e magnésio foi bastante expressiva, segundo o valor de RAS para esta amostra.

Os cloretos e o sódio foram os íons mais representativos, em ambas as amostras, no entanto, responderiam, apenas, parcialmente aos resultados obtidos para os solos (TABELA 7) , notadamente para a amostra AR-2 (relacionada ao perfil 1), considerando-se que, para a amostra AR-3, os resultados estão muito aquém dos obtidos para os horizontes B, no perfil 2 (TABELA 7).

Sugere-se, pois, a contribuição dos aerossóis marinihos como forma de justificar, principalmente, o conteúdo de cloretos nestes solos. A contribuição dos eletrólitos contidos nas águas superficiais e subterrâneas - ao lado das condições de circulação e manejo - não deve ser descartada, ressaltando se o seu importante papel na redistribuição destes sais nos solos.

6 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e a interpretação e discussão realizadas, permitem concluir que:

* os solos são pouco intemperizados, sendo o conteúdo de feldspatos condicionador de um grande potencial mineral possível de decompor-se;

* qualitativamente, foram reconhecidos mica, caulinita, quartzo e argilominerais interestratificados, pouco definidos, sendo que a pequena expressividade da montmorilonita foi associada a possíveis efeitos de alteração, quando dos pré-tratamentos para análises por raios-X;

* as características e propriedades químicas apresentadas sugerem a designação de "solos sódicos degradados" , com ausência de carbonatos, mostrando propriedades físicas semelhantes a de solos com pH elevado;

* foram classificados, tentativamente, como Ustic Natrargids, franco-argilo-arenoso e Ustic Torrifuvents, franco, ambos misto, isohipertérmico (Soil Taxonomy) e associados aos solos Solonetz-solodizado e Aluvial sódico, respectivamente;

* entre os sais solúveis, o NaCl predominou na quase totalidade dos perfís, observando-se eventual presença de outros sais (cloretos, sulfatos e bicarbonatos de magnésio e de cálcio);

* quanto à origem, sugere-se a ação combinada do clima, do substrato (predominantemente rochoso e pouco permeável) e da topografia, condicionando os efeitos de concentração progressiva dos sais e que os aerossóis marinhos, ao lado dos eletrólitos presentes nas águas superficiais e subsuperficiais - circulação e manejo - constituem, certamente uma importante fonte de sais nestes solos.

7 - ANEXOS

ANEXO A

DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS DOS PERFIS 1, 2 e 3

PERFIL - Nº 1

DATA - 18.11.86

CLASSIFICAÇÃO - SOLONETZ-SOLODIZADO Ta A fraco textura areno
sa/média fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - 30m do lado
esquerdo da estrada Ibicuitinga-Juazeiro de Baixo, via La
goa do Tapuio, a 6,2 Km de Ibicuitinga. Morada Nova-CE .
5°01' S e 38°37' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trin
cheira aberta em área de relevo plano, com 0-1% de decli
vidade, sob cobertura de espécies típicas da caatinga hi
perxerófila (Estepe arbóreo-arbustiva aberta).

ALTITUDE - 135m.

LITOLOGIA - Biotita-Granito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Unidade sem denominação.

PERÍODO - Proterozóico Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Saprolito do granito , com delgada co
bertura pedimentar.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOVAL - Plano-

RELEVO REGIONAL - Plano e suave ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Caatinga hiperxerófila pouca densa, com
predomínio de marmeleiro, jurema preta, sabiã, mofumbo, ju
cã, pereiro, pau-branco, xique-xique, carnaúba, dentre ou
tras.

USO ATUAL - Ocorrência de capoeiras e de pequenas áreas sob
cultivo de feijão e de algodão (em associação com REGOS
SOLO).

CLIMA - BSw'h' de Koeppen e 4 aTh de Gaussen.

DESCRITO E COLETADO POR - Gomes, E. C. B. e MOREIRA, E. G. S.

Descrição morfológica

A₁ 0 - 18cm; bruno (10 YR 4/3, úmido), cinzento-cla
ro (10 YR 7/2, seco); areia; grãos simples; macio,
muito friável, não plástico e não pegajoso; tran
sição clara e plana.

