

MARCELO METRI CORRÊA

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS, MINERALÓGICOS
E MICROMORFOLÓGICOS DE SOLOS E AMBIENTE
AGRÍCOLA NAS VÁRZEAS DE SOUSA - PB**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

MARCELO METRI CORRÊA

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS, MINERALÓGICOS
E MICROMORFOLÓGICOS DE SOLOS E AMBIENTE
AGRÍCOLA NAS VÁRZEAS DE SOUSA - PB**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

APROVADA: 25 de outubro de 1999.

Prof. Hugo Alberto Ruiz
(Conselheiro)

Prof. Carlos Ernesto G.R. Schaefer

Prof. Maurício Paulo F. Fontes

Prof. Jaime Wilson V. Mello

Prof. João Carlos Ker
(Orientador)

*À minha família e a todas aquelas
pessoas que, de algum modo,
participaram desta experiência.*

AGRADECIMENTO

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso, à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, e à Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba, pelo apoio financeiro e logístico.

Ao Dr. José Antunes (Zezito) e ao professor Heber Pimentel, pelo apoio e pelas sugestões durante a execução dos trabalhos de campo.

Ao professor João Carlos Ker, pela amizade, pela dedicação, pelo incentivo, pelo companheirismo e, principalmente, pela orientação, que se mostrou segura e rica de conhecimento, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Solos, em especial a Maurício Paulo Ferreira Fontes, Carlos Ernesto G. Reynaud Schaefer, João Luiz Lani, Eduardo de Sá Mendonça e Hugo Alberto Ruiz, pelas sugestões e contribuições para a dissertação.

Aos funcionários do DPS, em particular a Tânia, Sônia, Luiz, Carlinhos, Carlos Henrique, Carlos Fonseca, Bené, Cláudio e Macarrão.

Aos colegas Vera Lúcia, Márcia, Walder, Wander, Ana, Maurício, Felipe, Renato, Guilherme, Fernando, Ednaldo, Aírton, Simone, Salete e Viviane, pela amizade e pelos momentos que tornaram a vida em Viçosa mais agradável; como também aos meus irmãos baianos Paulo Gabriel e Oldair.

Um eterno agradecimento a Clístenes e Lucirene, pelo seu grande apoio e amizade para comigo e minha família.

A Nelci que, durante minha vida em Viçosa, mostrou-se amiga e atenciosa. Sua presença foi muito importante e seu apoio, conforto e carinho fortaleceram-me nos momentos difíceis.

Ao Dr. Antônio Cabral e aos professores da UFRPE Paulo Klinger e Mateus Rosas, pelos primeiros ensinamentos em ciência do solo.

A minha família e à Sandra que, mesmo nos momentos difíceis, conseguiram me confortar e estimular para que conseguisse acabar este curso.

A todos aqueles que participaram de minha república, Gilson, João, José Rubenildo, Milson e aos amigos de graduação, Valdomiro, Gustavo, Andréa Rejane, Tarcísio e Dácio.

BIOGRAFIA

MARCELO METRI CORRÊA, filho de Ivonilzo Corrêa da Silva e Conceição de Maria Metri Corrêa, nasceu no dia 25 de dezembro de 1972, em Recife, Pernambuco.

Em 1991, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, graduando-se em 1996.

No ano de 1996, aperfeiçoou-se em levantamento e classificação de solos na EMBRAPA/CNPS, tendo participado do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco.

Em março de 1997, iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	ix
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Gênese de solos afetados por sais	3
2.2. Solos da região semi-árida, com ênfase naqueles da área estudada	7
2.2.1. Vertissolos	8
2.2.2. Planossolos	10
2.2.3. Brunos Não-Cálcicos	11
2.2.4. Aluviais	13
2.3. Descrição e estudos realizados na área do projeto	13
2.4. Caracterização das frações humificadas da matéria orgânica em regiões semi-áridas	15
2.5. Conhecimento popular versus ciência e tecnologia	17

3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Caracterização geral da área	19
3.1.1. Localização	19
3.1.2. Clima e vegetação	19
3.1.3. Geologia e geomorfologia	21
3.2. Seleção, coleta, preparo e análises de solos	22
3.2.1. Análises físicas	23
3.2.2. Análises químicas	23
3.2.2.1. Rotina	23
3.2.2.2. Ataque sulfúrico	23
3.2.2.3. Extrato de pasta de saturação	24
3.2.2.4. Extração de ferro e de manganês pelo ditionito-citrato e pelo oxalato de amônio	24
3.2.2.5. Extração e fracionamento de substâncias húmicas	25
3.2.3. Análises mineralógicas	25
3.2.4. Análises micromorfológicas	25
3.3. Entrevistas com os agricultores	26
3.4. Análise da oferta e demanda hídrica das bacias do rio do Peixe e Alto Piranhas	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Características macromorfológicas	28
4.2. Características físicas	34
4.2.1. Granulometria, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação, relação silte/argila e densidades do solo e de partículas	34
4.2.2. Retenção de água dos solos	37
4.3. Características químicas	39
4.3.1. Soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), pH, fósforo disponível e percentagem de saturação por sódio (PST)	39
4.3.2. Condutividade elétrica, pH, cátions e ânions do extrato da pasta saturada com água	42
4.3.3. Ataque sulfúrico	42
4.3.4. Ferro e manganês extraídos por ditionito e por oxalato na fração argila	47
4.3.5. Fracionamento da matéria orgânica	49

4.4. Características mineralógicas das diferentes frações do solo	52
4.4.1. Fração areia.....	52
4.4.2. Fração silte	57
4.4.3. Fração argila	57
4.5. Características micromorfológicas	68
4.6. Ambiente agrícola e uso da terra.....	71
4.6.1. Divisão de ambientes agrícolas dos pequenos agricultores da região das Várzeas de Sousa	71
4.6.2. Situação atual dos irrigantes do Projeto São Gonçalo.....	78
5. RESUMO E CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
APÊNDICES	98

EXTRATO

CORRÊA, Marcelo Metri, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2000. **Atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos de solos e ambiente agrícola nas Várzeas de Sousa - PB.** Orientador: João Carlos Ker. Conselheiros: João Luiz Lani e Hugo Alberto Ruiz.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar física, química, mineralógica e micromorfológicamente os solos localizados na região de Sousa - PB, enfatizando a identificação de minerais com potencial de salinização nas frações areia, silte e argila. Adicionalmente, foi avaliada a relação homem/solo, destacando-se as diferentes formas de manejo e os atributos adotados pelos pequenos agricultores na diferenciação dos ambientes. Para isso, foram selecionados e amostrados perfis de solo das classes: Aluviais, Bruno Não-Cálcico, Solonetz-Solodizado e Vertissolos. A maioria dos solos estudados apresenta severas restrições físicas à agricultura, como: alta pegajosidade e plasticidade, elevada densidade aparente, estrutura prismática ou colunar, pedregosidade superficial e susceptibilidade a erosão. Além do sódio, o magnésio aparece como cátion de grande importância na dispersão, sendo responsáveis pela elevada percentagem de argila dispersa, principalmente nos Vertissolos. Em função dos fatores de formação, os solos

apresentaram alta soma de base (SB), alta capacidade de troca catiônica (CTC), baixo conteúdo de carbono orgânico (CO), pH de ligeiramente ácido a básico e alto Ki. São baixos os teores de Fe_2O_3 obtidos pelo ataque sulfúrico para todos os solos. A relação Feo/Fed mais elevada em relação a solos mais intemperizados, no País, sugere a participação expressiva de óxidos de pior cristalinidade. O valor de 3,03% de Fe extraível por DCB no material de origem dos Vertissolos indica ataque ao ferro presente no mineral 2:1 e mesmo à hematita. É provável que esta, presente no solo, seja herdada do material de origem e que seja bastante resistente à transformação em goethita nas condições em que estes solos foram formados. A mineralogia cálcio-sódica das frações areia grossa, areia fina e silte pode ser a principal responsável pelos altos teores de cálcio, magnésio e sódio dos solos estudados. Foi verificada a presença marcante de vermiculita/esmectita e illita na fração argila de todos os solos estudados. Observou-se ainda a presença de feldspatos (microclinio) e quartzo para Vertissolos, Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado, contribuindo, nos dois primeiros, para maiores valores de K_2O pelo ataque sulfúrico. A cor “achocolatada” é provavelmente resultante da presença da hematita, dos óxidos de ferro amorfos e da matéria orgânica, estabilizada pela presença de argilominerais 2:1 e altos teores de cálcio e magnésio. O fracionamento da matéria orgânica após tratamento com $\text{HCl } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ resultou em aumento de 300 e 340% das frações ácidos húmicos e fúlvicos, respectivamente, e redução de 60% na fração humina, o que sugere a participação de humatos e fulvatos de cálcio e de magnésio na estabilização da matéria orgânica. A melhor correlação do magnésio com a relação FAHT1/FAHT2 (ácido húmico sem pré-tratamento/ácido húmico com pré-tratamento), comparada com o cálcio, sugere sua maior participação na estabilização da matéria orgânica, na forma de humatos de magnésio. Os critérios adotados pelos pequenos agricultores para separar a região estudada em diferentes ambientes correlacionaram-se com as diferentes classes de solos predominantes na área. Além disso, seus relatos mostram que as características de altas plasticidade e pegajosidade dos Vertissolos conferem uma forma bastante peculiar de “manejo primitivo” em época chuvosa, que é a abertura de covas e o plantio de culturas, como algodão e milho, com o calcanhar e a capina feita com o uso exclusivo das mãos.

ABSTRACT

CORRÊA, Marcelo Metri, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August of 2000. **Physical, chemical, mineralogical and micromorphological attributes of Floodplain soils and agricultural environment from Sousa -PB.** Adviser: João Carlos Ker. Committee members: João Luiz Lani e Hugo Alberto Ruiz.

The present work aimed to characterize the chemistry, physics, mineralogy and micromorphology of soils of the Sousa depression region of Paraíba, emphasizing the identification of minerals with high salinization potential, in the sand, silt and clay fractions. In addition, there was evaluated the soil-human relationship, identifying the agriculturalists criteria for stratifying the environment. For this purpose, soil classes of Alluvial, Non-calciic Brown, Solodized Solonetz and Vertisols were selected. The majority of soils studied showed severe constraints to agricultural use, such as: high plasticity and stickyness, high density, prismatic to columnar structure, surface stoniness and erosion susceptibility. Besides sodium, magnesium showed to be associated with the dispersion phenomenon, causing elevated dispersible clays, notably in the vertisols. Due to their formation, all soils have high exchangeable base sum, high CEC, low carbon content, slightly acid alkaline pHs and high Ki ratio. The Fe_2O_3

contents obtained by the sulfuric acid are low for all soils. The high Fe_o/Fe-DBD relationship suggests a dominance of low-crystalline Fe-oxides compared with soils from elsewhere in Brazil. The amount of 3% of Fe-CBD in the vertisols parent material is related to the presence of Fe-oxide in the pelitic sediment, being supposedly very resistant to further transformation into goethite. The presence of Ca/Na plagioclases is associated with high amounts of Ca and Na in these soils. There was observed a marked presence of vermiculite/smectite and illite in the clay fraction of all soils studied, as well as quartz and feldspar in the vertisols, Non-calcareous brown and Solonchak-Solonetz. This contributed to high K₂O contents in the two former soils. The cocoa-like color of the vertisols is due to hematite associated with 2:1 clays. The OM fractionation resulted in 300/340% increase of HA and FA fractions respectively, and reduction of 60% in the HU. The results suggest the Ca/Mg fulvates and humates participation in the OM stabilization. The field criteria adopted by local farmers allowed them to easily separate their environment into identifiable units, which correspond to the dominant soil classes. Oral communications revealed the importance of soil plasticity and stickiness of vertisols, opening the trenches for seeding/planting by feet, with hand weeding.

1. INTRODUÇÃO

A ação contínua dos processos pedogenéticos sobre a matriz rochosa confere características peculiares aos solos. Dependendo de qual processo predomine em sua formação, os solos podem adquirir características favoráveis ou não para o desenvolvimento e a manutenção da vida em sua superfície.

A salinização como conseqüência de inadequado manejo do sistema solo-água tem sido relatada com freqüência no meio técnico-científico. Contudo, sabe-se que a salinidade dos solos está fortemente relacionada com a formação geológica predominante na paisagem e com sua drenagem. Esses fatores têm proporcionado o surgimento de solos fortemente afetados por sais nas zonas áridas e semi-áridas do globo.

Na região semi-árida do Brasil, em razão da diversidade litológica, de relevo e de clima, verifica-se a presença de diversas classes de solos. Na região conhecida como “Várzeas de Sousa”, na Paraíba, além de áreas com solos afetados por sais, são comuns aquelas com solos com alta pegajosidade e plasticidade, resultante do predomínio de argilas de alta carga. Dentre esses solos, destacam-se: os Planossolos-Solódicos, Solonetz-Solodizados, Aluviais vérticos e Vertissolos, estes últimos preferidos e mais utilizados pelos agricultores.

É oportuno ressaltar que o homem do campo, através de sua experiência, naturalmente consegue manejar e produzir nesses ambientes, mesmo que seja de forma precária. Entretanto, rendimentos mais elevados só podem ser obtidos pelo uso de técnicas apropriadas de manejo, como irrigação, plantio de culturas adaptadas e sistema de drenagem artificial.

A caracterização detalhada desses solos, física, química, mineralógica e micromorfológica, constitui uma ferramenta importante para auxiliar no direcionamento de manejos alternativos que potencializem o seu uso.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos:

- Caracterizar física, química, mineralógica e micromorfológicamente os solos localizados na região das Várzeas de Sousa-PB, enfatizando a identificação de minerais com potencial de salinização nas frações areia, silte e argila.
- Avaliar, por meio de entrevistas, a relação homem/solo, destacando-se as diferentes formas de manejo e os atributos utilizados na diferenciação dos ambientes, adotados pelos pequenos agricultores da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Gênese de solos afetados por sais

A ação contínua dos diferentes fatores ambientais sobre a litosfera contribui para a formação das diversas comunidades bióticas ou pedobiomas que ocupam o solo (WALTER, 1986). Dentre elas, tem-se o domínio das caatingas, que, segundo DUQUE (1980), é um tipo de vegetação que se caracteriza por: “um conjunto de árvores e arbustos espontâneos, densos, baixos, retorcidos, de aspecto seco, de folhas pequenas e caducas no verão seco, com raízes muito desenvolvidas, grossas e penetrantes”, ocorrendo em clima semi-árido sobre ampla variação de solos. Dentro desse domínio, é comum a ocorrência de comunidades de plantas que se adaptam, morfológica e fisiologicamente, ao efeito do alto potencial osmótico e da toxidez provocado por altas concentrações de sais, principalmente de cloretos, sulfatos e carbonatos de cálcio, magnésio e sódio. Estas comunidades caracterizam os halobiomas, como por exemplo algumas áreas de carnaubeiras.

Grandes áreas no mundo encontram-se afetadas por sais, e, com o passar dos anos, elas vêm crescendo em ritmo acelerado. RICHARDS (1995) estima que aproximadamente 10% das áreas cultivadas no mundo estão inseridas nessa situação. Na região semi-árida do Brasil, essa situação também é preocupante, principalmente nos perímetros irrigados.

CORDEIRO e LIMA FILHO (1995) relatam que ainda não é satisfatório o conhecimento dos solos afetados por sais no Nordeste do Brasil, sendo sua área subestimada. Pereira (1983), citado por CORDEIRO e LIMA FILHO (1995), estimou que 9,4% dos solos (1.110.000 km²), correspondente aos Estados da Bahia até o Ceará, são afetados por sais, encontrando-se solos como o Solonchak, Solonetz-Solodizado e Planossolo Solódico.

Diversos autores comentam sobre a salinidade como consequência de inadequado manejo da irrigação (RICHARDS, 1954; PIZARRO, 1985; FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987; RENGASAMY e OLSSON, 1995; SUMNER, 1995). Contudo, geneticamente, a salinização dos solos está fortemente relacionada com a formação geológica predominante na paisagem e com sua drenagem, tendendo a ocasionar acumulação de sais quando esta última for deficiente. Além desses fatores, têm-se ainda a alta taxa de evapotranspiração e a presença de aquíferos subterrâneos com água enriquecida por sais (RICHARDS, 1954; SZABOLCS, 1995; OLIVEIRA, 1997).

Percebe-se com isso que, dependendo do material de origem, os solos podem estar mais ou menos predispostos à salinização, ou, ainda, que a salinidade pode se desenvolver com maior ou menor intensidade. Segundo SUMNER (1995), vários solos que ocorrem em climas semi-áridos possuem quantidades apreciáveis de minerais intemperizáveis (feldspatos, hornblendas, plagioclásios, calcita e gipsita), os quais podem manter altas atividades de íons cálcio, magnésio e sódio em solução. Portanto, a identificação dos diversos tipos de minerais que têm em sua constituição elementos que podem contribuir com a salinização e, ou, alcalinização do solo é de fundamental importância para o entendimento deste processo em determinada região.

É evidente que, para as mesmas condições de clima, relevo, organismos e tempo, materiais de origem ricos em minerais sódicos e, ou, cálcio-sódicos podem induzir naturalmente o aumento da concentração de sais no solo. Denomina-se esse tipo de fenômeno de salinização primária, que seria a concentração salina no solo antes da ação antrópica.

RICHARDS (1954) relata que são poucos os casos de acúmulo de sais derivados diretamente dos minerais primários suficientes para originar um solo salino. No entanto, SZABOLCS (1995) afirma que a maioria dos solos afetados por sais é desenvolvida por processos geológicos, hidrológicos e pedológicos naturais, e a maior parte desses solos já existe há milênios. Deve-se salientar que, na região semi-árida do Brasil e de outras partes do mundo, antes da implantação dos perímetros irrigados, algumas áreas já apresentavam problemas de salinização. FERREIRA (1966), estudando uma área de 4.531 ha no perímetro irrigado de Moxotó - PE, antes da implantação da irrigação, verificou que 34% dessa área já apresentava problemas com sais. Posteriormente, o DNOCS (1970), estudando uma área de aproximadamente 10.000 ha nesse mesmo perímetro, também antes de implementada a irrigação, constatou que 41% da área era ocupada por solos salinos e, ou, sódicos.

ROADES et al. (1968) demonstraram que a quantidade liberada de Ca^{2+} e Mg^{2+} em vários solos do semi-árido da Califórnia (EUA), intensivamente lixiviados com soluções cloretadas de diferentes composições e concentrações, foi conseqüência da dissolução da calcita e de minerais intemperizáveis, como feldspatos, hornblenda e minerais máficos comuns. Verificou-se, também, que a liberação desses íons divalentes na solução do solo aumentou com o teor de sódio das águas aplicadas, resultando, finalmente, numa diminuição no valor da razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação e, conseqüentemente, no risco de sodicidade do solo. Os resultados de aumento de íons divalentes na solução do solo também foram obtidos por ROADES (1968), quando se utilizaram águas carbonatadas.

A RAS é muito utilizada para avaliar e monitorar a sodicidade da água de irrigação (RAS da água de irrigação) ou do solo (RAS do extrato da pasta de saturação). É a partir dela que se pode estimar a porcentagem de sódio trocável (PST) (RICHARDS, 1954), sendo este um dos atributos utilizados para classificar solos quanto à sua sodicidade. De acordo com o mesmo autor, os solos sódicos são aqueles que apresentam PST maior que 15% e condutividade elétrica (CE) menor que 4 dS m^{-1} , com pH entre 8,5 e 10.

Atualmente vem sendo questionada a aplicabilidade desses números, e SUMNER (1995) relata que vários autores vêm sugerindo valores diferenciados daqueles propostos por RICHARDS (1954) na definição de solos afetados por sais, principalmente em regiões de clima tropical. COOK e MULLER (1997) sugerem a mudança da PST para um novo índice-Concentração de Sódio Trocável (CST), ou seja, o teor de sódio trocável do solo, afirmando que o último representa melhor a sodicidade do solo.

OSTER e SHAINBERG (1979), estudando solos da Califórnia e de Israel, verificaram a contribuição de feldspatos-K, plagioclásios e calcita, principalmente da fração silte, no aumento da concentração de cálcio, magnésio e potássio na solução do solo e que esta contribuição foi maior com a presença do sódio trocável.

SHAINBERG et al. (1981), estudando três solos da Califórnia (Typic Haploxeralfs, Mollic Haploxeralfs e Typic Torrifuvents), observaram que os dois últimos apresentaram quantidades significativas de minerais intemperizáveis e tiveram suas características, como dispersão de argila e condutividade hidráulica, menos afetadas pelo sódio trocável. Estes autores interpretaram tal comportamento como decorrente da manutenção da concentração eletrolítica pelo intemperismo dos minerais, o suficiente para manter a estruturação do solo.

No Brasil, há poucos trabalhos relacionados com essa linha de pesquisa. SOUSA (1995), trabalhando com solos Aluvial, Solonetz-Solodizado, Regossolo e Bruno Não-Cálcico de áreas semi-áridas de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, constatou, por difratometria de raio X, picos de plagioclásios cálcio-sódicos e estimou a sua composição química usando as expressões derivadas dos gráficos de Smith (1956), citado por HUANG (1989). Concluíram, estes autores, que a alta proporção desses minerais nesses solos indica alto potencial de fornecimento de sódio. SCHAEFER e DALRYMPLE (1996), em solos com estrutura colunar na Amazônia, verificaram que o alto teor de Na^+ (1,56 a 2,39%) era resultante do intemperismo de Na-plagioclásio.

A drenagem deficiente também é um dos fatores que promovem a salinização dos solos. Solos mal drenados, condicionados por um estado específico de relevo, sob irrigação inadequadamente manejada, podem ser salinizados e, em condições mais extremas, chegar ao ponto no qual sua correção se torna economicamente inviável. No Nordeste brasileiro, solos dessa natureza são bastante comuns em perímetros irrigados, devido, além da irrigação mal conduzida, ao uso de água inadequada para irrigação (AUDRY e SUASSUNA, 1995; CORDEIRO e LIMA FILHO, 1995). Segundo AUDRY e SUASSUNA (1995), 38,3% das águas de diversas fontes (rios, açudes e poços) do semi-árido nordestino do Brasil apresentam restrição ao uso, sendo apenas recomendada para solos permeáveis e culturas tolerantes aos sais; 12,8%, além das limitações assinaladas, apresentam risco de sodificação, que torna seu uso mais problemático ainda; e 7,6% correspondem a águas impróprias para irrigação. A esse tipo de salinização, induzida pelo homem, denomina-se salinização secundária.

2.2. Solos da região semi-árida, com ênfase naqueles da área estudada

A ação dos processos pedogenéticos na região semi-árida tem conferido características peculiares aos solos; dentre estas podem-se citar: acumulação de carbonato de cálcio, formação de horizonte nátrico, predomínio de argilas 2:1 e cobertura superficial pedregosa (pavimento desértico).

Na região semi-árida do Brasil, em razão da diversidade litológica, de relevo e da maior ou menor aridez do clima, verifica-se a presença de diversas classes de solos, com áreas extensas de solos pouco desenvolvidos - Solos Litólicos (19,2%) - e também de solos muito evoluídos, como os Latossolos (21%). São também expressivas as áreas ocupadas pelos Bruno Não-Cálcicos (13,3%) e Podzólicos (14,7%). Em menor proporção, ocorrem Planossolos (9,1%), Solonetz-Solodizado (1,4%), Vertissolos (1,3%), Cambissolos (3,6%), Rendzinas (0,3%) e Areias Quartzosas (9,3%) (JACOMINE, 1996).

2.2.1. Vertissolos

Os Vertissolos são encontrados em vários estados, principalmente na região Nordeste (BRASIL, 1971a, 1972, 1973a, 1973b, 1975, 1986a, 1986b; EMBRAPA, 1998). Estão geralmente associados a materiais de origem, como calcário, sedimentos argilosos ricos em cálcio e magnésio, materiais xistosos, folhelhos, anfibolitos e basalto, em condições climáticas e, ou, de relevo que impeçam a remoção acentuada de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , do solo (BRASIL, 1972, 1973b, 1973c, 1975, 1986; AHMAD, 1983; OLIVEIRA et al., 1992; NUNES, 1999). No mundo, outros autores relatam a ocorrência desses solos sobre basalto (SIMONSON, 1954; AHMAD e JONES, 1969), folhelhos (AHMAD e JONES, 1969) e gnaisse rico em hornblenda e granada (Junner e Bates, citados por ACQUAYE et al., 1992).

São solos com grande amplitude de cores: oliváceas (BRASIL, 1973a), amareladas (LYRA et al., 1995; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1998), negras (BRASIL, 1973c) e achocolatadas (BRASIL, 1972; EMBRAPA, 1998). A rubificação, termo utilizado para indicar a presença de hematita e conseqüente avermelhamento do solo, vem atraindo a atenção de muitos pedólogos, estudando diferentes solos (VOLKOFF, 1978; RIBEIRO, 1982; KÄMPF e SCHWERTMANN, 1983), principalmente em regiões de clima árido e semi-árido (Sticher, citado por TORRENT, 1995).