- A₂ 18 - 30cm; bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido), bruno claro-acinzentado (10 YR 6/2, seco); areia franca; maciça que se desfaz em grãos simples; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, transição clara e plana.
- E 30 - 53cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/3, seco); areia; maciça que se desfaz em grãos simples; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.
- 2BA_{tn} 53 - 73cm; cinzento-brunado claro (2,5 Y 6/2, úmido), cinzento-claro (2,5 Y 7/2, seco), mosqueado comum, pequeno e médio, proeminente, vermelho-escuro (2,5 YR 3/6) e bruno-forte (7,5 YR 5/6); franco arenoso; fraca pequena e média blocos subangulares e angulares; duro, friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- 2B_{tn} 73 - 116cm; cinzento-brunado-claro (2,5 Y 6/2, úmido), cinzento-claro (2,5 Y 7/2, seco), mosqueado comum, pequeno e proeminente, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3) e difuso, bruno-amarelado (10 YR 5/8); franco-argilo-arenoso; forte grande colunar que se quebra em forte média blocos angulares e subangulares; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso.
- R 116cm+; rocha em decomposição.
- RAÍZES - Comuns finas e muito finas no A₁; poucas finas e raras muito finas e médias no A₂; raras finas e muito finas no E e 2BA_{tn} e raras finas, muito finas e médias no 2B_{tn}.
- OBSERVAÇÕES - Linha de pedras (seixos rolados) predominando entre 107-116cm, sobre rocha matriz, destacando-se granitos com provável alto teor de feldspatos semi-intemperizados + mica muscovita.
- Observadas pequenas rachaduras nos horizontes

$2BA_{tn}$ e $2B_{tn}$, com penetrações de línguas de areia provenientes dos horizontes superiores.

Observados e coletados blocos de tamanho médio, com predominância de feldspatos semi-intemperizados, distribuídos no horizonte $2B_{tn}$.

Muitos poros pequenos no A_1 e A_2 ; muitos poros pequenos e poucos médios no E; muitos poros pequenos e raros médios no $2BA_{tn}$ e muitos poros muito pequenos no $2B_{tn}$.

Coletada amostra de rocha para fins de caracterização analítica.

PERFIL - Nº 2

DATA - 05.12.86

CLASSIFICAÇÃO - SOLONETZ-SOLODIZADO Ta A fraco textura arenosa/médica fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - 10m do lado esquerdo da estrada Ibicuitinga-Juazeiro de Baixo, via Lagoa do Tapuio, na localidade Varjota, a 21,7 Km de Ibicuitinga. Banabuiú - CE . 5°04' S e 38°39' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira aberta em área de relevo plano, com 0-2% de declividade, sob cobertura de espécies típicas da caatinga hiperxerófila (Estepe arbóreo-arbustiva aberta).

ALTITUDE - 85 m.

LITOLOGIA - Pegmatito com granadas.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Unidade sem denominação.

PERÍODO - Proterozóico Inferior.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Saprolito de pegmatitos, com delgada cobertura de material pedimentar.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano e suave ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO - Caatinga hiperxerófila pouco densa, com predomínio de jurema preta, pau-branco, marmeleiro, carnaúba, pinhão, juazeiro, cardeiro, mofumbo, sabiá, pereiro, xiquexique, cumaru, dentre outras.

USO ATUAL - Capoeira.

CLIMA - BSw'h' de Koeppen e 4 aTh de Gaussen.

DESCRITO E COLETADO POR: Gomes, E. C. B. e MOREIRA, E. G. S.

Descrição morfológica

A₁ 0 - 8cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/3, seco); areia franca; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

- A₂ 8 - 18cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/3, seco), mosqueado comum, pequeno, distinto, bruno-amarelado (10 YR 5/8) e proeminente, vermelho (2,5 YR 4/6) areia; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- E 18 - 48cm; bruno-amarelado-claro (10 YR 6/4, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10 YR 8/3, seco), mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno amarelado (10 YR 5/8); areia; grãos simples; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.
- 2B_{tn1} 48 - 71cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido) bruno-acinzentado claro (10 YR 6/3, seco), mosqueado comum, pequeno e distinto (10 YR 5/8); franco argilo-arenoso; forte média e colunar blocos subangulares e angulares; extremamente duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara e plana.
- 2B_{tn2} 71 - 100cm; bruno-amarelado claro (2,5 Y 6/4, úmido), bruno-acinzentado claro (10 YR 6/3, seco); franco-argilo-arenoso; forte média colunar que se quebra em forte média e pequena blocos angulares e subangulares, cerosidade (?) pouca e fraca; extremamente duro, plástico e pegajoso.
- C 100cm⁺; cores oliváceas claras.
- RAÍZES - Muitas muito finas no A₁; poucas finas raras médias no A₂; raras finas no E e 2B_{tn1}.
- OBSERVAÇÕES - Presença de grânulos (provavelmente manganês), no horizonte 2B_{tn1}.
 Não foi possível a determinação da consistência úmida no horizonte 2B_{tn2}.
 Observados e coletados alguns blocos pequenos e médios de feldspatos/quartzo, no horizonte E.
 Atividade biológica com intensidade regular

nas proximidades.

Muitos poros pequenos no A_1 e A_2 ; muitos poros pequenos e médios no E e muitos poros muito pequenos no $2B_{tn1}$ e $2B_{tn2}$.

Coletadas amostras de rochas (superficiais), para caracterizações analíticas.

PERFIL - Nº 3

DATA - 06.12.86

CLASSIFICAÇÃO - SOLO ALUVIAL Ta EUTRÓFICO sódico A fraco tex
tura predominantemente média fase transição floresta ciliar
de carnaúba/caatinga hiperxerófila relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - 500m do lado
direito da estrada Lagoa do Tapuio-Juazeiro de Baixo, na
localidade Lagoa do Tapuio. Morada Nova-CE. 5°08' S e
38°36' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Trincheira
aberta em área de relevo plano, com 0-1% de declividade,
sob cobertura de algumas espécies típicas de caatinga
hiperxerófila, associadas com floresta ciliar de carnaúba.

ALTITUDE - 65m.

LITOLOGIA - Aluvião. Areias (predomínio de areia fina), argilas
e silte, com variações para coloração escura.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Sedimentos aluviais, localmente coluviais.

PERÍODO - Quaternário (Holoceno).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos aluviais predominantemente arenosos
e siltosos.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Plano.

RELEVO REGIONAL - Plano e suave ondulado.

EROSÃO - Laminar ligeira.

DRENAGEM - Moderada/imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta ciliar de carnaúba associada
com caatinga hiperxerófila pouco densa, com predomínio de
marmeleiro, pau-branco, xique-xique, mofumbo, pereiro, entre
outras espécies.

USO ATUAL - Capoeira.

CLIMA - BSw'h' de Koeppen e 4 aTh de Gaussen.

DESCRITO E COLETADO POR - Gomes, E. C. B. e MOREIRA, E. G. S.

Descrição morfológica

A 0 - 15cm; bruno claro-acinzentado (10 YR 6/3, úmido),
bruno (10 YR 5/3, seco), mosqueado comum, médo

dio, distinto, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6); franco-arenoso; maciça que se desfaz em grãos simples; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.

- AC 15 - 34cm; bruno escuro (10 YR 6/4, úmido), cinzento-claro (10 YR 7/3, seco), mosqueado pouco, pequeno distinto, bruno-amarelado-escuro (10 YR 5/6) ; franco-arenoso; maciça que se desfaz em grãos simples; macio, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.
- 2C_{n1} 34 - 71cm; bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2, seco); franco; moderada grande e média blocos angulares e subangulares; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- 2C_{n2} 71 - 134cm; bruno escuro (10 YR 4/3, úmido); franco-argilo-arenoso; firme, plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- 2C_{n3} 134 - 159cm; bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2, úmido); franco; muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição abrupta e plana.
- 3C_{n4} 159 - 190cm; bruno-claro-acinzentado (10 YR 6/3, úmida amassada); areia; não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.
- 4C_{n5} 190 - 205cm⁺; bruno acinzentado muito-escuro (10 YR 3/2, úmida amassada); franco-arenoso; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES - Muitas muito finas, comuns finas no A ; poucas finas e médias, raras grossas no AC; raras muito finas, poucas médias no 2C_{n1} ; raras muito finas no 2C_{n2} e poucas finas no 2C_{n3}.

OBSERVAÇÕES - Prováveis concreções de manganês no AC, de pequeno diâmetro, sendo comuns nas camadas 2C_{n2} e 2C_{n3} .

As camadas $2C_{n2}$ e $2C_{n3}$ encontravam-se úmidas, sendo que as camadas $3C_{n4}$ e $4C_{n5}$, encontravam-se molhadas. Desse modo, não foi possível determinar a estrutura cor e consistência seca das camadas $2C_{n2}$, $2C_{n3}$, $3C_{n4}$ e $4C_{n5}$, bem como a consistência úmida das duas últimas camadas.