Segundo SCHWERTMANN (1985), os fatores ambientais que podem favorecer a formação da hematita são: temperatura mais elevada, baixo conteúdo de matéria orgânica, pH próximo a neutro e alto conteúdo de cálcio e magnésio. TORRENT (1995) afirma que estas condições são encontradas em solos bem drenados, em clima mediterrâneo, sobre rocha calcária, sedimentos inconsolidados e vários tipos de rochas ígneas. Entretanto, ainda segundo o mesmo autor, essas condições são raramente encontradas em materiais de origem que possuem baixa condutividade hidráulica, como argilitos, mármore e quartzitos densos.

Nestes solos, além dos óxidos de ferro chamados “livres” (hematita, goethita, etc.), parte expressiva do ferro pode estar presente na estrutura de minerais de argila silicatados, como esmectitas (nontronitas) e ilitas (TORRENT, 1995; YERRISWAMY et al., 1995) e mesmo em concreções de carbonato de cálcio (BLOKHUIS et al., 1968; GOVINDA RAJAN et al., 1972; MERMUT e DASOG, 1986).

Os Vertissolos geralmente apresentam textura argilosa a muito argilosa, fendas na superfície e subsuperfície e microrelevo “gilgai” (HARRIS, 1959; OLIVEIRA et al., 1992). Estes solos possuem alta densidade aparente quando secos e baixíssima condutividade hidráulica quando úmidos. São quase invariavelmente eutróficos (OLIVEIRA et al., 1992; EMBRAPA, 1999), com reação ácida a fortemente alcalina e conteúdo de matéria orgânica geralmente baixo (AHMAD, 1983; LYRA et al., 1995).

Estes solos, por terem experimentado intemperismo menos intenso, geralmente possuem quantidades consideráveis de minerais mais ou menos resistentes à decomposição nas frações grosseiras. Na fração areia e silte, SUREKHA et al. (1997) e WALIA e RAO (1997) constataram predomínio do quartzo, seguido de feldspatos e micas, em Vertissolos da Índia. No silte, WALIA e RAO (1997) verificaram, ainda, a presença de clorita.

Na fração argila, embora o nome Vertissolo induza a pensar em predomínio de argila 2:1, o que é realidade na maioria dos casos (AHMAD e JONES, 1969; AHMAD, 1983; ACQUAYE et al., 1992; LYRA e RIBEIRO, 1995; BALPANDE et al., 1997; PHARANDE e SONAR, 1997; EMBRAPA, 1998; LYNN et al., 1996; NUNES, 1999; OLIVEIRA, 1999), outros componentes mineralógicos são também citados: esmectitas e caulinitas em partes iguais (YARIMA et al., 1985) e até mesmo predomínio de caulinita em relação à esmectita (YARIMA et al., 1985; EMBRAPA, 1998).

2.2.2. Planossolos

Os Planossolos ocorrem em diversas partes do mundo, principalmente na África, Austrália e América Latina, perfazendo cerca de 151 milhões de hectares (BEEK et al., 1980). Geralmente ocorrem em áreas que apresentam alternância de ciclos de umedecimento e secagem e em áreas de topografia plana ou deprimida, podendo, em alguns casos, ocorrer em superfícies moderadamente onduladas (JACOMINE, 1996). No Brasil, os Planossolos ocorrem em vários estados (BRASIL, 1971b; BRASIL, 1973c; RESENDE, 1988; SCHEAFER et al., 1993), sendo mais expressivo no semi-árido do Nordeste (OLIVEIRA et al., 1992).

São solos que apresentam um horizonte superficial geralmente esbranquiçado, transicionando abruptamente para um horizonte rico em argilas, com alta densidade (NIKIFOROFF, 1937; LARSON et al., 1947; KUNZE e OEKES, 1957; EMBRAPA, 1983; LUZ et al., 1992). Este último horizonte, denominado B plânico (EMBRAPA, 1999), constitui por vezes um pão. É responsável pela formação do lençol de água suspenso e periódico, conferindo ao solo cores típicas de solos relacionados com reações de oxirredução e, ou, mosqueamento (RESENDE, 1989; OLIVEIRA et al., 1992).

De modo geral, os Planossolos são normalmente eutróficos. Podem apresentar reação fortemente ácida ou neutra no horizonte superficial, tornando-se alcalina na subsuperfície (PINHEIRO e PANIGATTI, 1972; OLIVEIRA et al., 1992). HUTCHESON et al. (1959), PALMIERI e SANTOS (1980) e EMBRAPA (1983) mencionam a ocorrência de Planossolos com reação fortemente ácida no horizonte subsuperficial e saturação por alumínio trocável variando de 73 a 90%. SCHEAFER e DALRYMPLE (1996) também descrevem a ocorrência de Planossolos com reação ácida em subsuperfície, com a saturação de alumínio atingindo 24%.

Na região semi-árida do Brasil, é comum a presença do íon sódio, ocupando porção considerável do complexo de troca, conferindo aos Planossolos o atributo de solódico ($6 < PST \leq 18$ – Solonetz Solodizado) ou sódico ($PST > 18$) (EMBRAPA, 1999). Há várias origens para ocorrência

do íon sódio no solo, podendo ser devido a intemperização de rochas contendo minerais como feldspatos e feldspatóides (WILDING et al., 1963; LEWIS e DREW, 1973) ou outros minerais sódicos ou cálcio-sódicos (SUMNER, 1995); aporte geoquímico de elementos solúveis de alteração de rochas ao longo de pendentes; e contribuição de sais de NaCl e Na₂SO₄ em lâminas de águas de irrigação (RICHARDS, 1954; PIZARRO, 1985).

Com relação a suas características mineralógicas, na região do agreste pernambucano, a fração calhau desses solos é composta essencialmente por quartzo com impregnação de feldspatos. As frações cascalho e areia apresentam composição similar, com traços de ilmenita, hornblenda e mica (BRASIL, 1973a; SILVA, 1986; OLIVEIRA NETO, 1992). ANTONELLO (1989) verificou que a fração areia dos Planossolos do Estado de Pernambuco apresenta maior reserva de minerais de fácil intemperização que os demais solos do referido estado. SILVA (1986) e OLIVEIRA NETO (1992) também observaram, na fração silte, a ocorrência de quartzo, feldspatos e micas, juntamente com caulinita.

A fração argila apresenta composição muito diversificada, o que ocorre em função do material de origem, das condições ambientais e do relevo. É citada a ocorrência de argilominerais do tipo 2:1, expansivos ou não, associados à caulinita (JARVIS et al., 1959; HUTCHESON et al. 1959; WILDING et al., 1963; SMITH e WILDING, 1972; PINHEIRO e PANIGATTI, 1972; LUZ et al., 1992), interestratificados (SMITH e WILDING, 1972), cloritas e feldspatos (SMITH e WILDING, 1972; KUNZE e OEKES, 1957; CULVER e GRAY, 1968; RITCHIE et al., 1974; FEIJTEL et al., 1988) e quartzo (SILVA, 1986; OLIVEIRA NETO, 1992).

2.2.3. Brunos Não-Cálcicos

Os Bruno Não-Cálcicos ocupam 98.938 km² do domínio das caatingas nordestinas (JACOMINE, 1996). Apresentam-se avermelhados, rasos, eutróficos e com argila de alta atividade (BRASIL, 1971, 1972, 1973a, 1973b, 1975, 1986a; EMBRAPA, 1998). Ocorrem mais freqüentemente em topos arredondados e encostas de relevo

suave ondulado, transicionando para solos planossólicos nas posições mais baixas, onde há maior impedimento à drenagem. Segundo OLIVEIRA et al. (1992), são bastante utilizados no Nordeste do Brasil, com pastagem e culturas de sisal, palma forrageira, milho e feijão.

Apresentam seqüência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, com transição entre A e Bt geralmente abrupta. Devido a este tipo de transição entre o horizonte superficial e o subsuperficial e às características climáticas da região onde ocorrem (chuvas concentradas), esses solos sofrem intensa erosão, com conseqüentes ciclos de transporte e acúmulo de materiais. É comum, por estas razões, encontrar perfis truncados ou desenvolvidos de materiais que são em parte autóctones e em parte alóctones (BRASIL, 1973a; LUZ et al., 1992).

Com relação à mineralogia da fração areia, BRASIL (1972, 1973a), OLIVEIRA et al. (1992) e EMBRAPA (1998) descrevem a existência de perfis com grande quantidade de minerais de fácil intemperização, notadamente feldspatos potássicos. Há registro de solos com mais de 40% desses minerais nesta fração.

LUZ et al. (1992) relatam o predomínio de quartzo, seguido de biotita, feldspatos e anfibólitos, nas frações grosseiras. No silte, os mesmos autores verificaram uma constituição básica de quartzo e feldspatos, com indicativos de minerais secundários, como vermiculita e esmectita, e possível presença de interestratificados e ilitas. A presença de esmectita nesta fração foi atribuída a um possível carreamento de argila durante o fracionamento textural. Entretanto, ela pode ser resultante da presença de pseudomorfos de esmectitas sobre grãos de anfibólio e biotita. Na argila, esses autores observaram caulinita, esmectita e interestratificados. SAXENA e SINGH (1983) verificaram o predomínio de montmorilonita, ilita, clorita e pequena quantidade de vermiculita na fração argila de Brunos Não-Cálcicos da região de Rajasthan (Índia).

2.2.4. Aluviais

Outra classe de solo, a de maior gama de alternativas de uso na zona semi-árida, são os Aluviais, que ocupam 15.932 km² do domínio das caatingas (JACOMINE, 1996), correspondendo a 2% do total. Por serem derivados de sedimentos aluviais diversos, estes solos possuem os mais diferentes aspectos com relação às suas características morfológicas, físicas, químicas e físico-químicas.

SOUSA (1995) verificou a existência de plagioclásios na fração grosseira, assim como de mica, caulinita e minerais expansíveis na argila, em solos Aluviais do sertão de Pernambuco. SAXENA e SINGH (1983) descrevem o predomínio de illita na fração argila, com presença de montmorilonita, clorita e vermiculita em aluviais de Rajasthan (Índia).

Estão situados em região de várzea, onde as condições de umidade são favoráveis à agricultura. No Nordeste são utilizados tanto para agricultura de sequeiro como irrigada, sendo exploradas as culturas de algodão, feijão, mandioca, melão, melancia e hortaliças. Alguns perfis podem apresentar textura argilosa e, ou, alto conteúdo de sais solúveis em água.

2.3. Descrição e estudos realizados na área do projeto

No Estado da Paraíba, uma porção da bacia hidrográfica dos rios Piranhas e do Peixe, localizada próxima à cidade de Sousa (“Várzeas de Sousa”), vem recebendo atenção há mais de quatro décadas por entidades do Governo Federal, com o intuito de formar um pólo de produção de hortifrutos irrigadas. Para isso, está sendo feita a transferência das águas do Açude Estevam Marinho (Ex-Curema/Mãe D’água), que possui capacidade de armazenamento de 1.358.000.000 m³ de água. Esse projeto é de grande importância socioeconômica para o estado, já que a irrigação proporciona atividades que geram emprego e aumentam a renda e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população, proporcionando melhores condições para o homem do campo.

Desde a década de 50, vários estudos foram e vêm sendo realizados pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), com o intuito de viabilizar o projeto. Segundo CARNEIRO (1993), destacam-se o estudo realizado pelo Engenheiro Luiz Saboia de Albuquerque, em 1960, e o relatório apresentado ao DNOCS e à Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), intitulado “Estudo da Bacia do Rio Piranhas”, elaborado por uma equipe técnica norte-americana do Bureau of Reclamation – United States Department of the Interior, em 1963. O mesmo autor relata que ambos verificaram a existência de uma área de aproximadamente 3.000 ha possivelmente irrigáveis na bacia do rio Piranhas. Entretanto, em uma análise econômica feita por uma comissão de técnicos do DNOCS, ao se examinar o relatório da missão do Bureau of Reclamation, concluiu-se que seria inviável a implantação do projeto, visto que o empreendimento seria da ordem de 14,5 milhões de dólares, apresentando uma baixa relação benefício/custo.

Em março de 1968, a Hidroservice – Engenharia de Projetos Ltda. encaminhou um relatório ao DNOCS e à SUDENE, após um levantamento de reconhecimento de 53.000 ha de solos na região das “Várzeas de Sousa”, registrando a presença de 9.700 ha de solos com melhores condições de serem irrigados, com a possibilidade de extensão do aproveitamento hidroagrícola a mais de 3.200 ha (SUDENE, 1968).

Em 1998, a Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais (SEMARH), juntamente com a Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), realizou estudos na área de solos e hidrologia. Estes estudos indicaram que, dos 14.000 ha mapeados, aproximadamente 9.000 ha são aptos para irrigação e que cerca de 5.000 ha apresentaram características físicas e, ou, químicas que os classificaram como restritos ou inaptos para irrigação.

De acordo com os trabalhos mencionados (SECRETARIA... - SEMARH, 1998), os solos foram classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelos, Brunos Não-Cálcicos, Vertissolos e Aluviais. Todos apresentaram atributos que os caracterizaram como problemáticos para o uso da irrigação sem um correto manejo. Os principais atributos limitantes foram o caráter vértico, salino, solódico e sódico, ou ainda o salino-sódico,

além de outros, como a baixa condutividade hidráulica, que nos Vertissolos atingem $1,5 \text{ cm h}^{-1}$. Além desses solos, há na área os Planossolos Solódicos, os Solonetz-Solodizado e os Litólicos, que se apresentam como inaptos para irrigação.

Segundo DNPM (1970), BRASIL (1981), CDRM (1982) e DNPM (1984), foi constatada na região a presença de minerais como feldspatos (microclina) e plagioclásios. Os mesmos autores descrevem a região como composta por três formações geológicas, as quais variam em composição, textura e espessura. Essas formações afloram em diferentes partes da área e são denominadas Formação Antenor Navarro, Formação Sousa e Formação Piranhas, apresentando texturas psamítica com psefitos, pelíticas com psamitos e psamíticas com psefitos, respectivamente, que representam fases de deposição distintas. Litologicamente, a Formação Antenor Navarro e a Formação Piranhas possuem arenitos de tamanhos variados, feldspáticos e, às vezes, calcíferos. Já a Formação Sousa é constituída por siltitos e folhelhos, micáceos e calcíferos. Portanto, a área sugere uma composição geoquímica diferenciada, com importância na contribuição de cátions para a solução do solo, favorecendo a sodicidade e, ou, salinidade.

2.4. Caracterização das frações humificadas da matéria orgânica em regiões semi-áridas

A matéria orgânica do solo é constituída de várias substâncias orgânicas, resultantes da decomposição parcial ou total da fauna e flora do solo (TAN, 1982; FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987). Mesmo em pequena quantidade, ela interfere nas condições hídricas do solo, favorecendo a penetração e o armazenamento de água no solo, e aumenta a resistência à erosão tanto hídrica como eólica. Possui, ainda, grande importância nos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem durante a gênese do solo (VOLKOFF e CERRI, 1980).

Constituindo a maior parte da matéria orgânica do solo, o húmus, ou a fração húmica, é considerado sua parte mais estável. Este não apresenta

nenhuma característica morfológica do material que o originou, sendo constituído por uma série de substâncias com ampla variação de cores, contendo vários grupos funcionais (carboxílicos, fenólicos, carbonil, etc.); que permitem reações com a fração coloidal inorgânica do solo. Basicamente é constituído por ácidos fúlvicos e ácidos húmicos e humina, conforme sua solubilidade em meio alcalino ou ácido (HAYES et al., 1989).

A separação da matéria orgânica nestas diferentes frações (ácidos fúlvicos e húmicos e humina) faz-se necessária para o entendimento de certos fenômenos não-explicáveis apenas com o valor do carbono total (LONGO, 1982). Além disso, este último não dá nenhuma indicação em relação à qualidade da matéria orgânica.

Segundo KONONOVA (1966), os processos de formação e decomposição dos diferentes constituintes da matéria orgânica dependem das condições de formação do solo, cobertura vegetal e atividade dos microrganismos, das propriedades físicas, químicas e físico-químicas do solo e da atividade do homem. De acordo com este autor, as diversas combinações desses fatores determinam o estado da matéria orgânica do solo, caracterizado pela quantidade e composição do húmus, pela sua distribuição no perfil e por sua interação com a fase mineral do solo.

Várias inferências sobre o papel do clima, do solo e da vegetação na formação da matéria orgânica foram realizadas por Andreux e Becerra (1975), citados por LONGO (1982). Eles observaram que em regiões de clima quente e úmido, com ausência de contrastes climáticos, a polimerização dos precursores húmicos e sua conversão em macromoléculas de alto peso molecular são impedidas. Observaram, também, que solos com predomínio de caulinita apresentam menor quantidade de complexos argilo-húmus em relação àqueles que possuem argilominerais 2:1. Estes últimos promovem a adsorção de moléculas orgânicas, favorecendo sua polimerização e transformação em compostos húmicos de alto peso molecular.

Apesar de vários trabalhos de fracionamento de húmus terem sido realizados no Brasil, percebe-se que a compreensão da relação pedogênese das diferentes classes de solos/distribuição e composição química das frações humificadas é, ainda, pouco expressiva. De forma

geral, o fracionamento do húmus nos solos brasileiros tem revelado o predomínio da fração humina sobre os ácidos fúlvicos e húmicos. Nesse sentido, entre as classes de solos estudadas, têm-se: Latossolos (MENDONÇA e ROWELL, 1994; MENDONÇA, 1995; BORGES e KEIHL, 1996; NUNES, 1999), Podzólicos (MIRANDA, 1996; NUNES, 1999), Brunizém-Avermelhado (MIRANDA, 1996; NUNES, 1999), Litólicos (MIRANDA, 1996), Terra Roxa (NUNES, 1999), Gleis (NUNES, 1999), Vertissolos (NUNES, 1999), Cambissolos (CUNHA e RIBEIRO, 1998) e Rendzinas (OLIVEIRA, 1999). No entanto, GOMES et al. (1998) e BENITES (1998) descrevem o predomínio das frações ácidos fúlvicos e húmicos em horizontes Bhs de Podzóis de restinga do norte-fluminense, no Rio de Janeiro, e da Serra do Brigadeiro, em Minas Gerais, respectivamente.

VOLKOFF e CERRI (1980), estudando três diferentes perfis de solos da região semi-árida do Rio Grande do Norte, relatam a importância da ação nucleadora dos argilominerais 2:1, dos íons cálcio presentes no meio e da alternância de umedecimento e secagem na transformação de substâncias orgânicas em polímeros orgânicos, como ácidos húmicos fortemente polimerizados, e em compostos do tipo humina. Outros autores, como BRYDON e SOWDEN (1959), SCHNITZER e KHAN (1972) e DUCHAUFOR (1973), comentam sobre a ação nucleadora dos íons cálcio, favorecendo a formação rápida de complexos insolúveis.

Em regiões semi-áridas da África, DUCHAUFOR e DOMINGUEZ (1963) constataram, em Vertissolos e outros solos argilosos negros, o predomínio de ácidos húmicos sobre os fúlvicos em uma relação de 3,5 a 4,5:1, ao contrário dos solos ferralíticos e aluviais, que apresentaram quantidade equivalentes destes.

2.5. Conhecimento popular versus ciência e tecnologia

A relação solo/homem (pequeno agricultor) vem sendo estudada por vários pesquisadores (ERNESTO SOBRINHO et al., 1983; RESENDE e REZENDE, 1983; SOUSA, 1986; OLIVEIRA, 1988; CARDOSO, 1993). Para isso, os referidos autores realizaram entrevistas, com base em métodos

informais, com os agricultores experientes no manejo do solo da região desejada. Nestes trabalhos, a busca pelo conhecimento popular foi transformada em importantes dados para análise. Rico por excelência, este conhecimento não deveria ser relegado à marginalidade, pois deriva de anos de experiência prática, adquirida com muito trabalho, fato que faz com que os agricultores sejam grandes conhecedores do seu ambiente de trabalho.

Estudando solo do Vale do Pajeú, no sertão do Estado de Pernambuco, SOUSA (1986) constatou que o sistema pousio e queima (caracterizado por meio de entrevistas), adotado pelos pequenos agricultores da região, é essencial para a eliminação de plantas daninhas e para melhoria do nível de fósforo disponível. O autor relatou, ainda, que o conhecimento popular de ervas medicinais da área em estudo demonstra que as plantas que mais contribuem para o acervo fitoterápico são da família das leguminosas e das euforbiáceas.

OLIVEIRA (1988) também adotou a técnica de entrevistas informais para conceber um modelo sobre as relações de produção tradicionais e suas implicações no modo de vida dos agricultores do Vale do Aço. Este autor detectou a quebra do modo camponês de produção (caracterizado por parceria, arrendamento, mão-de-obra familiar, etc.), devido à substituição pelo modo capitalista de produção (caracterizado pelas empresas e pelo latifúndio agroexportador).

CARDOSO (1993), em entrevista realizada com agricultores da região de Ervália - MG, observou que estes utilizaram critérios como cor, textura, estrutura, pedregosidade e profundidade do solo e vegetação espontânea para separar a região em diferentes ambientes, explorando-os de forma diferenciada.

Em todos estes trabalhos, fica bem claro o resgate do conhecimento de quem lida diretamente no trato da terra, que é de grande valia no aprendizado e mesmo no direcionamento do manejo e uso do solo. Portanto, são informações que devem ser buscadas e avaliadas, visando a melhoria e a transferência do conhecimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização geral da área

3.1.1. Localização

A área, de aproximadamente 13.500 ha (SEMARH, 1998), localiza-se entre os paralelos 6° 19' e 7° 24' S e os meridianos 37° 55' e 38° 46' W.Gr. Encontra-se limitada ao norte pelo rio do Peixe, ao sul pelo rio Piranhas, a leste pelos municípios de Aparecida e São Domingos e a oeste pela cidade de Sousa e pelo Perímetro Irrigado de São Gonçalo (Figura 1). Está situada na microrregião de Sousa, que se encontra inserida na mesorregião do sertão do Estado da Paraíba.

3.1.2. Clima e vegetação

O clima, de acordo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', quente, com chuvas de verão-outono, resultantes da atuação das frentes de convergência intertropicais (CIT). Segundo a classificação de Gaussen, o clima da área é do tipo 4aTh, ou seja, tropical quente com seca acentuada, com número de meses secos entre sete e oito. O índice xerotérmico encontra-se entre 150 e 200.

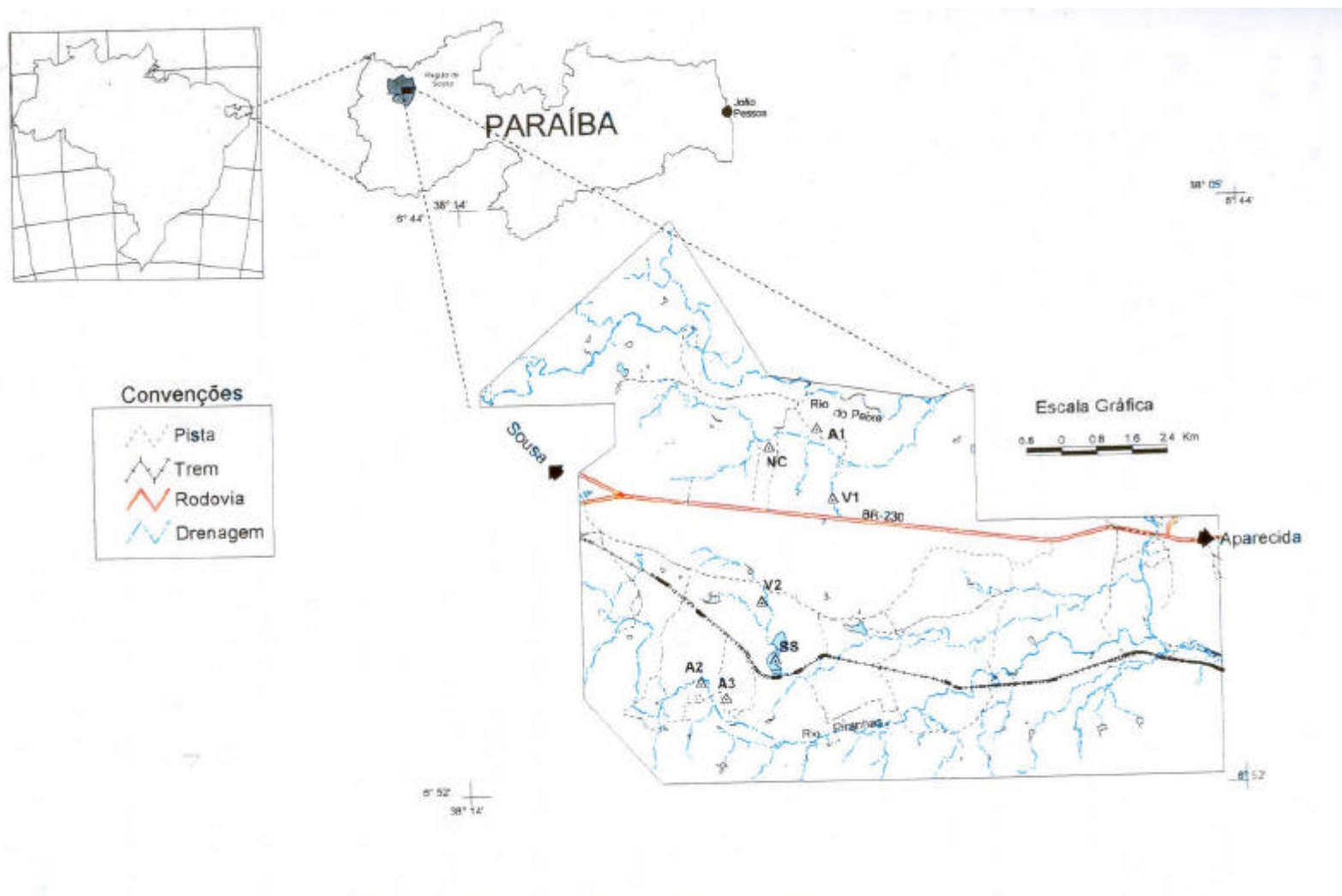


Figura 1 - Representação esquemática da localização geográfica da área em estudo, no Estado da Paraíba.

De acordo com os dados registrados pela Estação Climatológica de Sousa - PB, as médias anuais de temperatura e umidade relativa do ar são de 27°C e 64%, respectivamente. A evapotranspiração, medida pelo Tanque Classe A, apresenta valor médio anual de 2.937 mm, enquanto a precipitação média anual é de aproximadamente 899 mm, com déficit hídrico ao redor de 2.038 mm anuais.

A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila, caracterizada por extrato arbóreo e, ou, arbustivo de porte variável e caráter xerófilo, com grande quantidade de plantas espinhosas, cactáceas e bromeliáceas. Esta vegetação encontra-se largamente devastada pela ação antrópica e, em algumas áreas, é comum encontrá-la raleada, para o aproveitamento com pecuária extensiva. Às margens dos rios do Peixe e Piranhas encontram-se estreitas faixas de mata ciliar, hoje quase totalmente devastada, dando espaço às explorações agrícolas.

3.1.3. Geologia e geomorfologia

A área localiza-se na bacia sedimentar do rio do Peixe, que é caracterizada por ser uma ampla baixada de origem tectônica, com altitude média de 225 m, alojada no pediplano regional, originada por uma reativação de falhas normais do embasamento pré-cambriano por efeito da reativação Juro-cretácea. Litologicamente, é constituída por camadas alternadas de arenitos (Formação Antenor Navarro e Formação Piranhas) e folhelhos (Formação Sousa), aflorando em diferentes partes da área, com presença de processos pedogenéticos atuando em argilitos, calcário, siltitos oliváceos com carbonato de cálcio. Em toda a coluna estratigráfica, é comum a ocorrência de rochas contendo minerais como quartzo, biotita, muscovita e feldspatos, variando as suas proporções. Nas Formações Antenor Navarro e Piranha encontram-se maiores quantidades de feldspato, e na Sousa, de biotita e muscovita. A espessura da Formação Antenor Navarro é de cerca de 1.350 m, na Sousa a extensão vertical é estimada em 1.220 m, enquanto na Piranhas é de 320 m (DNPM, 1970; BRASIL, 1981; CDRM, 1982; DNPM, 1984).

O relevo apresenta-se plano e suave ondulado na forma de pediplano. Possui superfície inclinada, seguindo uma orientação no sentido das bordas para o centro da bacia, com níveis altimétricos em torno de 200 metros e desnível médio de 50 metros mais baixo em relação aos pediplanos periféricos.

3.2. Seleção, coleta, preparo e análises de solos

Após consulta de mapas preexistentes e percorrimento intenso da área, foram selecionados e amostrados solos das classes mais expressivas, como Aluviais, Bruno Não-Cálcico, Solonetz-Solodizado e Vertissolos. O posicionamento dessas classes no relevo encontra-se na Figura 2.

Os solos foram coletados em trincheiras e suas características morfológicas descritas conforme LEMOS e SANTOS (1996). Posteriormente, as amostras coletadas foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm (TFSA). As amostras para micromorfologia foram coletadas em blocos de solos de dimensões em torno de 10 x 10 cm. A seguir, essas amostras foram secas ao ar e impregnadas com resina de poliéster.

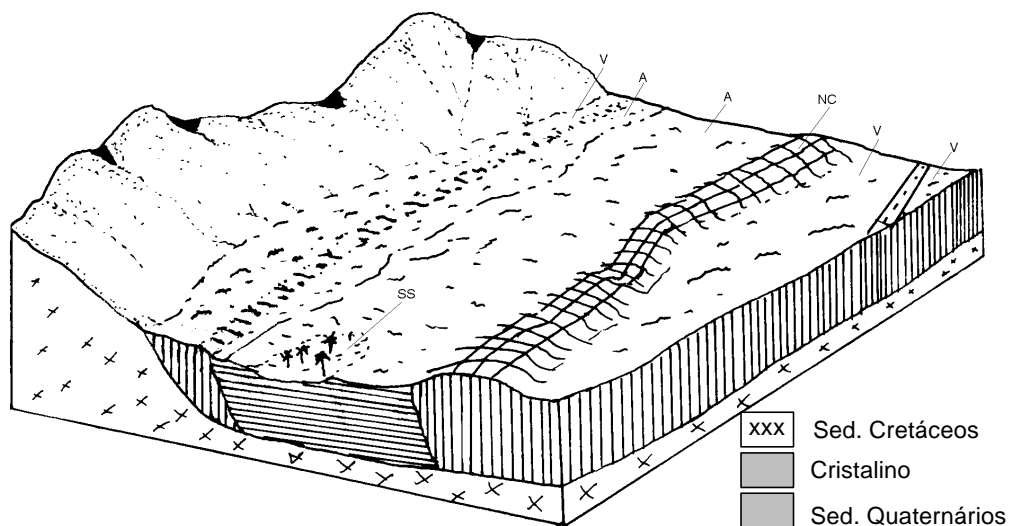


Figura 2 - Posicionamento das classes de solos em relação ao relevo (NC - Bruno Não-Cálcico; V: Vertissolo; SS: Solonetz-Solodizado; A: Aluvial).

3.2.1. Análises físicas

Foram determinadas a composição granulométrica, com o uso do dispersante hexametáfosfato de sódio; a argila dispersa em água, pelo método da pipeta; a densidade do solo, pelo método do anel volumétrico e do torrão parafinado, quando possível; e a densidade das partículas, pelo método do balão volumétrico, todos segundo metodologia da EMBRAPA (1997). A curva característica de retenção de água foi determinada pelo método da placa e membrana de pressão (RICHARDS, 1949).

3.2.2. Análises químicas

3.2.2.1. Rotina

Foram realizadas determinando-se o pH em água e KCl 1 mol L^{-1} , na relação 1:2,5 de solo:solução. O carbono orgânico total foi determinado pelo método de YOEMANS e BREMNER (1988). O potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de chama, após extração com HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, enquanto o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, por extração com KCl 1 mol L^{-1} e determinação por espectrofotometria de absorção atômica. A acidez potencial (Al + H) foi avaliada por extração com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0. O fósforo disponível foi determinado por colorimetria, usando ácido ascórbico como redutor, após a extração com solução de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ (Mehlich-1). As análises foram feitas conforme metodologia da EMPRESA... - EMBRAPA (1997).

3.2.2.2. Ataque sulfúrico

Os elementos Si, Al, Fe, Mg, Na, K e P foram determinados por ataque sulfúrico em amostras de 0,5 g de TFSA. Estas amostras foram colocadas em tubos de digestão de 75 mL, juntamente com 20 mL de H_2SO_4 9 mol L^{-1} ,

e levadas à placa digestora para aquecer a uma temperatura de 170°C, por uma hora. Adicionaram-se 20 mL de água destilada às suspensões, que, após estarem frias, foram filtradas em papel-filtro lento, para balões de 250 mL (extrato A). Em seguida, os resíduos retidos no papel-filtro foram transferidos para erlenmeyer de 250 mL e sofreram um ataque básico com 2 mL NaOH 30%, colocados após fervura da suspensão. Estes foram transferidos para balões de 200 mL, que já continham 10 mL de HCl 6 mol L⁻¹, obtendo-se o extrato B. No extrato A, foram determinados o alumínio e fósforo, por colorimetria; ferro e magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica; e sódio e potássio, por fotometria de chama. No segundo, determinou-se o silício, por colorimetria.

3.2.2.3. Extrato de pasta de saturação

Determinaram-se os teores de sais totais em extratos de pastas saturadas, em amostras de 500 g de TFSA, colocadas sobre pressão de 9 atm em membrana de pressão, após saturação com água destilada e repouso de duas horas. O cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o sódio e potássio, por fotometria de chama; o carbonato e bicarbonato, por titulação potenciométrica; o sulfato, por turbidimetria; e o cloreto, por potenciometria, com eletrodo seletivo. A condutividade elétrica e o pH foram determinados logo após a extração.

3.2.2.4. Extração de ferro e de manganês pelo ditionito-citrato e pelo oxalato de amônio

As formas de ferro e de manganês de melhor e pior cristalinidade foram avaliadas pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e do oxalato de amônio pH 3,0, respectivamente, a partir de amostras de argila (McKEAGUE e DAY, 1965). As determinações foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica (YUAN e BRELAND, 1969).

3.2.2.5. Extração e fracionamento de substâncias húmicas

Foram realizados segundo a técnica de diferença de solubilidade em meio alcalino e ácido, utilizando os conceitos de frações húmicas descritos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (HAYES et al., 1989). Na extração, foi utilizado hidróxido de sódio a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, na proporção solo:extrator de 1:4, com 2,5 g de solo. Foram realizadas extrações sem e com o pré-tratamento com HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, para eliminação de carbonatos das amostras, de acordo com os critérios da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996).

3.2.3. Análises mineralógicas

As frações areia grossa, areia fina, silte e argila foram separadas e seus componentes identificados por difratometria de raio X. Na fração grosseira do solo (areia + silte), foi dada ênfase, principalmente, à identificação de minerais com potencial para contribuir na salinização ou alcalinização do solo. As amostras foram preparadas em lâminas de vidro, orientadas, no caso das argilas, e em pó, no caso de areias grossa e fina e silte. Na fração argila, foram realizados os tratamentos com potássio, magnésio e magnésio + etilenoglicol (WHITTING, 1965).

Foi avaliada ainda a concentração de óxidos em amostras de argila através da remoção de silicatos, utilizando o método de dissolução básica com NaOH 5 mol L^{-1} (KÄMPF e SCHWERTMANN, 1982), montadas em lâminas sem orientação (em pó).

3.2.4. Análises micromorfológicas

As amostras coletadas foram secas em estufa de circulação forçada, em temperatura de 35°C , e impregnadas com resina de poliéster. As feições micropedológicas (microestrutura, porosidade, minerais esqueleto,

presença de argila eluviada) foram analisadas de acordo com FITZPATRICK (1993), comparando-se com outras lâminas do acervo de amostras do Departamento de Solos-UFV.

3.3. Entrevistas com os agricultores

Foram feitas com base na técnica de entrevista informal (ERNESTO SOBRINHO et al., 1983; RESENDE e REZENDE, 1983), que consiste em obter as informações através de um diálogo aberto com o agricultor. O propósito desse método é o de minimizar o efeito negativo (timidez, falta de expansividade do entrevistado, etc.) causado pela presença do entrevistador. Segundo TARALLO (1990), “o pesquisador deverá tentar neutralizar a força exercida pela presença do gravador e por sua própria presença como elemento estranho à comunidade. Tal neutralização pode ser alcançada no momento em que o pesquisador se decide a representar o papel de aprendiz-interessado (...)”.

Para que a entrevista não tomasse rumos divergentes, foi elaborado um roteiro, baseado em CARDOSO (1993), de forma a abranger maior número de questões que permitissem uma boa caracterização da agricultura na região. Vale salientar que o roteiro não foi seguido com rigor, servindo apenas como guia.

As entrevistas foram realizadas por apenas uma pessoa, que dispunha de um pequeno gravador. Para não inibir o entrevistado, estas foram gravadas e depois transcritas. Procurou-se enquadrá-las nos principais temas do roteiro, tendo o cuidado de não perder nenhuma informação. Nem sempre todos os temas do roteiro foram abrangidos pelo entrevistado.

Foram entrevistados 30 agricultores, escolhidos por um método de indicações, ou seja, o agricultor que estava sendo entrevistado indicava o seguinte, desde que residente na área por mais de 10 anos. O primeiro entrevistado foi escolhido aleatoriamente. Procurou-se englobar toda a região denominada “Várzeas de Sousa”, a qual foi dividida, baseando-se em mapa fundiário da região, em três setores: bacia do rio do Peixe, bacia

do rio Piranhas e BR-230, sendo este último localizado entre os dois anteriores. Procurou-se ainda estudar a região do projeto de irrigação São Gonçalo, desenvolvido pelo DNOCS na década de 70.

Considerou-se como resultado das entrevistas aquelas respostas que se repetiam ou que convergiam para a mesma idéia. Não houve uma norma fixa para determinar a convergência, sendo essa uma atribuição do entrevistador. As respostas foram consideradas isoladamente apenas quando elas confirmavam alguma observação feita pelo entrevistador.

3.4. Análise da oferta e demanda hídrica das bacias do rio do Peixe e Alto Piranhas

Fez-se uma análise crítica da oferta e demanda hídrica das referidas bacias hidrográficas. Para isso, foi feito um levantamento de dados atuais referentes à qualidade de água e ao monitoramento do volume de água de seus principais açudes, que são: São Gonçalo, Lagoa do Arroz e Engenheiro Avidos. Devido à transposição das águas para região em estudo, o Açude Estêvam Marinho (ou Coremas/Mãe-d'Água) foi incluído na análise. Esses dados foram coletados na Internet, no endereço referente ao Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto – LMSR, do Estado da Paraíba.

Foram utilizados, ainda, os dados de demanda hídrica por tipo de consumo (humano, industrial, irrigação e pecuária) e oferta hídrica das bacias estudadas, publicados pela ATECEL, em 1994, e modificados por CARNEIRO e QUINTANS (1997).

Não foram considerados os médios e pequenos açudes, visto que a maioria deles não é capaz de qualquer regularização anual (CARNEIRO e QUINTANS, 1997).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características macromorfológicas

As características macromorfológicas completas dos perfis estudados estão apresentadas no Apêndice 1 (Quadro 1A). Os Vertissolos (V1 e V2) (Figura 3 (A e B) possuem seqüência de horizontes A-C, tendo o primeiro perfil maior profundidade. A morfologia, para ambos os perfis, é típica da classe, com o horizonte A possuindo estrutura em blocos subangulares pequenos e médios, com grau moderado de desenvolvimento e presença de estrutura granular de tamanho pequeno nos primeiros centímetros de espessura. Esta última característica, denominada autogranulação, foi observada com maior intensidade no V2. Segundo DUDAL e ESWARAN (1988), estas estruturas grumosas surgem em solos altamente argilosos, com predomínio de montmorilonita, desenvolvendo-se geralmente nos primeiros 5 cm, a partir da superfície, juntamente com elementos estruturais em blocos angulares. Provavelmente, é resultante do efeito da interação matéria orgânica e argilas 2:1 expansíveis, dominantes nesses solos.

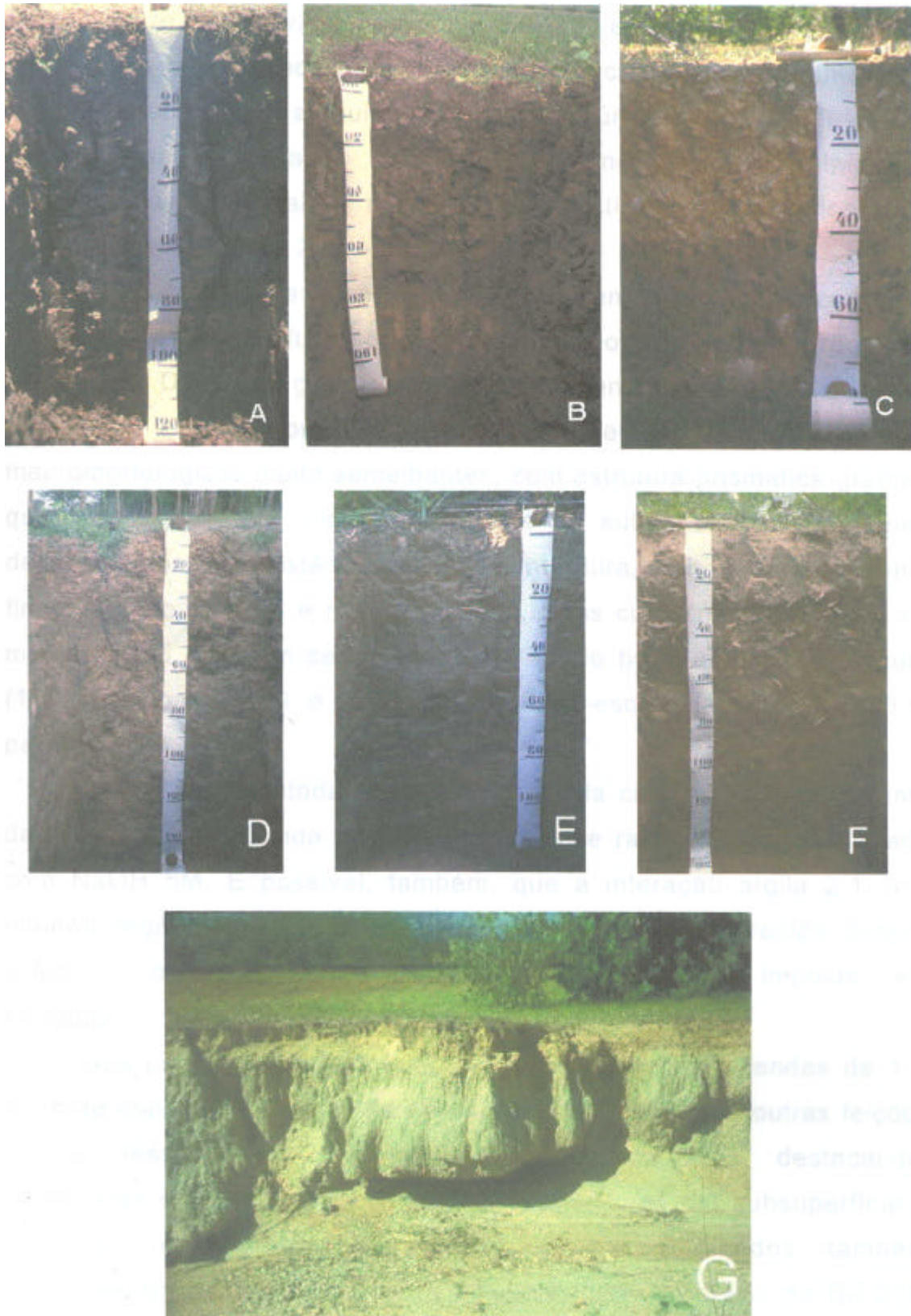


Figura 3 - Perfis da área estudada (A e B-Vertissolos; C-Bruno Não-Cálcico; D-Aluvial vértico; E e F-Aluviais; G-Solonetz – Solodizado).

Os horizontes A, classificados como moderados, apresentaram espessura de 17 e 18 cm, com cores de úmido bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2) a bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3) para os perfis V1 e V2, respectivamente. A consistência é extremamente dura quando seco, friável a muito firme quando úmido e muito plástica e muito pegajosa quando molhado, refletindo o predomínio de argilominerais de alta atividade (esmectita), identificados por difratogramas de raios X.

Estes horizontes superficiais transicionam para um horizonte Cv de forma plana e difusa, que foi subdividido em dois ou três sub-horizontes. De modo geral, devido à homogeneidade da textura e ao processo de pedoturbação, apresentam características macromorfológicas muito semelhantes, com estrutura prismática grande, que se desfaz em blocos angulares e subangulares fortemente desenvolvidos e consistência extremamente dura, muito a extremamente firme e muito plástica e muito pegajosa. Suas cores úmidas, dentro do mesmo perfil, também se assemelham, sendo bruno-amarelado escuro (10YR 3/4) para o V1 e bruno-avermelhado-escuro (10YR 3/3 ou 3,5) para o V2.

A cor “achocolatada” parece ditada pela capacidade pigmentante da hematita, identificada pela difratometria de raios X na argila tratada com NaOH 5M. É possível, também, que a interação argila 2:1 com matéria orgânica contribua para a tonalidade mais escurecida desses solos, como que num mascaramento da cor vermelha imposta pela hematita.

Nos perfis, em toda a sua profundidade, ocorrem fendas de 1 a 4 cm de espessura. Apesar da não-constatação de gilgai, outras feições típicas dessa classe são bem expressas na área, destacando: *slikensides* e superfície de compressão, expressas em subsuperfície e inclusive no material de origem. Foram verificados também tombamento de cercas e quebra do pavimento rodoviário da BR-230. Estas feições ocorrem, provavelmente, devido à predominância de minerais de argilas expansivas em associação com os ciclos de umedecimento e secagem. Observou-se também a presença de seixos

não-arestados de 1 a 7 cm de material quartzoso da superfície até uma profundidade em torno de 60 a 80 cm, provavelmente oriundos das serras circunvizinhas e do próprio material pedregoso superficial do Bruno Não-Cálcico (NC).

O Bruno Não-Cálcico (Figura 3(C)) foi subdividido em A-2B_t-2C_r, com descontinuidade litológica, caracterizando sua natureza alóctone. O horizonte A, com espessura de 38 cm, foi classificado como moderado e apresenta-se como material solto entremeado a seixos quartzosos não-arestados de tamanho variando de 1 a 10 cm, compondo aproximadamente 80% da massa total do horizonte (fase pedregosa), com cor bruno-escura (7,5YR 4/4, úmida) e consistência plástica e pegajosa quando molhada. Transiciona-se para o 2B_t de forma clara e plana.

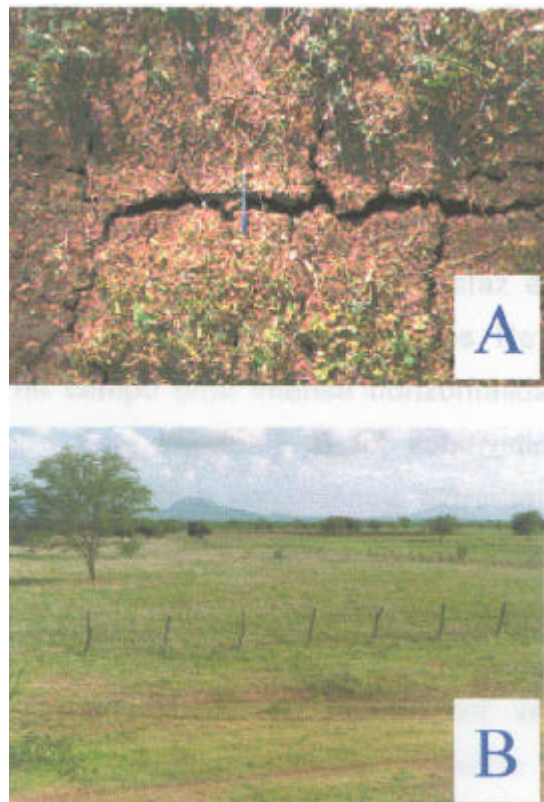


Figura 4 - Ilustração de feições típicas de solos com características vérticas (A-fendas; B-tombamento de cerca).

Quanto ao horizonte B textural, com espessura de 22 cm, possui coloração bruno-avermelhada (5YR 4/4), com presença de cores brunadas e acinzentadas no seu topo. Apresenta estrutura em blocos angulares e subangulares grande, fortemente desenvolvidos e consistência extremamente dura, muito firme e muita plástica e muito pegajosa quando seco, úmido e molhado, respectivamente. Poucos seixos não-arestados foram encontrados neste horizonte.

O Solonetz-Solodizado (SS) (Figura 3(G)) possui seqüência de horizonte A-E-2B_t-2C, com descontinuidade litológica a partir do B_t, evidenciada pela ocorrência de linha de seixos não-arestados no horizonte E. O horizonte A, subdividido em A₁ e A₂, apresentou-se com espessura de 30 cm e cores bruno-amarelado-escuro (10YR 4/5) e bruno-forte (7,5YR 4/6), quando úmido, e bruno-amarelado (10YR 5/6) e bruno-forte (10YR 5/6), quando seco, respectivamente, para os sub-horizontes. Apresenta-se com estrutura do tipo grãos simples e consistência solta, não-plástica e não-pegajosa, refletindo seu maior conteúdo de areia.