Comuns poros pequenos e muito pequenos, nas camadas A e AC, muitos poros pequenos no $2C_{n1}$, $2C_{n2}$ e $2C_{n3}$; muitos poros médios e grandes no $3C_{n4}$ e $4C_{n5}$.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABTAHI, A.; ESWARAN, H.; STOOPS, G. & SYS, C. Mineralogy of a soil sequence formed under the influence of saline and alkaline conditions in the Sarvestan Basin. Pedologie , XXX(3): 325-357, 1979.
- AL-JANABI, K. Z. & LEWIS, D. T. Salt-affected soil in the Plate River Valley of Central Nebraska: properties and classification. Soil Science Society of America Journal, 46 (5):1037-1042, 1982.
- ANDREOLI, C. I. & PEINEMANN, N. Factores capacidad - intensidad del sódio en los suelos de la llanura pampeana. Turrialba , 36(1):105-110, 1986.
- AOUAD, M. S. Clima da caatinga. In: SIMPÓSIO SOBRE A CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL. Feira de Santana, BA, 1984. Anais . Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.37-48 .
- BENSOAIN, E. Mineralogia de arcillas de suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica, 1985. 1216p.
- BERGSETH, H. Saline soil in Skjak and Vaga, Central Southern Norway. Acta Agronomika Scandinavian, 35:87-97, 1985.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levanteamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Ceará. Recife, 1973. 301p. (Boletim Técnico, 28) (Brasil.SUDENE. DRN.Divisão de Agrologia.Série Pedologia, 16)
- BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria de Serviço Geográfico. Mapa planialtimétrico Folha ITAPIÚNA:SB.24-X-A-IV / MI 821. Escala 1:100.000. Recife, SUDENE/DSG, 1984.
- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvi

mento do Nordeste. Mapa planialtimétrico Folha BANABUIÚ:SB. 24-X-C-I. Escala 1:100.000. Recife, SUDENE/DSG, 1972.

BRESLER, E.; McNEAL, B. L. & CARTER, L. D. Saline and sodic soils. Berlim, Springer-Verlag, 1982. 236p.

BUOL, S. W. Present soil-forming factors and processes in a arid and semiarid regions. Soil Science, 99(1):45-48, 1965.

_____.; HOLE, F. D. & McCRAKEN, R. J. Soil, genesis and classification. Ames, The Iowa State University Press, 1973 . 360p.

CARVALHO, A. P.; OLMOS, I. L., J.; JACOMINE, P. K. T. & CAMAR GO, M. N. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas para uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1988. 68p. (EMBRAPA.SNLCS.Do cumentos,11).

CARVALHO, L. G. O. Gênese dos solos halomórficos. In: Curso de Pedologia. Rio de Janeiro, Convênios MA/DPFS e USAID/BRASIL, 1966. v.2. cap. 28, p.1-18 (mimeografado).

CARTER, M. R. Effect of soil management on some chemical, physical and biological properties of a solonetzic soil . Soil Science, 138(6):411-416,1984

CHOUDARI, J. S. & SHARMA, K. D. Stream salinity in the indian arid zone. Journal of Hydrology, 71:149-163,1984.

CORDEIRO, G. G. Salinidade e sodicidade de solos agrícolas. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1982. 45p. (mimeografado).

COELHO, M. A. Aspectos da dinâmica da água em solos sódicos e salino-sódicos. Ciência Agrônômica, 14(1-2):55-59, 1986.

_____. Estudos sobre propriedades físicas de solos sódicos e salino-sódicos do Estado do Ceará. Boletim Técnico - Científico CCA, Série Solos, Fortaleza, 1:1-37, 1988.

_____. Variabilidade espacial de características físicas e químicas em solo salino-sódico. Ciência Agrônômica, 14(1-2):

149-154,1983.

_____ & FERREYRA, H., F. F. Characterization of salt-affected soils in the semiarid region of northern Brazil. Turrialba, 36(2):171-178,1986.

CPRM. Mapa geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. Fortaleza, SEPLAN-CEMINAS/SUDENE-DRN,1983.

CRUZ, W. B. & MELO, F. A. C. F. Zoneamento químico e salinização das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. SUDENE. Boletim de Recursos Naturais, 7(1-4):7-40,1969.