Seguindo-se ao horizonte A tem-se o horizonte E, caracterizado pela cor bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3) e espessura de 4 cm, cuja gênese parece relacionada à ferrólise (BRINCKMAN, 1979). Sua estrutura é tipo grãos simples, com consistência solta, não-plástica e não-pegajosa, transicionado abruptamente para um horizonte B plânico de baixa permeabilidade, com estrutura colunar que se desfaz em grandes blocos subangulares e angulares fortemente desenvolvidos. Devido a este tipo de estrutura, é visível no campo uma intensa horizontalidade das raízes no topo desse horizonte. Este horizonte B foi subdividido em B_{t1} e B_{t2}, possuindo espessura de 46 cm e consistência extremamente dura, firme, plástica e pegajosa quando seco, úmido e molhado, respectivamente. Apresenta cores que demonstram processos de oxirredução, bruno-acinzentado escuras (10YR 4/2, úmido), e nítido mosqueamento de tamanho médio e em quantidade comum de cor vermelho-amarelada (5YR 4/6, úmido). Vale salientar que são bastante visíveis no perfil algumas penetrações do horizonte E no B.

A ocorrência dessa classe de solo na região estudada restringe-se às áreas de relevo deprimido com vegetação tipo caatinga hipoxerófila

entremeada por carnaubeira (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Moore). São áreas de expressivo acúmulo de sais solúveis em água, carregados das áreas circunvizinhas por enxurradas, e também originados do próprio material de origem.

Nas áreas de várzeas do rio do Peixe e rio Piranhas, foram coletados três solos Aluviais (Figura 3 (D, E, F)). Nesta classe, os solos com características vérticas restringem-se às várzeas do rio do Peixe, com estratificação bem nítida. São normalmente profundos e subdivididos de acordo com a diferença textural dos estratos. O Aluvial vértico possui seqüência de camadas A-C, com textura das camadas variando entre franco-argilo-siltosa e argilosa. A coloração do horizonte A, que apresentou 28 cm de espessura, para o solo úmido é bruno-amarelada-escura (10YR 3/6) e, para o seco, é bruna (10YR 5/3). Sua estrutura é fraca a moderadamente desenvolvida em blocos subangulares médios, sendo sua consistência dura a muito dura, firme, plástica e pegajosa, para crescentes teores de umidade.

Transiciona-se para a horizonte C de forma gradual e plana, sendo esta representada por textura mais franca e cores variando de bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) a cinzento muito escuro (10YR 3/1) para o solo úmido. Compreende os sub-horizontes Cv₁, 2Cv₂ e 3Cv₃, com estrutura em blocos subangulares e angulares de tamanho pequeno e médio, moderadamente desenvolvida. Sua consistência é extremamente dura, firme, plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa. Observa-se ocorrência ocasional de *slikensides* no 2Cv₂ e 3Cv₃.

Os outros dois perfis de Aluviais coletados são de textura mais arenosa, tendo um deles estratificação bem definida. De forma geral, apresentam seqüência A-C, este último subdividindo-se em C₁, C₂, C₃ e C₄. A camada A, com espessura de 18 e 23 cm, apresenta coloração, para o solo úmido, bruno-acinzentada muito escura (10YR 3/2). Sua estrutura é fraca a moderadamente desenvolvida em blocos subangulares e angulares, de tamanhos pequenos e médios. São macios quando secos, muito friáveis a friáveis quando úmidos e não-plásticos e não-pegajosos quando molhados. Transicionam para o horizonte C de forma gradual e plana.

O horizonte C, com espessura de 112 a 123 cm, possui coloração para o solo úmido variando entre bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4), podendo conter mosqueamento difuso de tamanho médio e em quantidade comum, de cor bruno-escuro (7,5YR 4/5, úmido), em profundidade. Sua estrutura é em blocos angulares e subangulares, pequenos e médios, fraca a moderadamente desenvolvida. Sua consistência é macia a ligeiramente dura, muito friável a friável, não-plástica a plástica e não-pegajosa a pegajosa. Estes solos, por apresentarem posição topográfica favorável ao suprimento de água, geralmente estão sob floresta subcaducifólia, ao contrário do Aluvial vértico, que está sob caatinga hipoxerófila.

4.2. Características físicas

4.2.1. Granulometria, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação, relação silte/argila e densidades do solo e de partículas

Devido à diversidade de materiais de origem, a análise granulométrica mostrou grande amplitude textural entre os solos estudados. Derivados de rochas com grande potencialidade de formação de argila (rochas pelíticas), os Vertissolos mostraram-se muito argilosos em todo o perfil (Quadro 1), com variação de nove por cento entre o horizonte superficial e aqueles mais profundos no perfil V1. Isso indica que a pedoturbação ainda não foi suficiente para promover a homogeneização textural em alguns perfis da área em estudo. DASOG et al. (1987) e JOHNSON et al. (1962) encontraram resultados semelhantes para Vertissolos do Canadá e Arizona – EUA, respectivamente.

Quadro 1 - Granulometria, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF), relação silte/argila e densidades do solo e da partícula dos solos estudados

Solo	Horizonte	Profundidade	Areia		Silte	Argila	ADA ^{1/}	GF ^{2/}	Silte	Densidade		Porosidade
			Grossa	Fina					Argila	Solo	Partícula	
		cm	g kg ⁻¹						%	kg dm ⁻³		m ³ m ⁻³
V ₁	A	0-18	60	100	220	620	40	35	0,35	1,93	2,79	0,31
	C _{v1}	18-45	70	80	200	650	39	40	0,31	2,05	2,70	0,24
	C _{v2}	45-80	50	80	190	680	54	21	0,28	2,21	2,73	0,19
	C _{v3}	80-120	40	60	190	710	61	14	0,27	2,04	2,72	0,25
	C _{vr}	120-160+	40	60	200	700	60	14	0,29	1,99	2,75	0,28
V ₂	A _p	0-17	60	90	210	630	41	35	0,33	1,90	2,71	0,30
	C _{v1}	17-40	70	90	210	630	37	37	0,33	1,90	2,69	0,29
	C _{v2}	40-66	70	90	180	660	45	32	0,27	1,93	2,66	0,27
	C _{vr}	66-85+	120	70	160	650	41	31	0,25	1,98	2,85	0,31
NC	A	0-38	440	330	600	170	6	65	0,35	..	2,65	..
	2Bt	38-60	120	50	210	620	59	5	0,34	..	2,67	..
	2Cr	60-80+	460	70	280	200	14	30	1,40	..	2,73	..
SS	A	0-10	570	360	40	30	1	67	1,33	1,69	2,60	0,35
	A ₂	10-30	790	180	10	20	1	50	0,50	1,64	2,62	0,37
	E	30-34	810	140	30	20	1	50	1,50	1,71	2,63	0,35
	2Bt ₁	34-50	400	240	90	270	25	7	0,33	1,92	2,64	0,27
	2Bt ₂	50-80	370	260	100	270	26	4	0,37	2,08	2,62	0,21
	2C	80-100	390	270	110	230	18	22	0,48	2,02	2,78	0,27
A ₁	A _p	0-15	30	540	110	310	20	29	0,35	1,84	2,63	0,30
	AC	15-28	50	460	220	270	19	30	0,81	1,96	2,63	0,25
	C _{v1}	28-49	30	400	270	300	25	17	0,90	1,85	2,62	0,29
	2C _{v2}	49-88	20	320	230	430	35	19	0,53	1,81	2,59	0,30
	3C _{v3}	88-140+	10	110	300	580	51	12	0,51	1,83	2,71	0,32
A ₂	A	0-18	150	620	120	110	4	64	1,09	1,54	2,61	0,41
	C ₁	18-50	100	520	180	200	10	50	0,90	1,70	2,71	0,37
	C ₂	50-85	40	390	300	270	17	37	1,59	1,67	2,49	0,33
	C ₃	85-100	10	720	110	160	10	38	0,71	1,49	2,61	0,43
	C ₄	100-130+	30	790	90	90	4	56	1,01	1,49	2,59	0,42
A ₃	A	0-23	190	690	80	40	2	50	2,05	1,43	2,59	0,45
	C ₁	23-68	210	630	60	100	6	40	0,60	1,46	2,58	0,43
	C ₂	68-104	220	610	50	120	7	42	0,45	1,53	2,58	0,41
	C ₃	104-128	280	530	60	130	8	38	0,44	1,47	2,66	0,45
	C ₄	128-140+	160	620	80	140	8	43	0,57	1,55	2,59	0,41

^{1/} Argila dispersa em água. ^{2/} Grau de floculação.

Para os solos das planícies fluviais, verificou-se expressiva variação textural entre os perfis, bastante comum nesses ambientes (Quadro 1). Essa diferenciação reflete a natureza diversa do material sedimentado, mostrando-se mais evidente quando se comparam perfis de bacias hidrográficas diferentes: Aluviais da bacia do rio do Peixe (A1) apresentam textura mais argilosa, com ocorrência de solos vérticos; já os localizados na bacia do rio Piranhas são mais arenosos, com menor diferenciação textural entre camadas. Na fração areia desses solos há o predomínio da fração fina, aspecto positivo na retenção de umidade.

De modo geral, todos os perfis apresentaram baixo grau de floculação (Quadro 1), evidenciando o efeito dos argilominerais 2:1 no aumento das cargas negativas do meio, promovendo assim a dispersão. Esses valores foram mais baixos no Solonetz-Solodizado e no Bruno Não-Cálcico, refletindo provável efeito dispersivo do sódio e magnésio trocáveis.

O papel do magnésio na dispersão das argilas fica mais evidente nos Vertissolos. Nestes solos, mesmo sendo os valores de sódio muito pequenos, em relação aos de cálcio, a argila dispersa mostra-se bastante elevada (Quadro 1), condizente com os altos valores de magnésio e com a alta proporção de argila 2:1 expansiva. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por RENGASAMY (1983), que observou que, em solos cuja fração argila era dominada por illita, ocorria expressiva dispersão das argilas com baixos valores de PST, quando os sítios de troca estavam ocupados por magnésio.

A relação do magnésio com a dispersão das argilas já era discutida antes da clássica publicação do U. S. Salinity Laboratory Staff (RICHARDS, 1954), que não chamou a atenção para o papel diferenciado desse íon no solo. SOKOLOV (1963) descreve inúmeros textos com esta abordagem, alguns deles bem anteriores ao anteriormente citado; entre eles, têm-se: Yakovlev (1914), Prasolov e Antipov-Karataev (1930), Shavryigin (1935, 1936), Breshkovkii (1937) e Kundrin e Razanov (1938). No Brasil, foi verificada a ocorrência de Planossolos Solódicos e Solonetz-Solodizados de Roraima com elevada saturação por magnésio, resultando em efeitos físicos deletérios (SCHAEFER, 1994).

Para Vertissolos e Solonetz-Solodizado a densidade do solo mostrou-se bastante alta (Quadro 1). Provavelmente o alto grau de dispersão do solo, favorecendo um arranjo dos argilominerais, como também migração a curta distância com preenchimento de poros e o fenômeno de contração e expansão desses solos, promoveram essa maior densidade.

Os valores de porosidade apresentaram-se bastante baixos, sendo menores para os solos mais argilosos, com alta densidade aparente. Esses altos valores de densidade podem reduzir mecanismos, como o fluxo de massa e difusão de diversos elementos, resultando, conseqüentemente, em menor disponibilidade de nutrientes (KEMPER et al., 1971), além de se constituir em impedimento mecânico ao desenvolvimento das raízes (BAVER e GARDNER, 1972).

4.2.2. Retenção de água dos solos

Nos solos estudados, esses valores demonstram alta retenção de água para os horizontes C dos Vertissolos e B do Bruno Não-Cálcico, que, por sua vez, mostraram-se bastante semelhantes entre si (Quadro 2). Os menores valores foram encontrados para os Aluviais, devido à textura mais grosseira, com o Solonetz-Solodizado apresentando valores intermediários.

No caso dos horizontes superficiais, os valores de umidade nas diferentes tensões aplicadas permitiram distinguir os Vertissolos dos demais solos estudados. Verificou-se que aqueles que têm maior teor de argila possuem maior retenção de umidade. Conclusão semelhante foi relatada por HILLEL (1980) e REICHARDT (1990). Analisando estatisticamente, percebe-se que a correlação entre os teores de argila e a retenção de umidade é altamente significativa, com maior significância para as maiores tensões aplicadas ($r = 0,96^{**}$, para 15 bar). Isso decorre da maior interação entre as moléculas de água e as partículas de argila à medida que se aumenta a tensão aplicada. Assim, além de explicar a diferença entre os valores de retenção de umidade dos horizontes superficiais (variação no teor de argila), mostra a grande influência dos argilominerais do tipo 2:1 nessa característica.

Quadro 2 - Umidade (g/100 g) nas tensões 0,01; 0,03; 0,10; 0,50; 1,00; e 1,50 Mpa e água disponível ($\Delta = U_{0,3} - U_{15}$) dos horizontes dos solos estudados

Solo	Horizonte	Tensão (Mpa)						Δ (g/100g)
		0,01	0,03	0,10	0,50	1,00	1,50	
V1	A	44,76	41,34	34,48	31,14	29,79	28,11	13,23
	C _{v1}	50,91	46,45	38,63	32,80	30,88	29,00	17,45
	C _{v2}	60,14	52,68	42,03	34,73	33,30	31,03	21,65
	C _{v3}	62,97	55,66	44,90	36,27	34,80	31,82	23,84
	C _{vr}	65,08	54,13	45,50	37,08	34,52	32,04	22,09
V2	A	43,50	38,23	32,38	28,73	26,87	24,80	13,43
	C _{v1}	44,77	39,57	29,33	27,20	26,62	24,84	14,73
	C _{v2}	46,82	41,64	34,55	29,75	27,60	25,65	15,99
	C _{vr}	52,92	44,95	36,58	30,96	29,54	27,40	17,55
NC	A	15,00	10,97	8,65	7,80	6,75	5,68	5,29
	2B _t	56,10	49,58	40,76	33,21	33,02	29,15	20,43
	2C _r	37,97	30,14	25,03	21,50	20,62	19,65	10,49
SS	A	7,37	4,48	2,76	1,93	1,81	1,73	2,75
	A ₂	2,17	1,45	1,06	0,87	0,83	0,73	0,72
	E	2,21	2,13	1,55	1,01	0,91	0,83	1,30
	2B _{t1}	56,33	44,76	34,37	21,11	20,27	15,4	29,36
	2B _{t2}	54,70	50,20	38,5	26,80	23,76	19,00	31,20
	2C _r	28,14	23,12	18,81	15,57	14,84	13,27	9,85
A1	A	28,44	20,90	14,83	13,21	12,63	11,80	9,10
	AC	29,34	23,90	18,23	14,15	13,49	11,58	12,32
	C _{v1}	33,07	24,65	22,23	16,03	15,02	13,64	11,01
	2C _{v2}	40,03	32,76	27,35	22,30	20,60	18,66	14,10
	2C _{v3}	51,13	40,11	34,42	29,22	27,43	23,76	16,35
A2	A	18,38	12,04	10,27	8,44	6,80	5,80	6,24
	C ₁	23,34	17,17	14,08	11,54	9,50	8,54	8,63
	C ₂	32,06	22,06	18,38	14,2	13,00	12,06	10,00
	C ₃	25,30	14,52	10,07	8,00	7,46	7,17	7,35
	C ₄	15,50	8,56	6,98	5,10	4,84	4,20	4,36
A3	A	10,35	5,60	4,61	3,25	2,93	2,88	2,72
	C ₁	12,12	7,78	6,47	5,08	4,06	3,74	4,04
	C ₂	13,93	7,92	6,32	5,44	4,84	4,32	3,60
	C ₃	13,16	8,40	7,88	6,42	5,88	4,94	3,46
	C ₄	15,45	9,21	8,13	6,39	5,92	5,60	3,61

Estatisticamente, verificaram-se, para disponibilidade de água, maiores valores para aqueles horizontes que possuem textura argilosa, com coeficiente de correlação (r) de 0,70 para 1% de significância. Para todos os perfis estudados, os horizontes superficiais apresentaram menores valores de água disponível em relação aos subsuperficiais, refletindo a baixa influência do carbono orgânico nessa propriedade do solo, não sendo verificada correlação significativa.

4.3. Características químicas

4.3.1. Soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), pH, fósforo disponível e percentagem de saturação por sódio (PST)

De modo geral, os solos da área apresentam alta soma de bases (SB), alta capacidade de troca de cátions (CTC), baixo conteúdo de carbono orgânico (CO) e pH de ligeiramente ácido a alcalino (Quadro 3). Os altos valores de CTC, principalmente para aqueles solos com maior conteúdo de argila, encontram-se condizentes com as feições morfológicas dos solos, em que o intenso fendilhamento, a dureza e a estrutura sugeriam a participação expressiva de argilas 2:1, fato confirmado pela difratometria de raios X e pelos dados de ataque sulfúrico.

O carbono orgânico total (COT) dos horizontes A apresentou teor médio de cerca de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$, estando dentro dos limites já constatados para outros solos da região semi-árida do Brasil (BRASIL, 1971a, 1972, 1973a, 1973b, 1975, 1986a, 1986b; EMBRAPA, 1998). Este baixo valor reflete a vegetação predominante na área (caatinga hiper e hipoxerófila), caracterizada por baixa densidade populacional de espécies e baixa produção de massa verde.

Correlação não-significativa foi observada entre os valores do CO e os da CTC. No entanto, esta última apresentou correlação altamente significativa com o teor de argila ($r = 0,93^{**}$). Nesse aspecto, JOHNSON et

al. (1962), estudando Vertissolos do Arizona, relatam casos de horizontes que apresentavam CTC maior que outros, com mesmo teor de argila e menor conteúdo de CO. Não foi verificada sua correlação com os teores de umidade nas diversas tensões aplicadas, refletindo sua baixa concentração em decorrência do ambiente semi-árido.

O cálcio apresentou-se como o principal contribuinte na soma de bases trocáveis (SB), seguido pelo magnésio, refletindo assim a natureza do material de origem (argilitos e arenitos calcíferos). Estes cátions chegam a ocupar, em média, 62 e 26% do complexo sortivo, respectivamente. Exceção foi observada para o perfil SS, em que o sódio foi o cátion predominante, com percentagem de saturação de sódio (PST) de aproximadamente 75%. A mineralogia cálcio-sódica (plagioclásios) das frações areia grossa, areia fina e silte desse perfil e sua posição topográfica (região abaciada) são os prováveis motivos do predomínio do sódio.

Inferiores aos de cálcio, os teores de sódio encontrados nos horizontes subsuperficiais dos Vertissolos chegaram a ocupar cerca de 6% dos sítios de troca, conferindo ao V₂ o atributo solódico (EMBRAPA, 1999). Sua drenagem deficiente, aliada ao clima semi-árido da região e ao intemperismo de minerais sódicos presentes nos perfis, são os prováveis fatores que resultaram nesse índice de saturação por sódio.

Os valores de fósforo disponível atingiram 191,85 mg kg⁻¹ nos Vertissolos e 567,8 mg kg⁻¹ no Bruno Não-Cálcico, ambos em horizontes subsuperficiais (Quadro 3). Estes altos valores, entretanto, não significam disponibilidade para as plantas. Em solos com reação alcalina e com altos teores de cálcio, esse elemento encontra-se na forma de fosfatos policálcios (P-Ca), facilmente atacados pelo extrator Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) (NOVAIS e KAMPRATH, 1978).

Para a relação cálcio/magnésio, verificou-se grande amplitude de resultados, com valores variando de 11 a 0,5, com os maiores valores para os Vertissolos (V2) e os menores para os Aluviais (A1). Os valores de ΔpH apresentaram-se negativos, variando de -3 a -1, refletindo a participação de minerais 2:1 expansivos na fração argila dos solos.

Quadro 3 - Características químicas dos solos estudados

Solo	Horizonte	pH (1:2,5)		Δ pH	Complexo sortivo								C orgânico	P disponível		
		H ₂ O	KCl		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺	T			V	PST
					cmol _c kg ⁻¹											
													%		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
V ₁	A	8,34	6,73	-1,61	46,51	13,20	0,36	0,56	60,63	0,0	0,0	60,63	100	0,9	4,1	13,0
	C _{v1}	8,73	6,80	-1,93	43,29	14,50	0,28	1,55	59,61	0,0	0,0	59,61	100	2,6	4,1	14,2
	C _{v2}	9,04	6,95	-2,09	39,20	14,80	0,26	2,92	57,17	0,0	0,0	57,17	100	5,1	2,5	15,9
	C _{v3}	8,67	7,11	-1,56	36,51	15,05	0,26	3,64	55,46	0,0	0,0	55,46	100	6,6	4,9	27,8
	C _{vr}	8,87	7,19	-1,68	33,62	13,80	0,17	3,32	50,89	0,0	0,0	50,89	100	6,5	2,3	17,4
V ₂	A _p	8,05	6,68	-1,37	47,45	4,10	0,69	0,43	52,66	0,0	0,0	52,66	100	0,8	6,2	146,9
	C _{v1}	8,24	6,66	-1,58	46,80	4,33	0,62	0,50	52,24	0,0	0,0	52,24	100	1,0	4,3	146,9
	C _{v2}	8,41	6,98	-1,43	47,73	4,41	0,62	0,83	53,58	0,0	0,0	53,58	100	1,5	5,6	150,2
	C _{vr}	8,56	6,91	-1,65	46,99	4,78	0,61	1,29	53,67	0,0	0,7	54,37	99	2,4	3,9	191,8
NC	A	5,36	3,85	-1,51	7,00	1,50	0,16	0,12	8,78	0,0	4,6	13,38	66	0,9	10,8	12,1
	2Bt	6,62	5,08	-1,54	30,86	12,44	0,11	2,27	45,67	0,0	2,0	47,67	96	4,8	4,9	29,9
	2Cr	8,41	7,04	-1,37	21,21	6,75	0,12	1,87	29,95	0,0	0,3	30,25	99	6,2	2,9	567,8
SS	A	5,76	4,28	-1,48	2,25	0,73	0,09	0,06	3,14	0,0	0,0	3,14	100	2,0	2,0	4,4
	A ₂	6,70	5,02	-1,68	1,74	0,33	0,05	0,04	2,16	0,0	0,0	2,16	100	1,9	2,0	2,7
	E	7,68	6,40	-1,28	1,60	0,22	0,03	0,07	1,93	0,0	0,0	1,93	100	3,8	1,0	1,7
	2Bt ₁	8,87	6,89	-1,98	1,27	0,27	0,04	3,84	5,41	0,0	0,0	5,41	100	70,9	1,0	3,9
	2Bt ₂	9,40	7,12	-2,28	1,14	0,24	0,04	4,36	5,79	0,0	0,0	5,79	100	75,4	1,0	5,8
	2C	8,28	6,80	-1,48	11,61	9,59	0,19	1,22	22,60	0,0	0,0	22,60	100	5,4	1,3	31,0
A ₁	A _p	6,91	4,78	-2,13	12,25	8,66	0,17	0,46	21,54	0,0	1,6	23,14	93	2,0	5,2	11,6
	AC	7,72	5,86	-1,86	6,14	6,87	0,11	0,73	13,84	0,0	1,0	14,84	93	4,9	3,6	25,6
	C _{v1}	8,29	6,36	-1,93	6,78	7,99	0,10	1,12	15,97	0,0	0,0	15,97	100	7,0	1,0	127,8
	2C _{v2}	8,03	6,39	-1,64	6,87	10,72	0,11	1,69	19,37	0,0	0,0	19,37	100	8,7	1,0	127,8
	3C _{v3}	8,92	6,8	-2,12	7,76	14,01	0,10	2,08	23,95	0,0	0,0	23,95	100	8,7	5,6	58,6
A ₂	A	6,85	6,30	-0,55	3,52	2,45	0,27	0,17	6,40	0,0	1,0	7,40	86	2,3	9,8	88,4
	C ₁	7,10	5,98	-1,12	5,60	3,46	0,14	0,14	9,34	0,0	0,7	10,04	93	1,4	7,9	75,5
	C ₂	7,54	6,17	-1,37	7,15	3,36	0,15	0,24	10,89	0,0	0,7	11,59	94	2,1	9,5	68,8
	C ₃	7,33	6,08	-1,25	4,93	2,54	0,13	0,17	7,78	0,0	1,3	9,08	86	1,9	5,6	100,3
	C ₄	7,36	6,18	-1,18	3,37	1,47	0,09	0,13	5,07	0,0	1,0	6,07	84	2,2	2,9	103,3
A ₃	A	7,27	6,73	-0,54	2,05	1,34	0,16	0,13	3,68	0,0	0,0	3,68	100	3,6	6,2	22,7
	C ₁	7,26	6,49	-0,77	4,87	1,69	0,16	0,16	6,87	0,0	0,0	6,87	100	2,3	3,9	22,4
	C ₂	7,39	6,34	-1,05	4,56	1,71	0,14	0,17	6,57	0,0	0,0	6,57	100	2,6	2,9	24,1
	C ₃	7,38	6,18	-1,20	4,56	1,84	0,10	0,14	6,63	0,0	0,3	6,93	96	2,1	1,0	29,5
	C ₄	7,51	6,08	-1,43	5,70	1,79	0,09	0,14	7,71	0,0	0,0	7,71	100	1,8	1,6	31,7

4.3.2. Condutividade elétrica, pH, cátions e ânions do extrato da pasta saturada com água

Pelos valores de condutividade elétrica (Quadro 4), nenhum dos solos estudados apresentou o caráter salino (EMBRAPA, 1999). Para o perfil NC, no horizonte Cr, foi verificada a maior condutividade elétrica (4,57 dS/m), com também altos teores de Na^+ e Cl^- , estando no limite de toxicidade proposto por AYERS e WESTCOT (1991). Possivelmente em função desse aspecto, além da alta pedregosidade superficial, esses solos não são utilizados para agricultura na região.

Constatou-se alta correlação entre a condutividade elétrica com o Cl^- ($r = 0,98^{**}$) e aquela com Na^+ ($r = 0,87^{**}$), em função de serem os íons predominantes e de suas altas condutividades iônicas molares, cujos valores são de $50,1 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ para o sódio e $76,3 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ para o cloreto (BASSET et al., 1981). Resultados semelhantes foram encontrados por CORRÊA et al. (1998) em solos da Chapada do Apodi e Baixo Açú, no Rio Grande do Norte.

4.3.3. Ataque sulfúrico

A grande amplitude nos teores de Fe_2O_3 dos solos estudados, variando de 0,39 a $10,36 \text{ dag kg}^{-1}$, sugere tanto uma diferenciação do material de origem quanto possíveis mudanças nos pedoambientes (Quadro 5). Os maiores valores constatados foram para os Vertissolos e o Bruno Não-Cálcico, o que parece estar correlacionado com o material de origem mais rico quanto a este elemento (argilito). O baixo valor encontrado no Solonetz-Solodizado pode estar relacionado à sua redução e remoção (SCHWERTMANN, 1988) durante a gênese deste solo. A coloração do horizonte B e a presença do horizonte E, indicando ferrólise, corroboram esta afirmativa.

Quadro 4 - Condutividade elétrica (CE), pH, cátions e ânions do extrato da pasta saturada com água dos solos estudados

Solo	Horizonte	pH	CE	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻
		dS m ⁻¹		mmol _c L ⁻¹							
V ₁	A	8,2	0,25	1,95	0,05	0,96	0,35	0,51	0	0	2,25
	C _{v1}	8,3	0,28	3,31	0,03	0,44	0,21	0,84	0	0	2,50
	C _{v2}	8,4	0,46	6,15	0,03	0,20	0,07	1,52	0	0	3,00
	C _{v3}	8,2	1,08	13,03	0,03	0,42	0,16	5,74	0	0	2,50
	C _{vr}	8,2	1,25	14,51	0,04	0,53	0,28	6,75	0	0	2,50
V ₂	A _p	8,0	0,16	0,39	0,09	1,34	0,20	0,84	0	0	1,25
	C _{v1}	7,9	0,14	0,82	0,05	0,70	0,10	0,17	0	0	1,00
	C _{v2}	8,0	0,17	1,58	0,05	0,55	0,09	0,00	0	0	1,25
	C _{vr}	8,1	0,21	1,95	0,04	0,45	0,08	0,17	0	0	1,75
NC	A	6,7	0,10	0,43	0,07	0,41	0,15	0,00	0	0	0,25
	2Bt	6,9	1,03	11,24	0,03	0,82	0,51	6,92	0	0	0,25
	2Cr	6,4	4,57	20,94	0,03	2,36	1,16	24,64	0	0	4,25
SS	A	6,9	0,06	0,29	0,10	0,18	0,00	0,00	0	0	0,25
	A ₂	7,3	0,09	0,40	0,26	0,29	0,16	0,17	0	0	0,50
	E	7,5	0,15	1,31	0,07	0,16	0,09	0,00	0	0	0,75
	2Bt ₁	8,2	0,24	3,31	0,02	0,05	0,00	0,17	0	0	1,75
	2Bt ₂	8,4	0,26	3,85	0,02	0,03	0,00	0,00	0	0	1,75
	2C	7,7	1,29	13,03	0,06	0,88	1,03	8,61	0	0	1,00
A ₁	A _p	7,4	0,18	1,78	0,04	0,13	0,14	0,00	0	0	0,25
	AC	7,7	0,18	2,23	0,05	0,04	0,01	0,34	0	0	0,50
	C _{v1}	7,8	0,21	2,13	0,03	0,06	0,03	0,17	0	0	0,75
	2C _{v2}	8,2	0,43	5,01	0,07	0,11	0,09	0,68	0	0	2,00
	3C _{v3}	7,6	1,03	10,90	0,04	0,28	0,31	5,57	0	0	0,50
A ₂	A	7,5	0,22	0,39	0,16	1,01	0,66	0,00	0	0	1,25
	C ₁	7,5	0,30	0,82	0,09	1,38	0,72	1,18	0	0	0,75
	C ₂	7,5	0,17	0,93	0,05	0,46	0,23	0,51	0	0	0,50
	C ₃	7,3	0,14	0,82	0,05	0,41	0,21	0,51	0	0	0,50
	C ₄	7,3	0,11	0,75	0,07	0,23	0,10	0,17	0	0	0,50
A ₃	A	7,4	0,21	0,93	0,15	0,67	0,51	1,52	0	0	1,00
	C ₁	6,4	0,61	0,95	0,19	2,03	1,20	0,17	0	0	1,00
	C ₂	7,5	0,25	1,44	0,05	0,56	0,60	1,86	0	0	0,75
	C ₃	7,6	0,23	1,56	0,06	0,47	0,34	1,69	0	0	0,75
	C ₄	7,1	0,22	1,31	0,04	0,64	0,29	1,35	0	0	0,50

Quadro 5 - Teores de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, K₂O, Na₂O, MgO e P₂O₅, obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, e relação Ki dos solos estudados

Solo	Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	Ki
----- dag kg ⁻¹ -----										
V ₁	A	33,06	16,55	8,38	0,14	0,71	0,40	1,87	0,02	3,40
	C _{v1}	26,43	16,99	8,26	0,14	0,72	0,41	1,85	0,02	2,64
	C _{v2}	30,86	16,85	8,24	0,14	0,73	0,41	1,90	0,02	3,11
	C _{v3}	31,77	16,90	8,48	0,15	0,80	0,45	1,98	0,02	3,20
	C _{vr}	30,04	16,61	8,59	0,13	1,33	0,75	3,02	0,06	3,08
V ₂	A _p	34,10	16,20	8,43	0,20	1,45	0,82	1,90	0,04	3,58
	C _{v1}	35,05	16,45	8,30	0,20	1,43	0,80	1,85	0,05	3,62
	C _{v2}	34,29	16,37	8,22	0,20	1,51	0,85	1,88	0,05	3,56
	C _{vr}	32,29	16,90	8,28	0,18	1,62	0,91	2,06	0,06	3,25
NC	A	14,2	6,76	3,12	0,05	0,31	0,18	0,28	0,03	3,57
	2Bt	35,07	20,09	10,36	0,19	1,82	1,03	5,03	0,05	2,97
	2Cr	28,29	14,19	8,51	0,15	1,66	0,94	3,28	0,14	3,39
SS	A	5,29	2,86	0,68	0,02	0,05	0,03	0,07	0,01	3,14
	A ₂	4,04	2,34	0,47	0,02	0,01	0,01	0,07	0,00	2,93
	E	3,25	2,00	0,39	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	2,77
	2Bt ₁	17,79	7,78	2,34	0,01	0,31	0,18	0,31	0,00	3,89
	2Bt ₂	20,19	8,49	2,54	0,01	0,38	0,21	0,39	0,00	4,05
	2C	25,38	10,79	4,45	0,05	1,06	0,60	1,40	0,03	4,00
A ₁	A _p	19,53	10,20	4,59	0,04	0,33	0,19	0,59	0,03	3,26
	AC	20,07	9,76	4,38	0,04	0,40	0,22	0,71	0,03	3,50
	C _{v1}	22,90	11,82	5,50	0,05	0,58	0,33	1,02	0,02	3,29
	2C _{v2}	29,79	15,18	6,84	0,05	0,78	0,44	1,24	0,03	3,34
	3C _{v3}	33,97	19,68	8,54	0,06	1,00	0,57	1,37	0,04	2,93
A ₂	A	13,23	6,78	2,87	0,05	0,44	0,25	0,62	0,04	3,32
	C ₁	20,86	10,93	4,94	0,06	0,71	0,40	0,98	0,04	3,24
	C ₂	23,67	12,36	5,92	0,07	0,85	0,48	1,14	0,05	3,26
	C ₃	15,81	8,97	4,24	0,05	0,54	0,30	0,94	0,04	3,00
	C ₄	13,01	6,81	3,02	0,04	0,31	0,17	0,70	0,03	3,25
A ₃	A	7,46	4,44	1,66	0,04	0,16	0,09	0,31	0,00	2,86
	C ₁	9,58	5,46	2,31	0,04	0,22	0,12	0,40	0,00	2,98
	C ₂	10,85	6,19	2,53	0,03	0,23	0,13	0,41	0,00	2,98
	C ₃	12,28	7,15	2,92	0,03	0,27	0,15	0,46	0,01	2,92
	C ₄	14,45	7,94	3,57	0,04	0,32	0,18	0,56	0,02	3,09

Para os Vertissolos e Bruno Não-Cálcico (horizonte 2Bt), a grande diferença dos resultados de Fe_2O_3 pelo ataque sulfúrico (corrigido para argila) e pelo DCB (Quadro 6) sugere ataque do ferro presente na estrutura de argilomineral silicatado. Neste caso, especula-se o ataque a mineral 2:1 rico em ferro, provavelmente nontronita. Conclusão semelhante é reportada por ACQUAYE et al. (1992), PHARANDE e SONAR (1997) e TORRENT (1995).

Em todos os solos, os teores de SiO_2 foram maiores que o Al_2O_3 , resultando em valores de K_i elevados ($> 2,64$). Isto indica menor solubilização e saída de sílica do sistema, favorecendo a gênese de minerais 2:1 na área (drenagem deficiente, precipitação relativamente baixa, temperatura e evapotranspiração elevada).

Os valores de Na_2O e K_2O são nitidamente maiores nos Vertissolos e no Bruno Não-Cálcico que nos demais solos. Estimando o conteúdo de illita a partir de resultado obtido para potássio do ataque sulfúrico (illita = $10 \cdot \text{K}_2\text{O}$ – JACKSON, 1974), percebe-se que este mineral tem participação expressiva na fração argila destes solos. Além disso, os resultados de sódio e de potássio (Quadro 5) revelam diferenciação entre os dois Vertissolos, morfologicamente muito semelhantes.

Para o manganês, os resultados obtidos (Quadro 5) também permitem nítida separação dos Vertissolos e do Bruno Não-Cálcico dos demais solos. É provável que este elemento também tenha participação na coloração “achocolatada” dos Vertissolos, ainda que não tenha sido constatado pela difratometria de raios X, provavelmente pela pequena quantidade e, ou, baixa cristalinidade.

Os valores de P_2O_5 são muito baixos e refletem a pobreza do material de origem dos solos quanto ao fósforo. Mesmo sem o TiO_2 , o somatório dos teores dos óxidos obtidos pelo ataque sulfúrico (Quadro 5), para a maior parte dos perfis (NC, SS, A1, A2 e A3), apresentou-se maior que o conteúdo de argila. É possível que, nestes casos, a fração silte ou areia fina tenha sido atacada. Assim, percebe-se que esta prática não é adequada para solos desta natureza.

Quadro 6 - Teores de Fe₂O₃ na fração argila, obtidos em cinco extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Fed) e oxalato de amônio (Feo), e relação Feo/Fed

Solo	Horizonte	Extrações							
		DCB (Fed)					Σ	Oxalato (Feo)	Feo ^{1/} Fed
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a			
dag kg ⁻¹									
V ₁	A	1,24	0,40	0,09	0,11	0,05	1,90	0,27	0,22
	C _{v2}	1,37	0,36	0,08	0,11	0,05	1,97	0,32	0,23
	C _{vr}	1,43	0,59	0,12	0,12	0,05	2,32	0,19	0,13
V ₂	A _p	1,28	0,76	0,17	0,11	0,06	2,38	0,27	0,21
	C _{v2}	1,30	0,71	0,14	0,12	0,05	2,32	0,23	0,18
	C _{vr}	1,17	0,66	0,14	0,13	0,05	2,14	0,21	0,18
	R	1,26	1,13	0,64	-	-	3,03	-	-
NC	A	4,36	1,22	0,27	0,07	0,05	5,97	1,37	0,31
	2B _t	0,77	0,49	0,11	0,10	0,03	1,49	0,32	0,42
	2C _r	0,97	1,17	0,52	0,18	0,05	2,89	0,21	0,22
SS	A	1,58	0,32	0,13	0,04	0,02	2,08	0,94	0,60
	E	1,57	0,20	0,04	0,01	0,01	1,84	0,60	0,38
	2B _{t1}	0,52	0,08	0,03	0,04	0,02	0,70	0,24	0,45
	2C	0,79	0,28	0,04	0,02	0,01	1,14	0,16	0,20
A ₁	A _p	0,80	0,24	0,12	0,14	0,08	1,38	0,64	0,80
	AC	1,34	0,27	0,15	0,17	0,09	2,03	0,48	0,36
	C _{v1}	1,29	0,32	0,14	0,13	0,12	1,99	0,59	0,46
	2C _{v2}	1,27	0,40	0,22	0,16	0,13	2,18	0,55	0,43
	3C _{v3}	1,39	0,36	0,22	0,15	0,13	2,25	0,58	0,42
A ₂	A	2,48	0,80	0,28	0,19	0,13	3,87	1,03	0,41
	C ₁	2,80	0,87	0,32	0,21	0,13	4,32	1,00	0,36
	C ₂	3,01	0,86	0,32	0,16	0,14	4,48	0,99	0,33
	C ₃	1,21	0,42	0,16	0,17	0,09	2,04	1,06	0,88
	C ₄	2,77	0,62	0,32	0,15	0,11	3,97	1,05	0,38
A ₃	A	1,91	0,41	0,18	0,09	0,06	2,66	0,57	0,30
	C ₁	2,49	0,42	0,19	0,10	0,09	3,30	0,64	0,26
	C ₂	2,83	0,67	0,22	0,11	0,09	3,93	0,70	0,25
	C ₃	2,96	0,78	0,32	0,14	0,11	4,31	0,76	0,26
	C ₄	2,93	0,82	0,40	0,15	0,13	4,44	0,85	0,29

^{1/} Com base na primeira extração com o DCB.

4.3.4. Ferro e manganês extraídos por ditionito e por oxalato na fração argila

De modo geral, os solos de zonas áridas e semi-áridas apresentam baixos teores de Fe_2O_3 extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato (DCB), em função do menor intemperismo químico que sofrem, em relação aos solos de regiões úmidas. Mesmo considerando o somatório das cinco extrações pelo DCB, percebe-se que todos os solos estudados apresentaram baixos teores desses óxidos, sendo o menor valor observado no horizonte B do SS (Quadro 6). Neste caso, tanto o ambiente redutor favorece a remoção parcial de ferro, como os baixos conteúdos no próprio material de origem contribuíram para isso.

Percebe-se que a maior parte do ferro na forma de óxidos é removida na primeira extração com o DCB, cujo valor médio foi de 65%. A relação Fe_o/Fe_d , tomando-se apenas a primeira extração com o DCB, apresentou-se elevada para todos os perfis estudados, o que indica a participação expressiva de formas de ferro de pior cristalinidade. Nos solos estudados, o Fe_o representou, em média, 34% do Fe_d . A drenagem deficiente e a presença de alta atividade de sílica no sistema, reflexos da presença de esmectita, são possivelmente os motivos que inibem a maior cristalização dos óxidos de ferro.

Com relação ao MnO , foram observados baixos teores em todos os solos estudados (Quadro 7), e praticamente 90% do total foi retirado na primeira extração. Como o manganês é um elemento de grande afinidade geoquímica com o ferro, a inferir-se pela relação Mn_o/Mn_d , pode-se especular sobre o predomínio de formas menos cristalinas de óxidos deste elemento.

A coloração dos Vertissolos parece relacionar-se com o material de origem (argilito). Esse último possui cor bruno-avermelhado (2,5YR 3/4, úmido) e teor de óxido de ferro extraível por DCB igual a $3,03 \text{ dag kg}^{-1}$ (três extrações), que, provavelmente, indica a presença da hematita em sua constituição. Assim, possivelmente a coloração avermelhada desses solos é resultante de uma hematita herdada do material de origem, mantida no perfil em função da baixa umidade na maior parte do ano (ambiente semi-árido) e do alto pH.

Quadro 7 - Teores de MnO na fração argila, obtidos em cinco extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (Mnd) e oxalato de amônio (Mno), e relação Mno/Mnd

Solo	Horizonte	Extrações							Mno ^{1/}	
		DCB (Mnd)					Σ	Oxalato (Mno)		Mnd
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a				
		dag kg ⁻¹								
V ₁	A	0,058	0,009	0,001	--	--	0,068	0,032	0,559	
	C _{v2}	0,045	0,005	0,000	--	--	0,050	0,028	0,608	
	C _{vr}	0,018	0,004	0,000	--	--	0,021	0,009	0,518	
V ₂	A _p	0,073	0,011	0,001	--	--	0,085	0,045	0,616	
	C _{v2}	0,060	0,010	0,001	--	--	0,071	0,036	0,599	
	C _{vr}	0,047	0,008	0,000	--	--	0,056	0,028	0,582	
NC	A	0,083	0,004	0,001	--	--	0,088	0,061	0,735	
	2B _t	0,025	0,004	0,001	--	--	0,029	0,017	0,677	
	2C _r	0,125	0,014	0,001	--	--	0,140	0,092	0,739	
SS	A	0,009	0,002	0,000	--	--	0,010	0,011	1,267	
	E	0,004	0,003	0,001	--	--	0,007	-	-	
	2B _{t1}	0,029	0,001	0,000	--	--	0,031	0,004	0,123	
	2C	0,029	0,004	0,000	--	--	0,033	0,022	0,743	
A ₁	A _p	0,027	0,002	0,000	--	--	0,030	0,020	0,728	
	AC	0,023	0,003	0,000	--	--	0,026	0,017	0,741	
	C _{v1}	0,022	0,003	0,001	--	--	0,027	0,015	0,672	
	2C _{v2}	0,012	0,001	0,000	--	--	0,013	0,009	0,722	
	3C _{v3}	0,013	0,001	0,000	--	--	0,015	0,010	0,721	
A ₂	A	0,101	0,008	0,001	--	--	0,110	0,071	0,704	
	C ₁	0,059	0,005	0,001	--	--	0,064	0,040	0,674	
	C ₂	0,043	0,004	0,001	--	--	0,048	0,029	0,671	
	C ₃	0,041	0,004	0,000	--	--	0,045	0,032	0,779	
	C ₄	0,052	0,003	0,001	--	--	0,056	0,034	0,657	
A ₃	A	0,109	0,007	0,002	--	--	0,118	0,072	0,666	
	C ₁	0,058	0,003	0,001	--	--	0,062	0,038	0,658	
	C ₂	0,039	0,003	0,000	--	--	0,042	0,025	0,637	
	C ₃	0,044	0,003	0,001	--	--	0,048	0,029	0,654	
	C ₄	0,032	0,002	0,001	--	--	0,035	0,021	0,651	

^{1/} Com base na primeira extração com o DCB.

Para o V1, V2 e NC, a diferença entre os valores de Fed da rocha e do *solum* observada pode ser resultante da ação de diversos fatores em conjunto, como: lixiviação, formação de minerais de argila silicatada com o ferro em sua constituição (nontronita) e co-precipitação e, ou, encapsulamento por concreções de ferro, manganês e carbonato de cálcio, todos presentes nos perfis.

4.3.5. Fracionamento da matéria orgânica

Devido à presença de concreções de CaCO_3 e, ou, elevados teores dos cátions Ca e Mg nos perfis estudados, foram realizados dois fracionamentos de substâncias húmicas, com a finalidade de verificar o efeito destes cátions na estabilidade das substâncias húmicas. No primeiro fracionamento (T1) procedeu-se sem o pré-tratamento sugerido pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SISH) de eliminação de carbonatos com $\text{HCl } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e, no segundo (T2), com esse tratamento (Quadro 8). Mesmo sendo bastante complexo, o fracionamento resultou em dados bastante consistentes.

Vale ressaltar que, pela metodologia utilizada, qualquer forma de carbono existente no solo tem que estar contida em uma das frações, mesmo aqueles compostos não-humificados.

O somatório das frações húmicas correspondeu em média a 99% (T1) e 148% (T2) do carbono orgânico total, com melhor correlação ($r = 0,85^{**}$) para o fracionamento que incluiu o pré-tratamento. A faixa de recuperação foi bastante ampla para o T1, com valores variando de 48% a 327%, bem maior que os encontrados por BENITES (1998), NUNES (1999) e OLIVEIRA (1999). Em razão do grande predomínio de argilominerais 2:1 nos solos estudados, essa diferença pode estar relacionada com uma possível associação da fração húmica (HM) com a matriz mineral. Uma outra possibilidade é que, como os valores de carbono orgânico total (COT) são muito baixos, pequenas variações entre este e o somatório das frações humificadas resultam em grandes valores percentuais dessa diferença. Para T2 essa amplitude também foi verificada. Em ambos os casos, essa

amplitude pode estar ligada à dificuldade de oxidação da matéria orgânica na determinação do COT, visto que não foi realizado o pré-tratamento para sua determinação.

A realização do pré-tratamento resultou em aumento médio de 300% e 340% para as frações ácido húmico (FAH) e ácidos fúlvicos (FAF), respectivamente, e em redução de 60% na fração humina, caracterizando aumento significativo no teor de carbono orgânico recuperado em alguns solos. Neste caso, os elevados valores de Ca e Mg (Quadro 3) parecem os responsáveis pela alta estabilidade das frações FAF e FAH, na forma de fulvatos e humatos de cálcio e magnésio (BRYDON e SOWDEN, 1959; SCHNITZER e KHAN, 1972; DUCHAUFOR, 1973; VOLKOFF e CERRI, 1980; FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987). Essa afirmação fica mais evidente ao analisar os dados dos solos com características vérticas e com maiores teores desses íons (V1, V2, NC e A1), que apresentaram, sem a lavagem com HCl 0,1 mol L⁻¹, valores iguais a zero para FAH e que, com a realização desse pré-tratamento, esses valores passaram a atingir 62% do carbono recuperado.

Com a finalidade de verificar qual dos cátions (Ca, Mg e Na) seria o mais responsável por essa estabilidade, foram analisadas as correlações entre as relações FAFT1/FAFT2 e FAHT1/FAHT2 e esses cátions. Para a relação FAFT1/FAFT2 não foi verificada correlação significativa. Entretanto, observou-se correlação do Mg ($r = -0,56^{**}$) e do Ca ($r = -0,47^{**}$) com FAHT1/FAHT2, refletindo maior importância na estabilidade da matéria orgânica na forma de humatos de cálcio e magnésio na região estudada. Essa relação não se correlacionou com o sódio, o que evidencia a fraca interação desse cátion (ligação apenas eletrostática) com a fração FAH.

Tomando como referência o fracionamento que contempla o pré-tratamento, verifica-se que a fração humina predomina em todos os solos estudados. A fração FAF apresenta-se maior que a FAH, com exceção dos perfis A2 e A3, com valores da relação FAH/FAF decrescendo para os perfis V1, V2, NC, SS, A1 e A3. Esses resultados refletem maior mobilização da FAF, com conseqüente acumulação do FAH nos horizontes superficiais, mesmo em solos com drenagem deficiente (V1, V2, NC, SS e A1).