CUSTÓDIO, E. Hidrogeoquímica. In: Hidrogeologia subterrânea . (CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R., eds.). 2. ed. Barcelona, Omega. 1983. v.1, seção 10, p.1003-1027.

DARAB, K. The role of compounds in the formation and properties of salt-affected soils. In: HUNGARO-INDIAN SEMINAR ON SALT AFFECTED SOILS. Budapest, 1981. Proceedings. Budapest, Agro kémia és Talajtan, 30:105-120, 1981 (Suppl.).

DREGNE, H. E. Soils of arid regions. Amsterdam, Elsevier,1976, 235p.

DUDAL, R. & PURNELL, M. F. Land resources: salt affected soils. Reclamation & Revegetation Research, 5(1-3):1-9,1986.

DUQUE, J. G. Solo e água no polígono das secas. 5. ed. Mossoró, Fundação Guimarães Duque. 1980. v.CXLII, 276p. (Coleção Mossoroense).

EL-ASHRY, M. T.; SCHILFGAARDE, J. van & SCHIFFMAN, S. Salinity pollution from irrigated agriculture. Journal of Soil and Water Conservation, 40(1):48-52,1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro,1979, 1v.

- ESTADOS UNIDOS. Soil Management Support Services. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. Blacksburg, Virginia., USDA, 1990. 422p. (Technical monograph ,6).
- FERREYRA, H., F. F. & COELHO, M. A. Variação da concentração de sais na solução de um solo aluvial vértico cultivado com arroz sob inundação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8: 69-76, 1984.
- FORD, I. Algunas consideraciones sobre los pre-tratamientos de la arcillas para su identificación por difracción de rayos X. Montevideo, Facultad de Agronomía, 1988. 32p. (Nota Técnica, 3).
- FULLERTON, S. & PAWLUK, S. The role of seasonal salt and water fluxes in the genesis of solonetzic B horizons . Canadian Journal of Soil Science, 67(4):719-730, 1987.
- GOES, E. S. O problema da salinidade e drenagem em um projeto de irrigação do Nordeste e a ação da pesquisa com vista ao seu aproveitamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS irrigadas. Fortaleza, 1978. Anais. Fortaleza, Convênio SU DENE/DNOCS, 1978, p.4-24 (mimeografado).
- GRIM, R. E. Clay mineralogy. 2. ed. New York, McGraw Hill, cap. 5. p.127-164, 1968.
- GUNN, C. H. & RICHARDSON, D. P. The nature and possible origins of soluble salts in deeply weathered landscapes of eastern Australia. Australian Journal of Soil Science, 17: 197-215, 1979.
- GUPTA, R. K.; BHUMBLA, D. K. & ABROL, I. P. Effects of sodicity, pH, organic matter and calcium carbonate on the dispersion behavior of soils. Soil Science, 137(4):245-251, 1984.
- HORN, M. E.; RUTLEDGE, E. M.; DEAN, H. C. & LAWSON, M. Classification and genesis of some solonetz (sodic) soils in eastern Arkansas. Soil Science Society of America Proceedings, 28(5):688-692, 1964.

- HUANG, P. M. Feldspars, olivines, pyroxenes and amphiboles. In: Minerals in soil environments (DIXON, J. B. & WEED, S. B., eds.). Madison, Soil Science Society of America. 1977. cap. 15, p.553-602.
- JACKSON, M. L. Clay transformations in soil genesis during the quaternary. Soil Science, 99(1):15-22,1965.
- JACOMINE, P. K. T. et al., Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos da margem esquerda do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1976. 405p. ilustr. (BRASIL. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Boletim Técnico, 38). Brasil. SUDENE. DRN. Divisão de Recursos Renováveis, 7.
- _____. Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado de Alagoas. Recife, EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas, 1975a. 532p. ilustr. (Brasil. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico, 35). Brasil. SUDENE. DRN. Divisão de Recursos Renováveis, 5.
- _____. Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado de Sergipe. Recife, EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas, 1975b. 506p. ilustr. (Brasil. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico, 36). Brasil. SUDENE. DRN. Divisão de Recursos Renováveis, 6.
- JOHNSTON, C. D. Distribution of environmental chloride in relation to subsurface hydrology. Journal of Hydrology, 94 : 67-88, 1987.
- _____.; McARTUR, W. M. & PECK, A. J. Distribution of soluble salts in soils of the Manjimup woodchip licence area, western Australia. CSIRO, Australia, 1980 (CSIRO. Division of Land Resources Management. Technical Paper, 5).
- KAMPF, N. & KLANT, E. Mineralogia e gênese de latossolos (oxisols) e solos podzólicos da região nordeste do planalto sulriograndense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2 : 68-73, 1978.