Quadro 8 - Teores de carbono das frações da matéria orgânica de alguns horizontes dos solos estudados sem e com pré-tratamento com HCl 0,1 mol L⁻¹

Solo	Horizonte	Sem pré-tratamento				Carbono recuperado	Com pré-tratamento				Carbono recuperado
		Carbono orgânico nas frações					Carbono orgânico nas frações				
		Ácido húmico	Ácido fúlvico	Humina	Σ		Ácido húmico	Ácido fúlvico	Humina	Σ	
		g kg ⁻¹				%	g kg ⁻¹				%
V ₁	A	0,000	0,417	4,85	5,27	129	0,382	1,442	4,004	5,83	142
	C _{v2}	0,000	0,245	3,65	3,89	158	0,256	1,582	3,398	5,24	213
V ₂	A _p	0,000	0,306	5,07	5,37	86	0,327	1,428	4,634	6,39	103
	C _{v2}	0,000	0,239	4,52	4,76	85	0,275	1,345	3,892	5,51	99
NC	A	0,765	1,510	2,97	5,24	48	1,458	2,271	2,594	6,32	58
	2Bt	0,037	0,258	3,72	4,01	82	0,345	1,430	2,373	4,15	84
SS	A	0,461	0,595	1,18	2,24	114	1,167	1,751	1,032	3,95	201
	2Bt ₁	0,267	0,146	0,48	0,90	91	0,600	1,257	0,450	2,31	235
A ₁	A _p	0,066	0,556	5,18	5,80	111	0,911	1,490	2,989	5,39	103
	AC	0,000	0,103	2,68	2,79	77	0,477	1,471	2,175	4,12	114
	C _{v1}	0,000	0,076	2,36	2,43	248	0,617	1,330	2,051	3,99	407
	2C _{v2}	0,000	0,069	3,15	3,22	327	0,436	1,217	2,513	4,17	424
	3C _{v3}	0,034	0,200	4,38	4,62	83	0,420	1,185	3,111	4,72	85
A ₂	A	0,576	0,786	5,05	6,41	65	1,688	1,771	4,418	7,88	80
	C ₁	0,107	0,394	4,16	4,66	59	1,666	1,294	3,601	6,56	83
	C ₂	0,206	0,344	5,39	5,94	62	2,476	1,345	4,662	8,48	89
	C ₃	0,179	0,236	3,15	3,57	64	1,320	1,442	2,203	4,96	89
	C ₄	0,121	0,210	1,62	1,94	66	0,856	1,220	1,330	3,40	115
A ₃	A	0,561	0,273	2,69	3,52	57	1,861	1,502	1,447	4,81	77
	C ₁	0,158	0,134	1,60	1,89	48	1,352	1,330	0,846	3,53	90
	C ₂	0,121	0,287	1,19	1,60	54	0,876	1,309	0,802	2,99	101
	C ₃	0,061	0,097	0,88	1,04	106	0,587	1,325	0,619	2,53	257
	C ₄	0,024	0,109	0,79	0,92	56	0,329	1,274	0,848	2,45	150

^{1/} Somatório das frações ác. fúlvico, ác. húmico e humina.

Fonte: SWITF, 1996.

4.4. Características mineralógicas das diferentes frações do solo

4.4.1. Fração areia

A difratometria de raios X da fração areia grossa de horizontes superficiais (Figura 5) e subsuperficiais (Figura 6) dos solos estudados revelou a presença de plagioclásio (picos 0,642; 0,400; 0,381; 0,376; 0,346; 0,324; 0,318; 0,301; e 0,296 nm), feldspato potássico (microclínio - picos 0,421; 0,381; 0,376; 0,346; e 0,327 nm e quartzo (0,421 e 0,333 nm). Completam esta lista, provavelmente em menor proporção, a calcita (0,301 nm) e a carbonato-apatita (0,272 nm), nos Vertissolos e nos Aluviais, respectivamente. Dois dos Aluviais apresentaram, também, picos de anfibólio (0,826 nm) e mica (0,982 nm) na subsuperfície.

A mineralogia mais diversificada dos Aluviais em relação aos outros solos mostra-se condizente com a classe, cuja gênese contempla a deposição de materiais pelas águas dos rios do Peixe, Piranhas e seus afluentes, que atravessam áreas de rochas contendo os minerais anteriormente mencionados. Os resultados constatados para a mineralogia da areia estão condizentes com aqueles obtidos por outros autores para solos Aluviais da região do Baixo Açu (RN) e do Vale do Pajeú (PE).

A mineralogia da fração areia fina dos horizontes superficiais (Figura 7) e subsuperficiais (Figura 8) é muito parecida com a da areia grossa e confirma a reserva de elementos como o potássio (microclínio e mica), sódio (possivelmente albita) e cálcio (provavelmente anortita), sobretudo nos Aluviais e no Solonetz-Solodizado do presente estudo. A calcita parece ser importante fonte de cálcio na fração areia dos Vertissolos.



Figura 5 - Difratoigramas de raios X da fração areia grossa do horizonte superficial (A) dos solos estudados (lâminas não-orientadas). (Qz-quartzo; Pg-plagioclásio; Fd-feldspato; Ca-calcita; Ap-carbonato apatita).

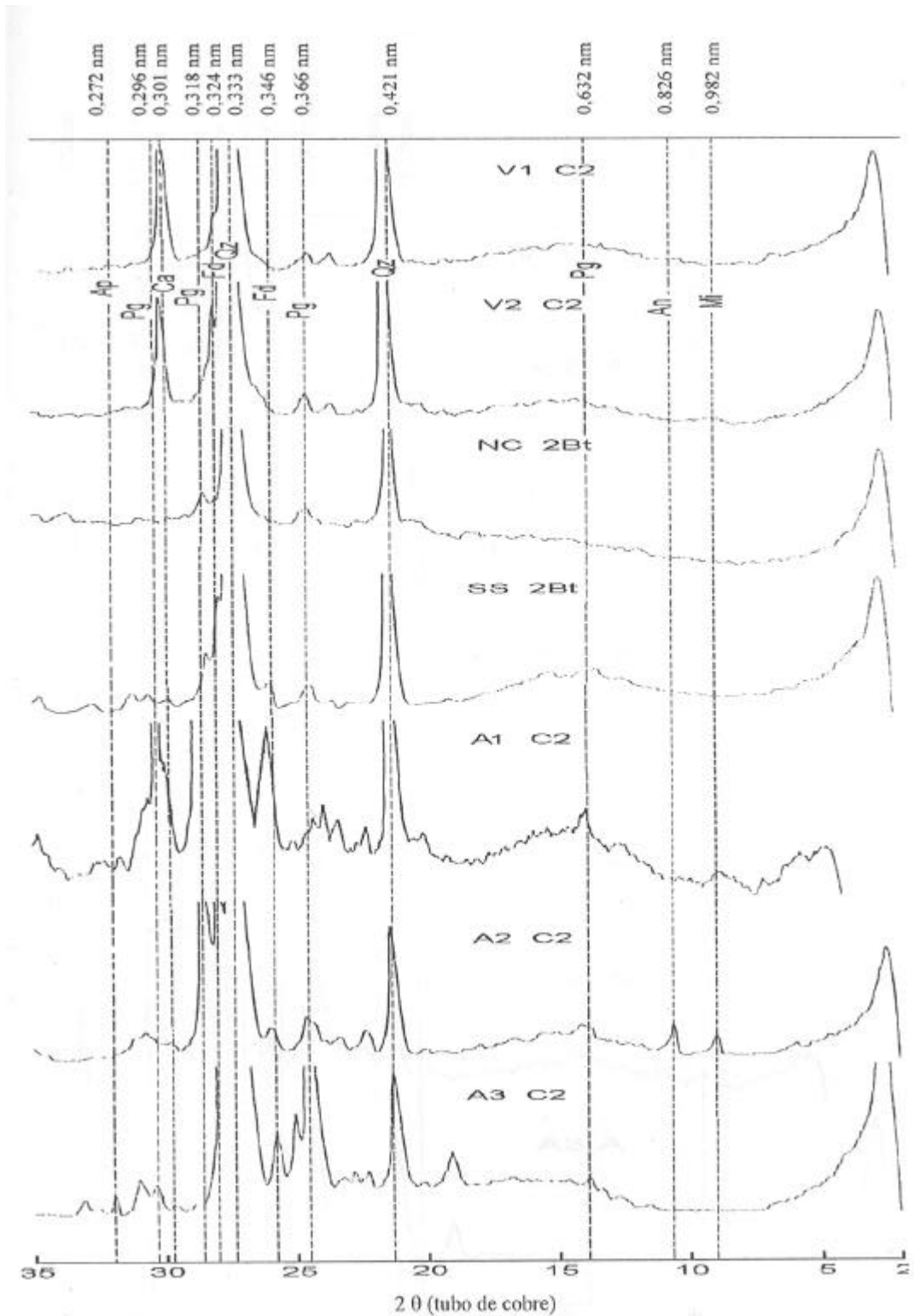


Figura 6 - Difractogramas de raios X da fração areia grossa do horizonte subsuperficial (Bt para Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado e C2 para Vertissolos e Aluviais) dos solos estudados (lâminas não-orientadas). (Qz-quartzo; Pg-placioclásio; Fd-feldspato; Ca-calcita; Ap-carbonato apatita).



Figura 7 - Difratoformas de raios X da fração areia fina do horizonte superficial (A) dos solos estudados (lâminas não-orientadas). (Qz-quartzo; Pg-plagioclásio; Fd-feldspato; Zr-zircão; Mi-mica; Ap-carbonato apatita).

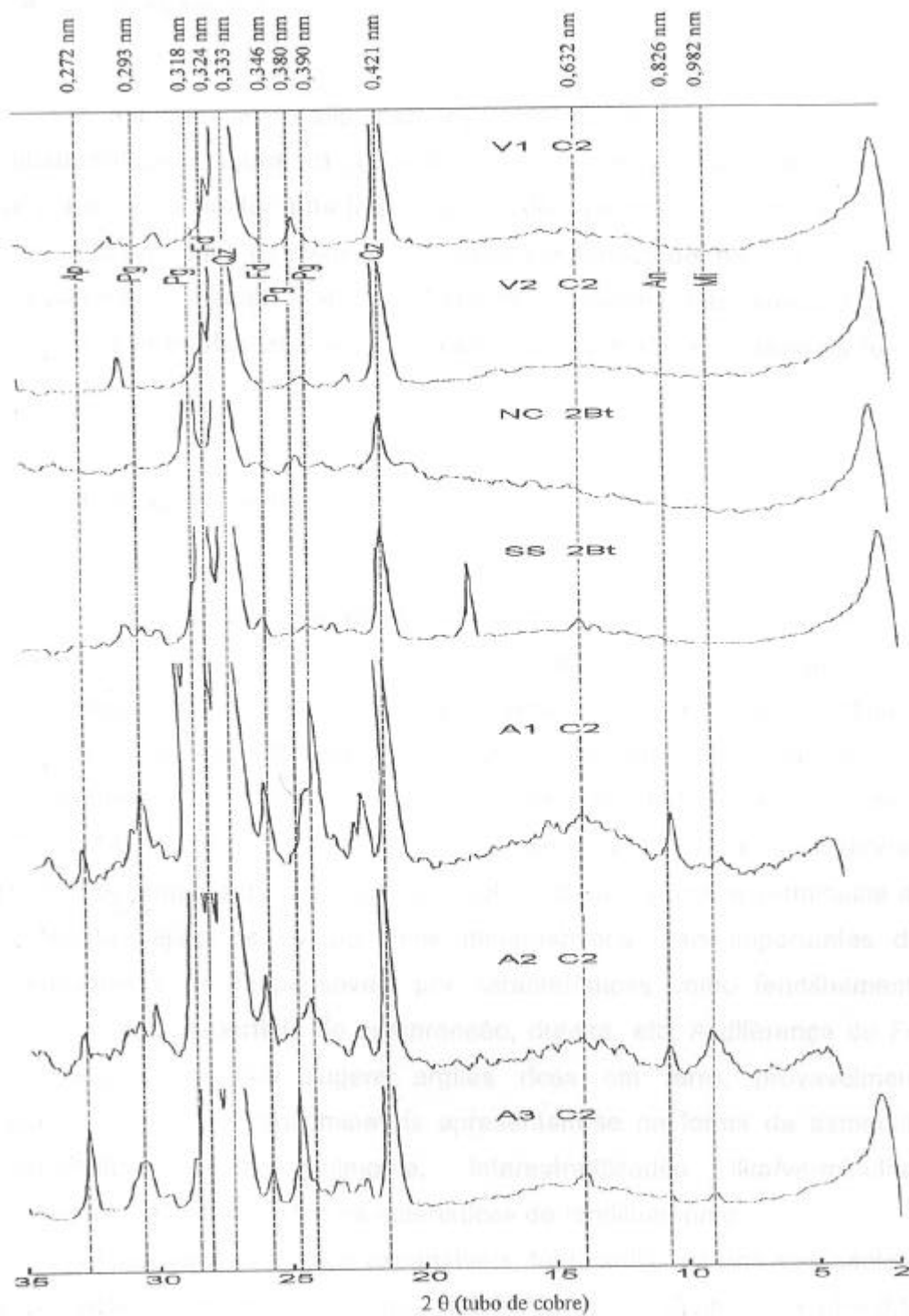


Figura 8 - Difratoformas de raios X da fração areia fina do horizonte subsuperficial (Bt para Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado e C2 para Vertissolos e Aluviais) dos solos estudados (lâminas não-orientadas). (Qz-quartzo; Pg-plagioclásio; Fd-feldspato; Mi-mica; Na-anfibólio; Ap-carbonato apatita).

4.4.2. Fração silte

A mineralogia do silte para os horizontes superficiais (Figura 9) e subsuperficiais (Figura 10) dos solos estudados é relativamente simples e de certa forma similar à da fração areia. Além de plagioclásios, microclínio e quartzo em todos os solos, é marcante a presença de mica (0,982 nm) e possivelmente clorita (1,425 e 0,708 nm – lâmina não aquecida) nos Aluviais. Em quaisquer dos solos, estes minerais são as principais fontes de K^+ , Na^+ e Ca^{++} .

4.4.3. Fração argila

A baixa precipitação pluviométrica na área em estudo, aliada à alta evapotranspiração e, no caso dos perfis V1, V2, NC, SS e A1, à deficiência de drenagem (decorrência da textura, posição no relevo e, ou, estratificação horizontalizada do material de origem), resultou na ocorrência de argilominerais 2:1 expansíveis em todos os solos estudados (Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17). A inferir-se pela expansão (V2C2) e não-expansão (V1C2) do tratamento com Mg + glicerol, presume-se que a vermiculita e a esmectita sejam os componentes mineralógicos mais importantes dos Vertissolos e os responsáveis por características como fendilhamento, quando seco, superfície de compressão, dureza, etc. A diferença de Fed em relação ao Fes sugere argilas ricas em ferro, provavelmente nontronitas. Esses argilominerais apresentam-se na forma de esmectita, vermiculita e, possivelmente, interestratificados ilita/vermiculitas, conferindo aos Vertissolos características de fendilhamento.

Além desses minerais expansíveis, foi identificada nos Vertissolos a ocorrência de quartzo (0,33 nm), feldspatos ($d = 0,32$ nm), ilita ($d = 0,97$ - $1,00$ nm e $0,33$ nm) e, possivelmente, haloisita ou algum interestratificado esmectita/caulinita. Este último é inferido em função do pico equivalente à distância de $0,80$ nm, próximo da caulinita, que colapsa, ao ser saturado, com potássio (comparação entre as Figuras 12 e 13). Segundo JOHNSON

et al. (1962), a presença de feldspatos na fração argila é possível em regiões secas, onde há pouca alteração química dos minerais da rocha de origem. Resultados semelhantes foram encontrados por LYRA et al. (1995) e JOHNSON et al. (1962) em Vertissolos da região do baixo-médio São Francisco e do Arizona-EUA, respectivamente.

Foi observada, também, nítida tendência de aumento de ocorrência de caulinita ($d = 0,71 \text{ nm}$ e $0,36 \text{ nm}$) e diminuição de esmectita na direção dos horizontes superficiais dos perfis NC e SS (Figura 13). Conforme LUZ et al. (1992), essa tendência pode ser tanto resultante da intemperização das esmectitas, formando caulinitas, quanto da remoção preferencial da esmectita em relação à caulinita.

Para os solos Aluviais, os argilominerais caulinita e illita apresentam-se como predominantes (Figura 16). Pequenos picos de esmectitas/vermiculitas são também identificados nesses perfis, representando sua existência em menor quantidade. Exceção é feita para o perfil A1, que, em razão de sua drenagem mais deficiente, apresenta os picos dos minerais expansíveis mais destacados, o que sugere maior quantidade.

No que se refere aos óxidos de ferro, os difratogramas de argilas tratadas com $\text{NaOH } 5 \text{ mol L}^{-1}$ revelam a presença da hematita tanto nos horizontes superficiais quanto nos subsuperficiais dos perfis V1, V2 e NC (Figura 16). A goethita, a inferir-se pela expressão de pico nos difratogramas, é menos expressiva. Esse predomínio, juntamente com uma possível forte interação entre matéria orgânica e argilas 2:1, é, provavelmente, o principal motivo da cor “achocolatada” nos Vertissolos. Vale salientar que, além dos picos da hematita e da goethita, são característicos os picos $0,45$ e $0,26 \text{ nm}$ da illita, mineral resistente ao ataque com $\text{NaOH } 5 \text{ mol L}^{-1}$.

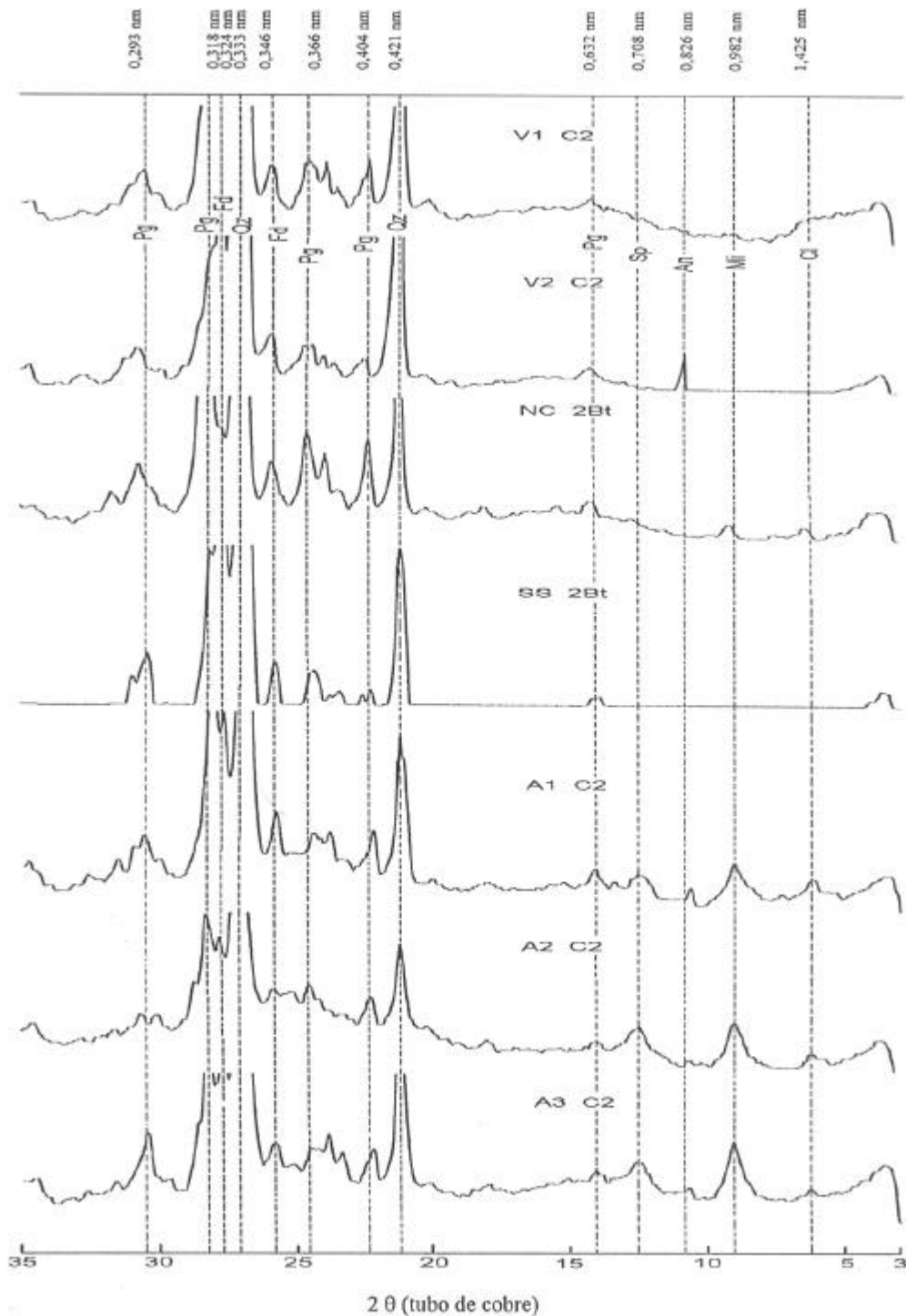


Figura 10 - Difratomogramas de raios X da fração silte do horizonte subsuperficial (Bt para Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado e C2 para Vertissolos e Aluviais) dos solos estudados (lâminas não-orientadas). (Qz-quartzo; Pg-plagioclásio; Fd-feldspato; Mi-mica; An-anfibólio; Cl-clorita; Sp-serpentina).

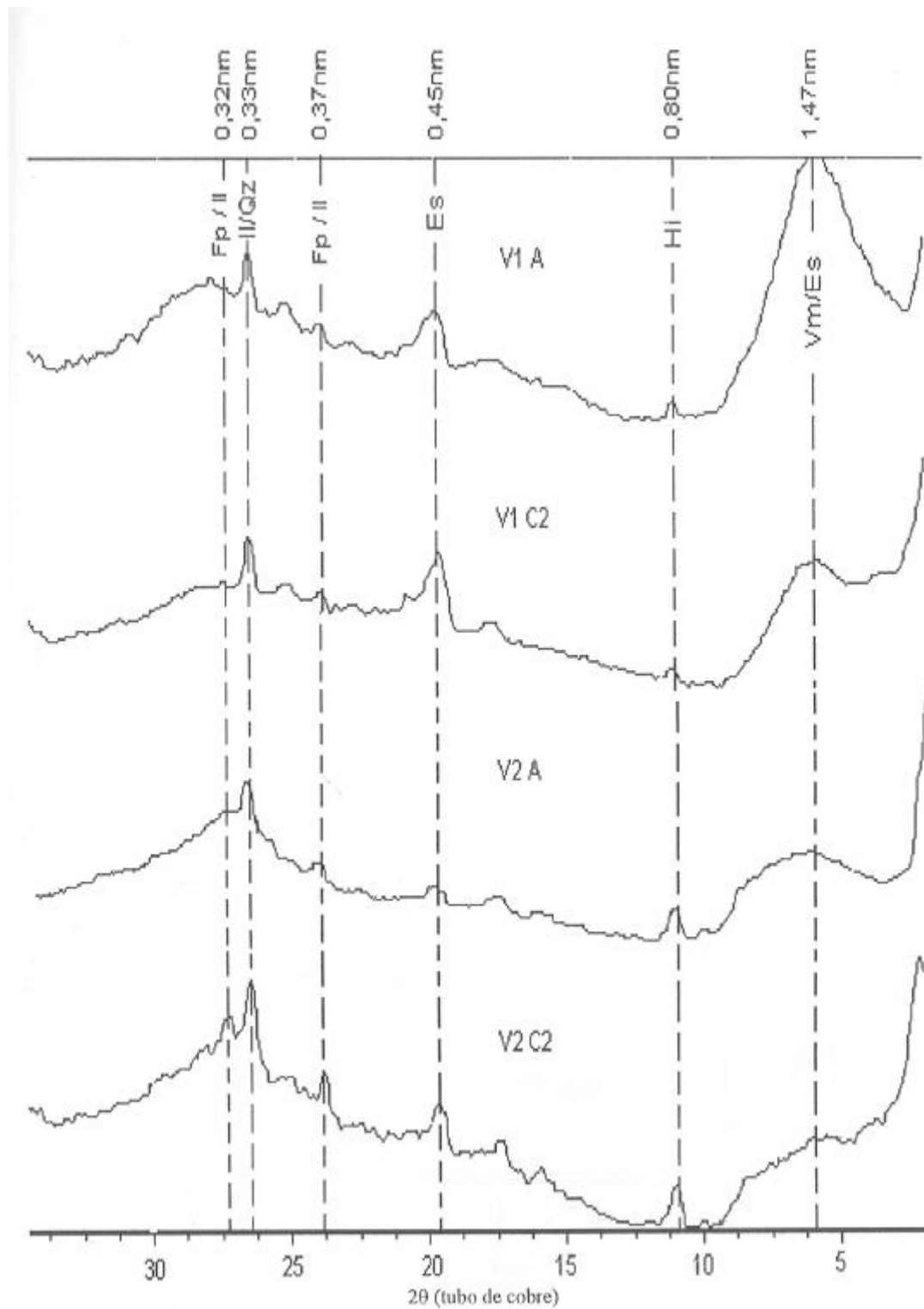


Figura 11 - Difratomogramas de raios X da fração argila desferrificada dos Vertissolos (lâminas orientadas). (Vm/Es-vermiculita/esmectita; Hi-haloisita; Il-Ilita; Fd-feldspato; Qz-quartzo).