- KHADER , S. Characteristics of some saline and sodic soils in Jordan. Dirasat: Natural Sciences, 6(2):105-116,1979.
- KLAGES, M. E. Effect of clay tipe and exchangeable cations on aggregation and permeability of solonetz soils. Soil Science, 102(1):46-52,1966.
- _____. & SOUTHWARD, A. R. Weathering of montmorillonite during formation of a solodic soil and associated soils. Soil Science, 106(5):363-368,1968.
- KOVDA, V. A. Soils in relation to salinity, irrigation and drainage. In: Irrigation, drainage and salinity. (KOVDA, V. A .; BERG, C. van den & HAGAN, R. M., eds.). London, FAO/UNESCO, Hutchinson & Co. Ltd., 1973. cap. 3, p.55-79.
- _____. & SAMOILOVA, E. M. Some problems of soda salinity. In: SYMPOSIUM ON THE RECLAMATION OF SODIC AND SODA-SALINE SOILS. Yerevan, 1969. Proceedings. Budapest, Agrokémia és Talajtan, 18:21-35,1969 (Suppl.).
- LEAL, A. S. Considerações sobre circulação de água em rochas cristalinas e salinização em região árida. Área piloto de Juazeiro-Curaçá, BA. Recife, SUDENE, 1969. 29p. (Série Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 24).
- LE MOS, R. C. & SANTOS, R. D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2. ed. Campinas, SBCS / EMBRAPA - SNLCS, 1984, 46p.
- LEOPOLDO, P. R.; MATSUI, E.; SALATI, E. & STOLF, R. Fracionamento isotópico da água do solo durante o processo de evaporação em presença de lençol freático. Revista Brasileira de Geociências, 9(4):281-288,1979.
- MACÊDO, L. S. Salinidade em áreas irrigadas. João Pessoa ,PB. EMEPA, 1988. 11p. (EMEPA. Comunicado Técnico).
- MAHJOORY, R. A. The nature and genesis of some salt - affected soils in Iran. Soil Science Society of America Journal , 43(5):1019-1024,1976.

- MAIANU, A. Natural conditions of salt accumulations in North Dakota. North Dakota Farming Research, 43(6):9-20,1986.
- MCKEAGUE, J. A. & ARNAUD, ST., R. J. Pedotranslocation: eluviation-illuviation in soils during the quaternary. Soil Science, 107(6):428-434,1969.
- MCWILLIAM, J. R. The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. Australian Journal of Plant Physiology, 13:1-13,1986.
- MELFI, A. J.;CERRI, C. C.;KRONBERG, B. I.;FYFE, W. S. & McKINNON, B. Granitic weathering: a brazilian study. Journal of Soil Science, 34:841-851,1983.
- MELO, J. G.; SALIM, J. & DINIZ, J. B. Análise hidrogeoquímica das aluviões do alto/médio Potengi,RN. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Fortaleza, 1984. Anais. São Paulo, ABAS, 1984. p.3-30 .
- MILLAR, A. A. & CORDEIRO, G. G. Características dos problemas de sais minerais em setores de irrigação em operação no projeto de São Gonçalo.In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS DO NORDESTE. Fortaleza, Convênio SUDENE/DNOCS,1978. 56p. (mimeografado).
- MONIZ, A. C.;ANDRADE, S. S. de & SANTOS, H. G. dos. Investigação das relações genéticas do solonetz-solodizado e plano sol do planalto de Porto Murinho,MT. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas,SP, 1975. Anais. Campinas, SBCS, 1976. p.475-480.
- MONIZ, A. C.;GRANDE, M. A. & OLIVEIRA, V. Solos do trecho Cabo Frio-Xerém (RJ): influência de regimes pluviais e de material de origem na pedogênese. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 14:205-214,1990.
- MOREIRA, E. G. S. Caracterização e gênese de três pedons de Solonetz-solodizado do sertão Central e do Médio Jaguaribe - Estado do Ceará. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1979, 83p. (Tese de Doutorado).