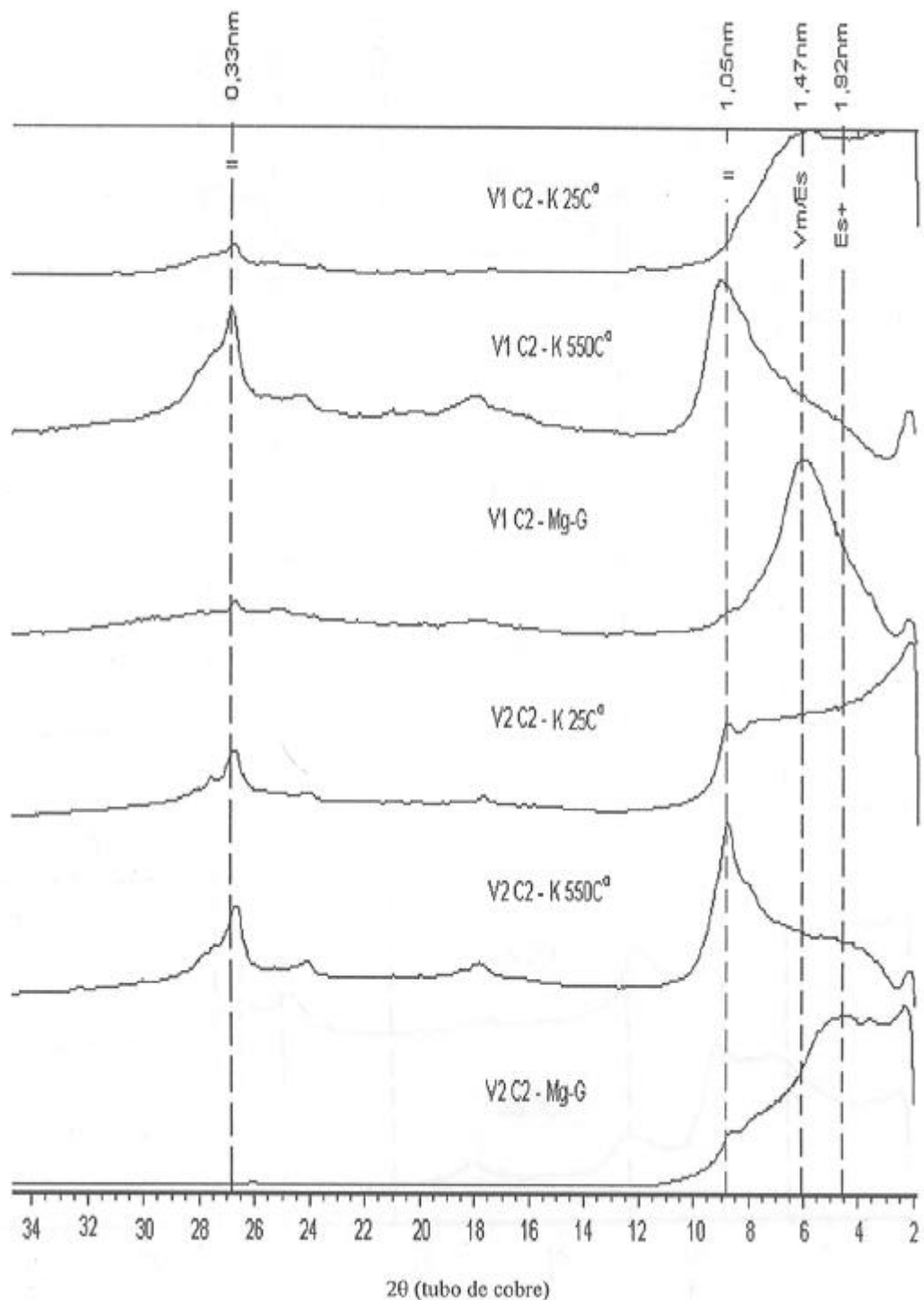


Figura 12 - Difratoogramas de raios X da fração argila desferrificada do horizonte subsuperficial (C₂) dos Vertissolos, tratada com magnésio + etileno glicol (Mg-G) e potássio a 25 e 550°C (K 25C e K 550C) (lâminas orientadas). (Es+-esmectita altamente expansiva; Vm/Es-vermiculita/esmectita; Il-ilita).

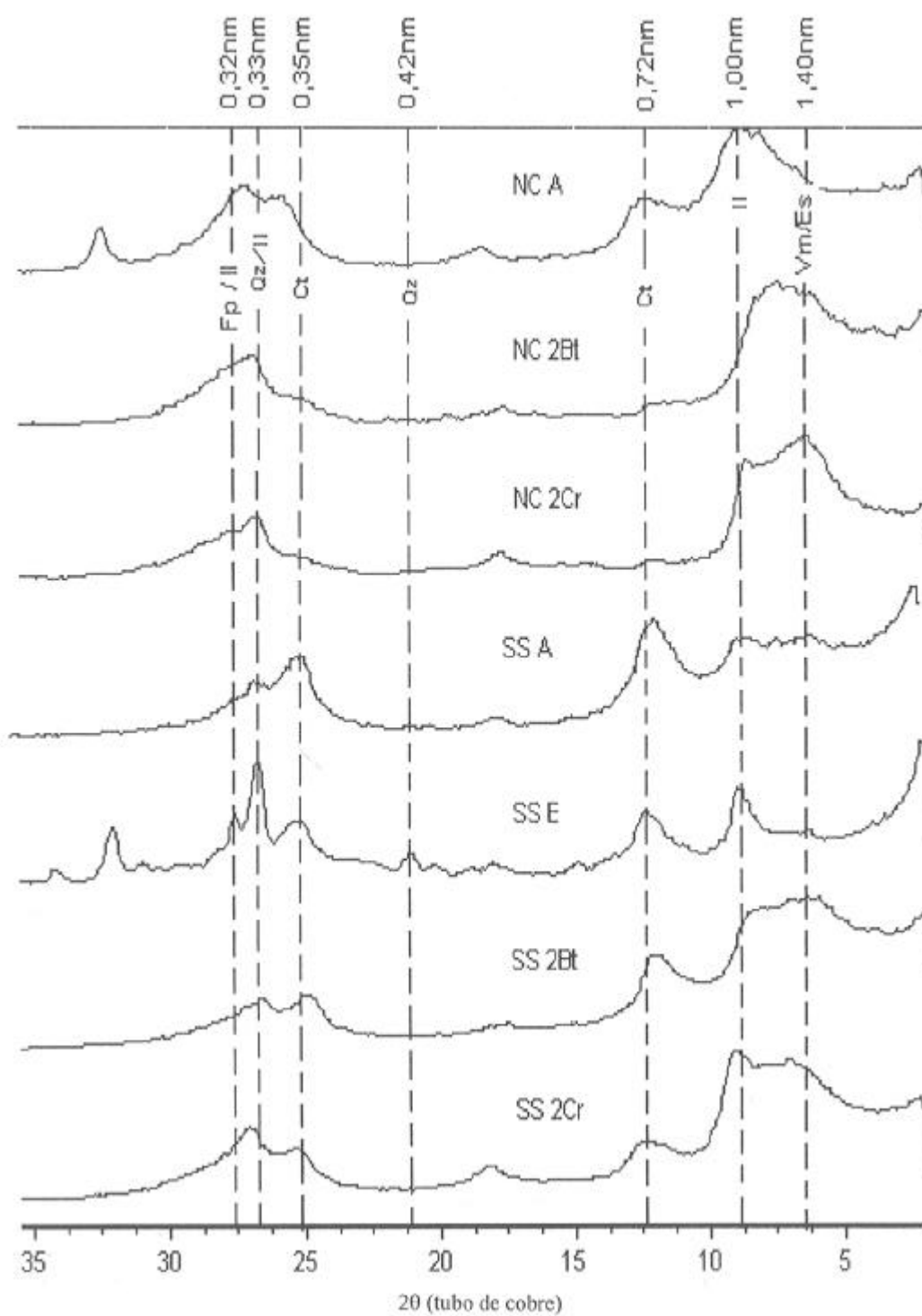


Figura 13 - Difrátogramas de raios X da fração argila desferrificada do Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado (lâminas orientadas). (Vm/Es-vermiculita/esmectita; Il-Ilita; Ct-caulinita; Fd-feldspato; Qz-quartzo).

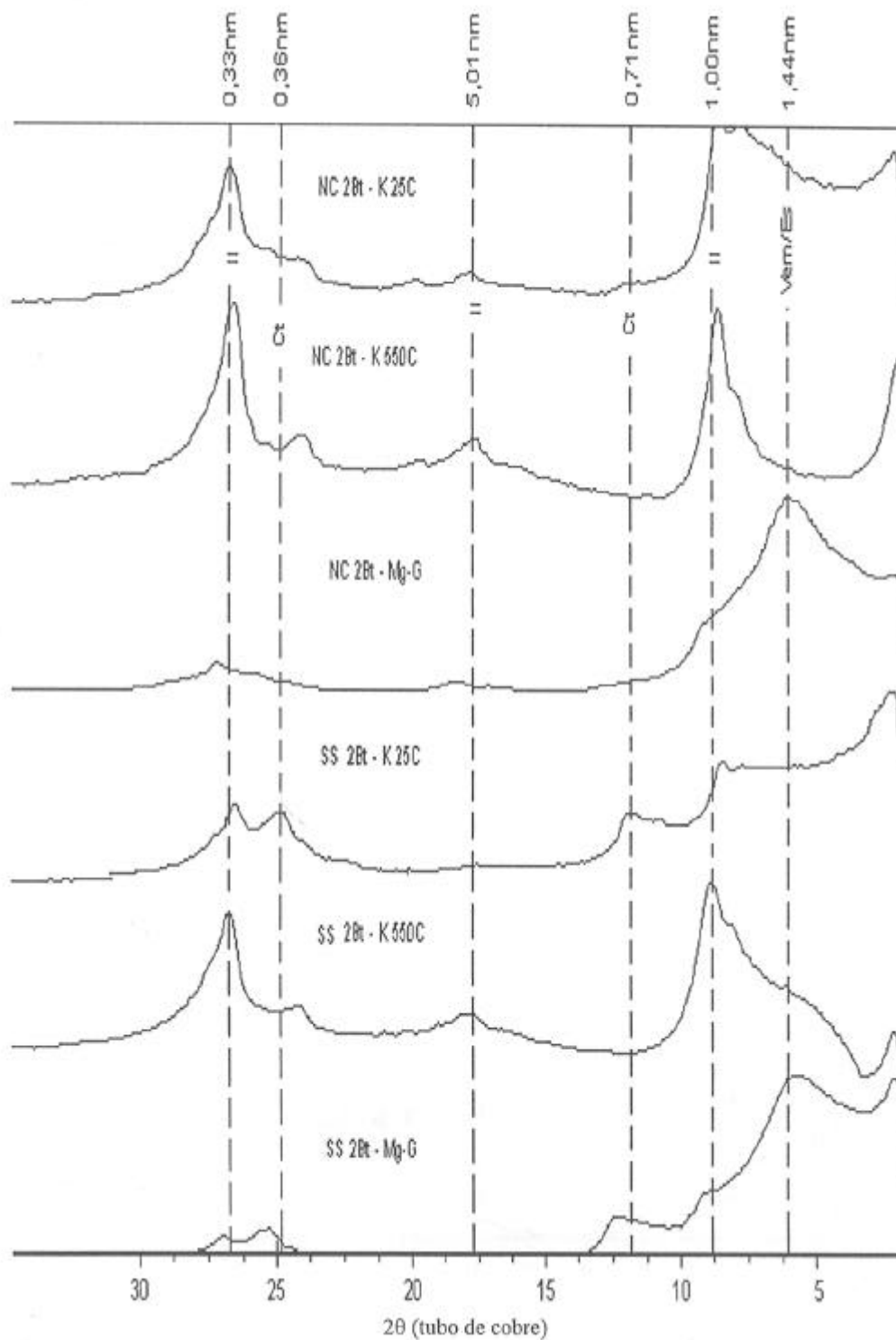


Figura 14 - Difratoogramas de raios X da fração argila desferrificada do horizonte subsuperficial (Bt) do Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado, tratada com magnésio + etileno glicol (Mg-G) e potássio a 25 e 550°C (K 25C e K 550C) (lâminas orientadas). (Vm/Es-vermiculita/esmectita; II-Ilita; Ct-caulinita).

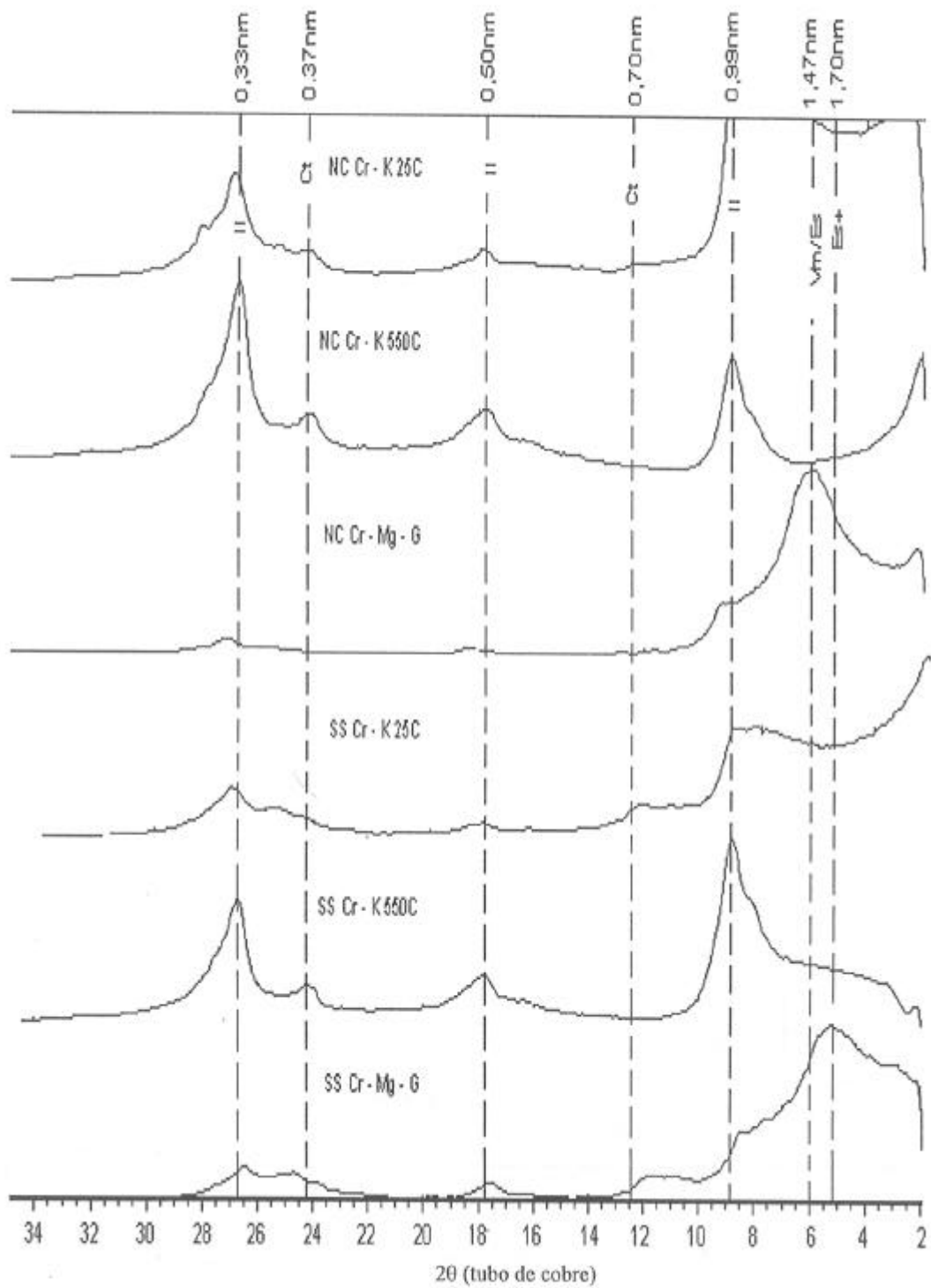


Figura 15 - Difrátogramas de raios X da fração argila desferrificada do horizonte subsuperficial (Cr) do Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado, tratada com magnésio + etileno glicol (Mg-G) e potássio a 25 e 550°C (K 25C e K 550C) (lâminas orientadas). (Es+ - esmectita altamente expansiva; Vm/Es - vermiculita/esmectita; Il - Illita; Ct - caulinita).

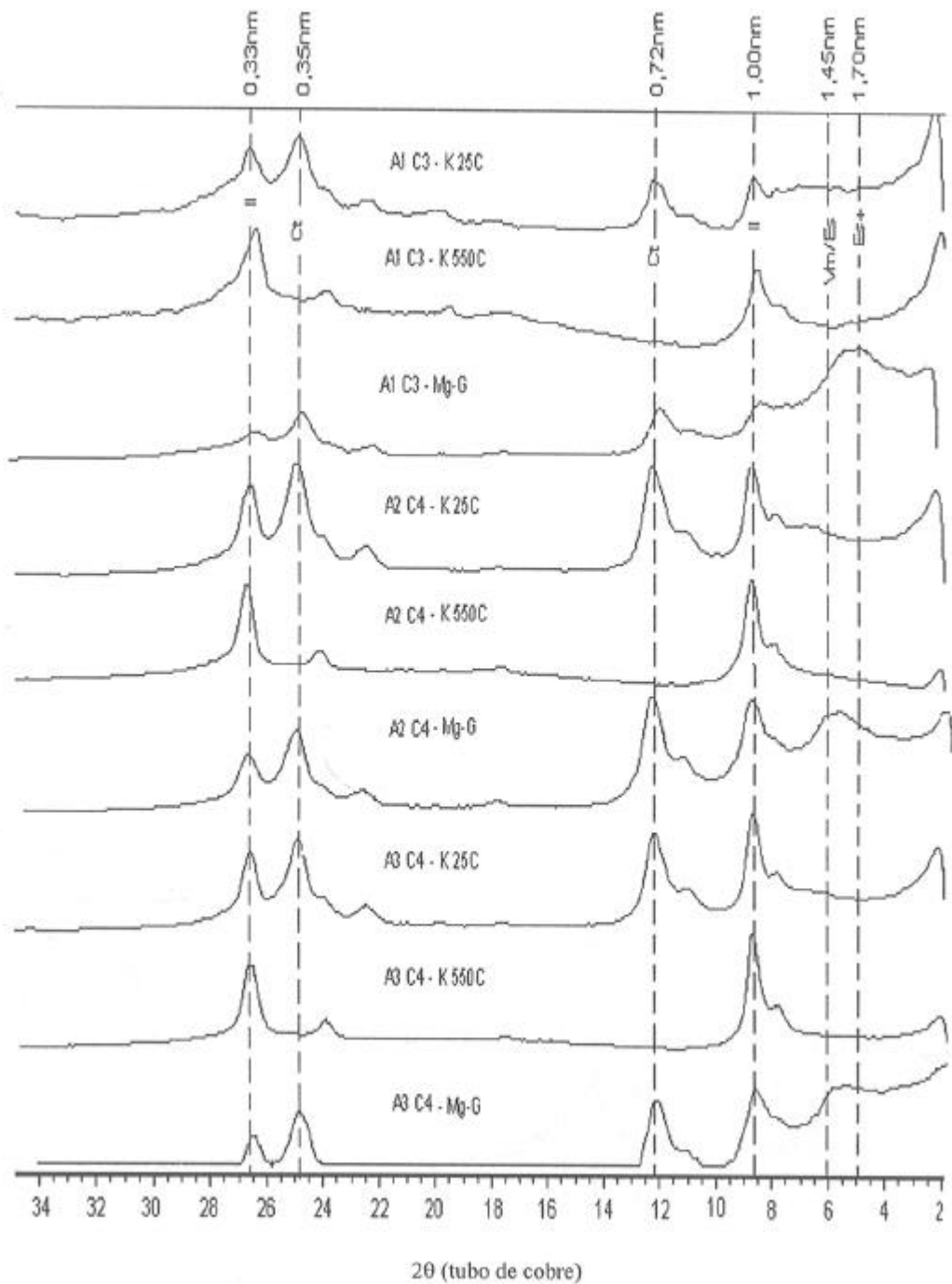


Figura 16 - Difratoigramas de raios X da fração argila desferificada das camadas subsuperficiais (C_3 para A1 e C_4 para A2 e A3) dos Aluviais, tratada com magnésio + etileno glicol (Mg-G) e potássio a 25 e 550°C (K 25C e K 550C) (lâminas orientadas). (Es+-esmectita altamente expansiva; Vm/Es-vermiculita/esmectita; II-Ilita; Ct-caulinita; Fd-feldspato).

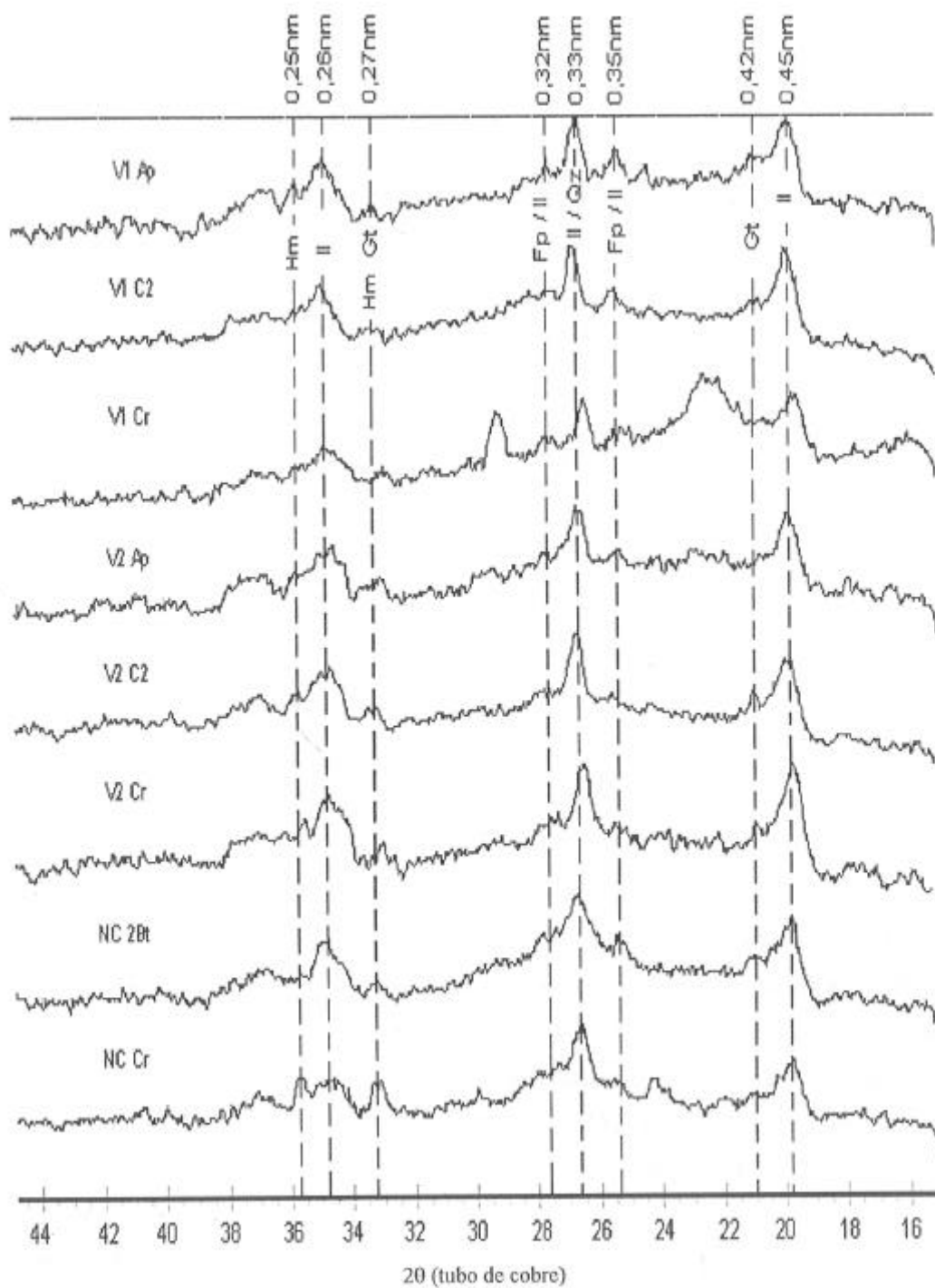


Figura 17 - Difratoogramas de raios X da fração argila tratada com NaOH 5 mol L⁻¹ dos perfis V1, V2 e NC (lâminas não-desorientadas). (II-Ilita; Qz-quartzo; Fd-feldspato; Pg-plagioclásio; Hm-hematita).