- MOREIRA-NORDEMANN, L. M. Geochemistry of some brazilian rivers. Revista Brasileira de Geociências, 11(3):153-158,1981.
- OLIVEIRA, J. G. B. Balanço hídrico segundo Thornthwaite - Municípios de Morada Nova e Ibicuitinga (Sitiá). Dados não publicados, 1986.
- OLMOS, I. L., J.; CAMARGO, M. N.; JACOMINE, P. K. T.; CARVALHO A, P. & SANTOS, H. G. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2. ed., revista e atualizada. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS,1988. 54p. (EMBRAPA.SNLCS.Documentos,3).
- ORTEGA SASTRIQUES, F. Las causas de la salinidad de suelos de Cuba. Ciencias de la Agricultura, 27:126-136,1986.
- _____.;PENA, J. & CASTILLO, N. La salinidad de los suelos de Cuba. Ciencias de la Agricultura, 27:137-144,1986.
- PEREIRA, J. R. Solos salinos e sódicos. In: Acidez e calagem no Brasil (RAIJ, van B.; BATAGLIA, O. G. & SILVA, N. N. Coords.). Campinas, SBCS, 1983. p.127-143.
- PINTO, G. C. P. Manejo ecológico da caatinga. In: SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL. Feira de Santana, BA, 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.193-204.
- QAYYUM, M. A. & KEMPER, W. D. Salt concentration gradients and evaporation. Soil Science, 93(5):333-342,1962.
- RAYCHAUDHURI, S. P. Ocurrences and reclamation of soils of high exchangeable sodium content in India. In: SYMPOSIUM ON THE RECLAMATION OF SODIC AND SODA-SALINE SOILS. Yerevan, 1969. Proceedings: Budapest,Agrokémia és Talajtan, 18 : 227 - 237, 1969 (Suppl.).
- _____.Transformation of clay minerals under saline and alkali conditions. Indian Natural Science Academy Proceedings,Part B, 40(3):315-319,1974.
- _____. & MURTHY, R. S. Genetic classification of some saline alkali soils of the Indo-Gangetic Alluvium. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7. Madison, 1960. Transact

ions. New York, Elsevier Publishing Co., 1961, v.4. p. 278
282.

RICHARDS, L. A. ed. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 4. ed. México, DF. Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. 172p. (Manual de Agricultura, 60).

SAMPAIO, J. B. M. de; MELO, V. de; OLIVEIRA, C. A. de; FREIRE, L. C. M. & COMPASSO, V. A. Levantamento de reconhecimento semidetalhado da área do planosol solódico no Estado do Rio Grande do Norte. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas, SP. 1975. Anais. Campinas, SBCS, 1976. p. 331
336.

SANCHEZ CAMAZANO, M.; LEDESMA, M.; GARCIA, A.; GALLARDO, J. F. & MARTINEZ-CARRASCO, R. Contribucion al estudio de los suelos salinos de la depression del Duero. II. Constitucion de la fracción arcilla e consideraciones finales. Anales de Edafologia y Agrobiologia, 32(11-12):1007-1024, 1973.

SANDOVAL, F. M. & REICHMAN, G. A. Some properties of solonetzic (sodic) soils in western North Dakota. Canadian Journal of Soil Science, 51:143-155, 1971.

SANS, L. M. A.; DEMATTE, J. L. I. & CARVALHO, A. Características físicas, químicas e mineralógicas de três solos de uma catena sob cerrado e sobre calcário, em Sete Lagoas, MG. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 3:54-61, 1979.

SANTIAGO, M. M. F. Mecanismos de salinização em regiões semiáridas. Estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré, no Ceará. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 1984. 176p. (Tese de Doutorado).

SCHAFFER, G. Secondary salinization in irrigated areas as a symptom of deficient water and salt balance. Plant Research and Development, 12:109-119, 1980.

SCHUMANN, W. Rochas e minerais. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1985. 223p.

- SCOTT, A. D. & SMITH, S. J. Sources, amounts and forms of alkali elements in soils. Advances in Soil Science, 6:101-147, 1987.
- SHAINBERG, I. & LETEY, J. Response of soil to sodic and saline conditions. Hilgardia, 52(2):1-57,1984.
- SIGHU, P. S. & GILKES, R. J. Mineralogy of soils developed on alluvium in the Indo-Gangetic Plain (India) . Soil Science Society of America Journal, 41(6):1194-1201,1977.
- SILVA, F. R. da. Efeito da relação de adsorção de sódio e concentração salina da água sobre a condutibilidade hidráulica e coeficiente de seletividade de Gapon em três solos de diferentes texturas. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 1988. 52p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, T. C. da. Contribuição da geomorfologia ao estudo dos ambientes da caatinga. In: SIMPÓSIO SOBRE A CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL. Feira de Santana, BA, 1984. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p. 49-72.
- SOUZA, M. J. N. de; LIMA, F. A. M. & PAIVA, J. B. Compartimentação topográfica do Estado do Ceará. Ciência Agrônômica, 9(1-2):77-86,1979.
- SUDEC. Mapa do município de Morada Nova. Escala 1:150.000, Fortaleza, SUDEC, 1980.
- SUDENE. Banco de dados hidrometeorológicos do Nordeste (Sistema de pluviometria). Recife, SUDENE/DRN/DH, 1986. (Boletim).
- SUDENE-ASMIC. Estudo geral de base do Vale do Jaguaribe. Parte 3 - Pedologia. Recife, SUDENE, 1967. 89p.
- SZABOLCS, I. Characterization and assessment of soil salinity and alkalinity. Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae. 34(3-4):375-380,1985.

- _____. Landscape geochemistry of soil salinization and alkalinization. In: HUNGARO-INDIAN SEMINAR ON SALT AFFECTED SOILS. Budapest, 1981. Proceedings. Budapest, Agrokémia és Talajtan, 30:47-62,1981 (Suppl.).
- _____. Review of research on salt-affected soils. Paris, UNESCO, 1979. 137p.
- _____. Salt-affected soils in Europe. Budapest, Martinus Nijhoff-The Hague, 1974. 63p.
- _____. The global problems of salt-affected soils. Acta Agronomika Academiae Scientiarum Hungaricae, 36 (1-2) : 159 - 172, 1987.
- TYUL'PANOV, V. I. & MANUKOV, S. A. Origin of exchangeable sodium in steppe solonchets of central and eastern Ciscaucasia. Soviet Soil Science, 13(4):70-81,1981.
- VALDIVIESO S., C. R. & CORDEIRO, G. G. Perspectivas de uso das águas subterrâneas do embasamento cristalino do Nordeste semi-árido do Brasil. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1985. 40p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 39).
- VAN DER MOLEN, W. H. & VAN OMNEM, H. C. Transport of solutes in soils and aquifers. Journal of Hydrology, 100:433-451,1988.
- VIANI, B. E.; AL-MASHHADY, A. S. & DIXON, J. B. Mineralogy of Saudi Arabian soils: Central Alluvial Basins. Soil Science Society of America Journal, 47(1):149-159,1983.
- VINAYAK, A. K.; JAWAHAR, L. S. & SIDHU, P. C. Clay minerals in some saline-sodic soils of the Indo-Gangetic Alluvial plains in Punjab. Journal of the Indian Society of Soil Science, 32: 478-482,1984.
- WHITTIG, L. D. & JANITZKY, P. Mechanisms of formation of sodium carbonate in soils. I. Manifestations of biological conversions. Journal of Soil Science, 14(2):322-333,1963.
- WILDING, L. P.; ODELL, R. T.; FEHRENBACHER, J. B. & BEAVERS, A. H. Sources and distribution of sodium in solonchetic soils in

Illinois. Soil Science Society of America Proceedings , 27
(4):432-437,1963.

WILLIAMSOM, D. R. The hidrology of some salt-affected soils in Australia. Reclamation and Revegation Research, 5(1-3) : 181
196,1986.

WONGSOMSAK, S. Salinization in northern Thailand. Southeast Asian Studies (KIOTO), 24(2):133-153,1986.

YADAV, J. S. P. Salt-affected soils and their management in India. In: HUNGARO-INDIAN SEMINAR ON SALT-AFFECTED SOILS. Budapest, 1981. Proceedings. Budapest, Agrokémia és Talajtan, 30:29-46,1981 (Suppl.).

ZAVALETA, A. Saline and alkali soils in Peru. In: SYMPOSIUM ON THE RECLAMATION OF SODIC AND SODA-SALINE SOILS. Yerevan,1969. Proceedings. Budapest, Agrokémia és Talajtan, 18:169 - 180, 1969 (Suppl.)