4.5. Características micromorfológicas

Os solos estudados apresentaram feições bem peculiares e típicas, principalmente os Vertissolos. Nestes solos, foram observadas feições plásmicas com abundante argila dispersa (aspecto nebuloso), decorrente da mineralogia esmectítica. Um grande número de zonas de incipiente ferruginização (concentração plásmica) de Fe-amorfo também foi constatado, indicando a importância de ciclos de flutuações sazonais e de ciclos redox durante a gênese desse solo (Figura 18a). A reorganização plásmica, quando em contato com litorrelíquia de argilito, leva à formação de superfície de deslizamento (*slikenside*). A orientação da argila dispersa mostra-se em bandas paralelas (Figura 18b,e). As litorrelíquias normalmente apresentam-se com bordas ferruginizadas pelo ferro estrutural da esmectita do sedimento (Figura 18b). Foram observados também nódulos ferruginosos (Figura 18f,c).

O plasma argiloso dos Vertissolos mostra-se com abundante argila dispersa, nódulos e fragmentos de pseudomorfos de rochas sedimentares pelíticas ferruginizadas. Nota-se a presença de cutãs de tensão, reorganizados na superfície dos pedos, porém com fraca orientação (Figura 18f). Foram também observados nódulos carbonáticos com dendritos de manganês, característicos de solos vérticos (Figura 18d).

No horizonte 2Bt do Bruno Não-Cálcico verificou-se grande quantidade de nódulos ferruginizados com matriz litorrelíquia pelítica, indicando contribuição de materiais vérticos na gênese do solo. Foram verificados, também, o desenvolvimento de estrutura e nódulos ferruginosos, com cerosidade na forma de cutãs de tensão ou estresse, e desenvolvimento de angulosidade devido à grande atividade de argila. A presença de filmes cutânicos é discreta, porém visível em maiores aumentos (Figura 19a, b, c).

No Solonetz-Solodizado, observou-se grande quantidade de grãos de quartzo arestados e arredondados, com preenchimento argiloso intergranular. O visível aspecto nebuloso da argila dispersa sugere a presença de esmectitas (Figura 19d).

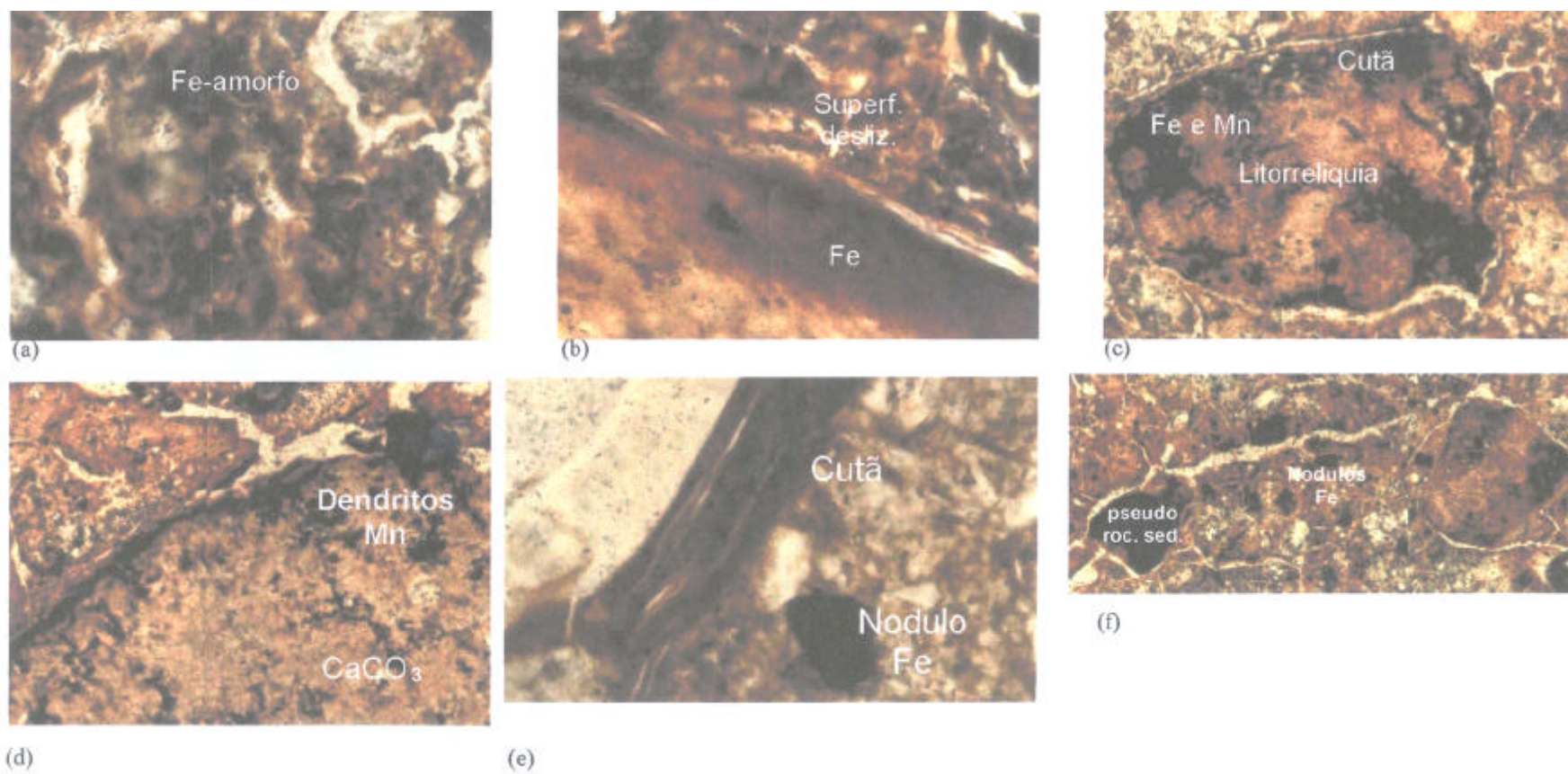


Figura 18 - Fotomicrografias dos horizontes C₂ dos Vertissolos estudados.

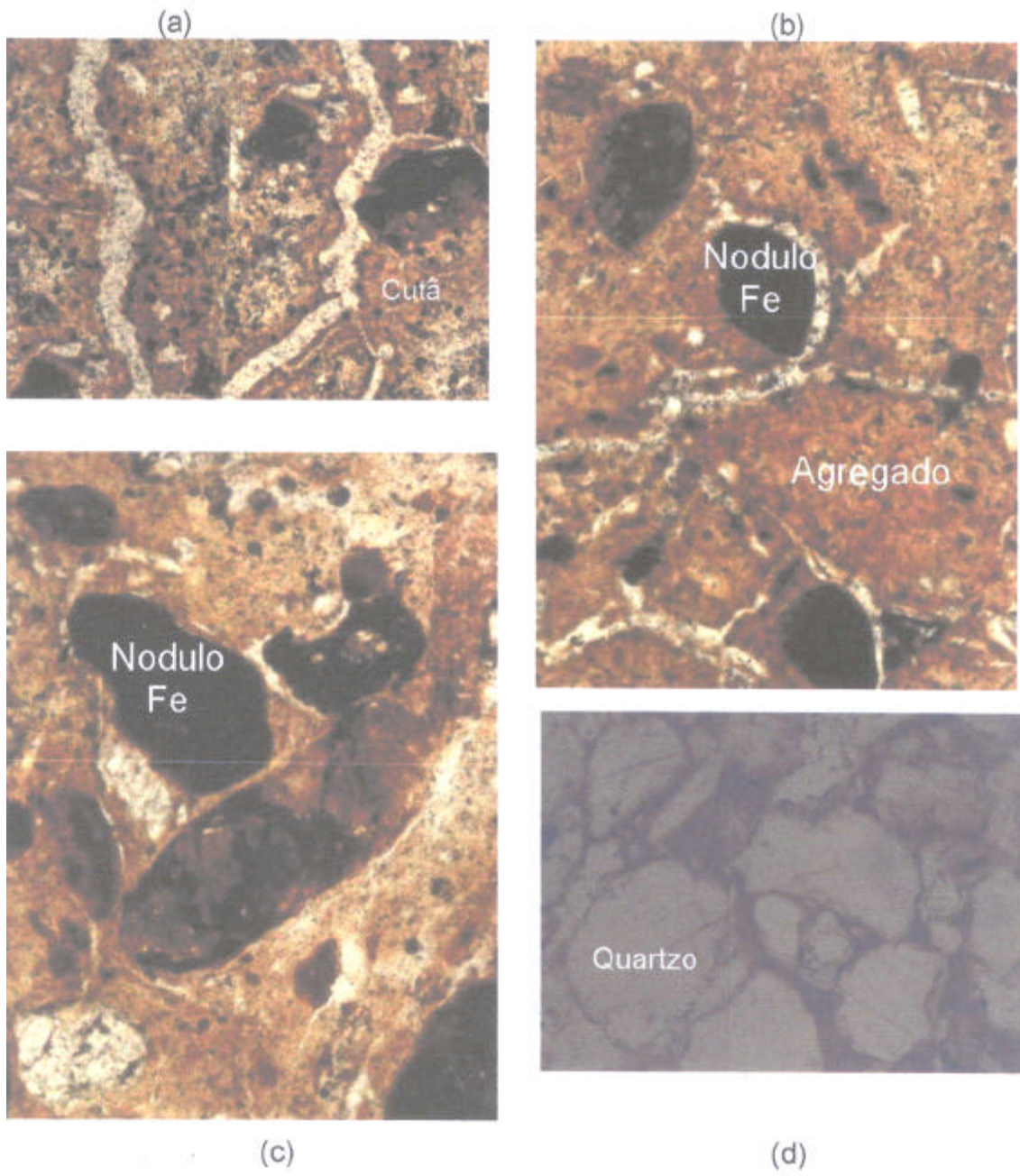


Figura 19 - Fotomicrografias de horizontes Bt de Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado.

4.6. Ambiente agrícola e uso da terra

4.6.1. Divisão de ambientes agrícolas dos pequenos agricultores da região das Várzeas de Sousa

A partir dos resultados das entrevistas com os agricultores, procuraram-se analisar e descrever de forma sucinta as características de uso da terra nas “Várzeas de Sousa”. No decorrer do texto foram feitas ainda transcrições, na íntegra, de frases relatadas pelos agricultores que apresentam relação com o assunto discutido.

De forma geral, os pequenos agricultores dividem a região estudada em cinco ambientes distintos: *massapé vermelho*, *massapé preto*, *baixio*, *área muito pedregosa com muito xique-xique* e *pereiro*. Confrontando esta divisão com a caracterização e classificação realizada no campo, percebeu-se uma relação direta com as principais classes de solos encontradas. Assim, as denominações para os diferentes ambientes da região, relatadas pelos agricultores, correspondem a Vertissolo, Aluvial vértico, Aluvial de textura média e Bruno Não-Cálcico, respectivamente. Ficou evidente que eles usam características e propriedades do solo, como cor, textura (*massapé*), vegetação natural e pedregosidade, para separá-los (Quadro 10).

Além de *massapé vermelho*, alguns agricultores dividem ainda o Vertissolo em *massapé branco*, ocorrendo em uma única entrevista uma terceira divisão: o *massapé escuro*. Nesses casos, além da cor, foi usada a fertilidade dos solos, em que o agricultor se expressava com as terminações *mais forte* e *menos forte* para diferenciá-los. A seguinte ordem crescente em fertilidade foi utilizada por ele: *massapé escuro* > *massapé branco* > *massapé vermelho* (Quadro 11). No decorrer da realização do trabalho de campo, não foi possível constatar a presença do solo caracterizado como *massapé escuro*. O segundo tipo de solo foi coletado, mas não foi caracterizado. Quanto ao solo *massapé vermelho*, em virtude do amplo domínio na área, os trabalhos de campo e laboratório permitiram sua caracterização.

Quadro 10 - Classificação dos agricultores em relação ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

Agricultores	SBCS	
	Camargo et al. (1987)	EMBRAPA, (1999)
Massapé vermelho	Vertissolo	Vertissolo
Massapé preto	Aluvial vértico	Neossolo Flúvico vértico
Baixio	Aluvial textura arenosa e média	Neossolo Flúvico
Área muito pedregosa com muito xique-xique e pereiro	Bruno Não-Cálcico	Luvissolo

Quadro 11 - Critérios adotados pelos agricultores para indicar, no campo, os massapés (Vertissolos) quanto à fertilidade

Fertilidade	Cor	Profundidade
Mais fértil	Escuro	Profundo
Intermediário	Branco	--
Menos fértil	Vermelho	Raso

Além dessas características, alguns agricultores relacionam a profundidade do solo com sua fertilidade e utilizam a denominação “laje” (rocha) próxima ou não da superfície para caracterizar, respectivamente, o solo menos ou mais produtivo (Quadro 11).

A agricultura de subsistência é marcante na região, onde feijão, milho e arroz são as culturas mais plantadas. Como toda agricultura de subsistência, o manejo é bastante simples, restringindo-se neste caso a plantio e capinas com enxada, cultivador de tração animal ou até mesmo com as mãos, dependendo do nível de umidade e tipo de solo. O uso de insumos agrícolas, como adubo, sementes selecionadas e defensivos agrícolas, é praticamente inexistente e, quando praticado, restringe-se a aplicações de inseticida na cultura do milho.

As culturas do coco, banana e algodão herbáceo mostram-se rentáveis na região. As duas primeiras são cultivadas nos solos Aluviais dos rios do Peixe e Piranhas, e a última, no Vertissolo. O uso de defensivos agrícolas, como os inseticidas bultox e folidol, e de sementes selecionadas é mais evidente, entretanto são poucos os agricultores que realizam a prática de adubação química, principalmente no período da implantação da cultura. Normalmente, eles usam esterco de gado como adubo orgânico nessas culturas e na do arroz.

Os cuidados quanto às normas de aplicação dos defensivos agrícolas não são seguidos por nenhum dos agricultores entrevistados. Para aqueles situados no Vertissolo, a característica de alta pegajosidade torna essa atividade mais perigosa, visto que o agricultor vai para o campo descalço, o que é evidenciado pelas expressões: “nesse tipo de terra, tem que entrar descalço para não atolar”.

Além das pragas lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lagarta-da-espiga (*Heliothis zea.*), no milho; ácaro (*Eriophyes guerreronis* Keif.), no coqueiro; e vaquinha (*Diabrotica speciosa*), no feijão, a área em estudo possui o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis boh*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*). A mosca-branca tornou-se a pior praga da região, segundo os agricultores; o alto custo para o controle, aliado à grande diversidade de culturas hospedeiras, diminuiu a produtividade ou mesmo inviabilizou a exploração das culturas de subsistência.

Vários agricultores deixaram de cultivar o algodão herbáceo, em razão dos altos custos do controle do bicudo e da mosca-branca. Expressões como “*Antes do bicudo era melhor*” e “*O inseticida tira o lucro; e agora com essa mosca-branca ficou muito pior*” demonstram a grave situação econômica desta cultura na região. A área plantada foi reduzida de 53.870 ha em 1985 para 2.989 ha em 1994 (área plantada na bacia do Rio Peixe) (CARNEIRO e QUINTANS, 1997), devido à incidência do bicudo. A região passa novamente por dificuldades com essa nova praga (mosca-branca), que, segundo os agricultores, surgiu na região em 1997. Vale ressaltar que a seca também foi um dos fatores que contribuíram para redução da área plantada.

Quanto à escolaridade, os agricultores adultos e idosos são quase na totalidade analfabetos, porém seus filhos, menores de idade, freqüentam a escola. Nesse aspecto, a praga do bicudo foi positiva para a região. Com a redução da área plantada, por causa dessa praga, faltou trabalho no campo, e as crianças que antes ajudavam no plantio e, ou, na colheita do algodão passaram a estudar.

A valorização da terra e de seus produtos é uma característica marcante nos agricultores da região, o que pode ser demonstrado pelas expressões: “o solo é bom demais”, “aqui tudo que planta dá” e “é uma das terras melhores do mundo para plantar coco”. Entretanto, ficou bem clara a dificuldade para sobrevivência na região, sendo a palavra “água” mencionada em demasia: “tendo água é bom”, “a área é boa se tiver água”, “plantar no sertão é mesmo que jogar por dinheiro”, “a água é o sangue da terra”, entre outras. A falta desse recurso faz parte da vida desses agricultores. No ano agrícola de 1999, alguns agricultores perderam três vezes o plantio e quase todo ou todo o rebanho bovino, que é considerado por eles uma segunda moeda. Alguns comentam que desde 1997 não colhem nada, sendo sua principal renda o auxílio dado por meio do governo pelo programa denominado Frente de Emergência.

Como a área é cortada por dois rios (rio Piranhas e rio do Peixe), poder-se-ia perguntar: por que os agricultores da margem desses rios não utilizam a irrigação para repor as necessidades hídricas das culturas? Contudo, o rio Piranhas é perenizado pelas águas liberadas do açude São Gonçalo. Como este encontra-se atualmente destinado apenas ao abastecimento urbano da cidade de Sousa, não é possível utilizar suas águas para irrigação. Quanto ao rio do Peixe, sua perenização também depende das águas de açudes, neste caso o açude Lagoa do Arroz, que também não se encontra em condições de liberar água para irrigação. Percebe-se, assim, que a agricultura atual depende basicamente das chuvas de inverno, principalmente para aqueles agricultores situados nas áreas de Vertissolos, que distam das fontes de águas citadas.

Citações dos agricultores sobre como seria um inverno bom ou ruim foram confrontadas com dados pluviométricos mensais dos anos de 1910 a 1985 (BRASIL, 1990). Para eles, um inverno bom seria aquele em que

chove de janeiro até junho, e o ruim, aquele em que as chuvas vão de janeiro até março ou abril. Utilizando-se das observações pluviométricas, percebeu-se que nos anos de 1917, 1924, 1934, 1940, 1964, 1967, 1974, 1977 e 1985, quando se registrou precipitação anual acima de 1.000 mm, as chuvas prolongaram-se apenas até o mês de junho, o que evidencia a percepção dos agricultores locais quanto à distribuição temporal das precipitações.

Uma alternativa para solucionar os problemas causados pela seca seriam as perfurações de poços amazonas. Todavia, observou-se que na área dos Vertissolos as águas apresentavam-se salinas (Apêndice 1 – Quadro 2A), como demonstrado pela expressão: “a água do poço corta até roupa”. Nos solos Aluviais o problema passa a ser outro: a baixa vazão dos poços, que, além de atender a irrigação de grandes áreas plantadas, tem que irrigar por inundação. O sistema de microaspersão é uma realidade que está chegando nesses últimos anos, com o agravamento da seca.

Analisando as entrevistas, observou-se uma relação entre o solo e as culturas adotadas pelos pequenos agricultores. Segundo eles, o solo passa a ser muito ou pouco produtivo, dependendo da cultura que está sendo implementada. Para o feijão, o melhor solo seria o Aluvial textura média e o Vértico, sendo o Vertissolo designado como “muito forte”, conforme o dizer: “o massapé vermelho é bom para tudo, menos o feijão, que não vai bem; enrama demais; a terra é muito forte” e “o feijão cresce demais, só se dá em terra fraca, arenosa”. Esse caráter de forte pode estar relacionado ao excesso de umidade retido pelo solo (encharcamento). Para o milho, todas as classes de solos são produtivas, porém o Vertissolo destaca-se entre os agricultores como o melhor. Relatos indicam produtividade média de 700 a 750 kg de grãos por “tarefa”, com 3,3 tarefa correspondendo a 1 hectare. As culturas de algodão e coco mostram-se melhores no Vertissolo e nos Aluviais, segundo os mesmos agricultores.

Relacionando-se solo, tipo de cultura, distribuição e quantidade de chuva, o conceito de solo mais produtivo varia entre os agricultores. Em anos em que o inverno é muito chuvoso, como ocorrido em 1974 e 1985, registrando-se precipitação média anual de 1.556 e 1.579 mm, respectivamente (BRASIL, 1990), nenhum solo seria “o ideal”, devido à

presença de nível freático superficial em praticamente toda a região. Nos invernos com menores precipitações anuais, os agricultores relatam que a área dos Vertissolos seria a mais produtiva. Percebe-se que os agricultores relacionam solo mais produtivo com retenção de água. Relatos de inúmeros agricultores demonstram que a umidade no solo permanece por mais de 20 dias após uma chuva de 100 a 120 mm, sendo esta identificada como “boa” através das entrevistas.

O Vertissolo ocupa aproximadamente 26% da área, sendo um solo bastante peculiar na região. Seu manejo, devido à sua característica de elevada pegajosidade, mostra-se diferenciado do das demais classes de solos. É interessante ressaltar que seu preparo para o plantio inicia-se normalmente em janeiro, antes das chuvas, com o solo seco. Essa forma de preparo, segundo os agricultores, seria a única maneira para manejar o terreno com arado, caso se empregue tração mecanizada, ou cultivador, caso se use tração animal, o mais utilizado na região.

O plantio varia conforme o teor de umidade, sendo regularmente realizado logo após o início das primeiras chuvas, quando as covas são abertas com enxada. Entretanto, quando o Vertissolo apresenta-se com elevada umidade, essa forma de plantio é substituída por outra bastante peculiar: o uso dos pés para abrir as covas (Figura 20). Entre os entrevistados, todos já realizaram esta forma de plantio. Normalmente fazem uso de uma “corrente” (corda de 25 metros com marcas espaçadas de 40 cm) para alinhar o espaçamento entre plantas. Por causa do uso dessa forma de plantio, há vários relatos de problemas de picadas de escorpião e aranha caranguejeira.

Na capina, o uso do cultivador entre linhas é, da mesma forma que no preparo do solo, somente adotado quando esse solo apresenta-se com baixo teor de umidade. Quando a umidade é alta, a capina é realizada através do arranque com o uso exclusivo das mãos.

Uma característica da classe dos Vertissolo é a presença intensa de fendas na superfície. Foi perguntado se a presença ou não de fendas poderia ser indicativo de umidade ideal para plantio. Isto foi confirmado por todos os entrevistados, os quais descreveram que uma chuva ideal para o plantio nesse solo é aquela em que as fendas não permanecem visíveis na

superfície e em que o caráter de pegajosidade mostra-se bastante evidente, o que pode ser visto através das frases: “chuva ideal é aquela que fecha as fendas e forma lama”, “a terra tem que atolar e a água tem que escorrer. Não pode ter fendas”, entre outras. Esse fato pode estar relacionado com a maior maciez do solo, resultante da redução da densidade do solo ao umedecer.

Um fato marcante nos Vertissolos é a presença de rachaduras na morada do agricultor, seja no piso ou nas paredes, e de tombamento de cercas. Estas são refeitas anualmente, principalmente nas fazendas que possuem gado.

A presença de solos salinos foi registrada nas entrevistas através da expressão “terra com salitre”. Normalmente, sua presença foi constatada pelos agricultores em algumas áreas de solos Aluviais e nas áreas de carnaúbas. De forma geral, os agricultores dessa região evitam o uso desse tipo de terreno, comentando que ele não é bom nem para o arroz. Entretanto, dois entrevistados relataram que utilizam essas áreas, aplicando esterco de gado para aumentar a produtividade.



Figura 20 - Plantio de algodão na BR-230, realizado com o calcanhar.

Nas áreas com carnaúba, registrou-se a atividade de desmatamento em épocas passadas, para aproveitamento da área, seja para pastagem nativa, milho, algodão ou feijão. São consideradas, entre os entrevistados, como terras agricultáveis, boas para o plantio das culturas citadas anteriormente. Os agricultores ressaltam que o principal problema dessas áreas são as raízes das carnaubeiras, que formam o que chamam de “bucha”, dificultando o manejo do solo. A “bucha” seria o entrelaçamento das raízes quando as carnaubeiras se encontram muito próximas. Comentam que o uso dessas áreas só é possível três anos após o desmatamento, quando as raízes não existem mais, ou com o uso de arado de disco. Mesmo assim, deve-se registrar a ocorrência de áreas com acúmulo de sais nos carnaubais.

4.6.2. Situação atual dos irrigantes do Projeto São Gonçalo

A Diretoria Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), antes denominada Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca (IFOCS), iniciou em 1919 a construção do açude São Gonçalo, concluindo-o em 1935. Logo em seguida, foi iniciada a construção dos canais de irrigação e a liberação de água para os agricultores das várzeas e para o posto de pesquisa, mais tarde denominado Instituto José Augusto Trindade. Este posto inicialmente tinha o objetivo de estudar essências florestais da região semi-árida. Posteriormente, ele realizou pesquisas na área de fruteiras tropicais, fitopatologia, entomologia, melhoramento de plantas e, no primeiro laboratório de solos da América Latina, os primeiros estudos de solos. O primeiro mapa de solos foi feito em 1947, quando foi confeccionado o mapa agrológico da bacia de irrigação do açude São Gonçalo.

Os agricultores da região recebiam assistência técnica do IFOCS, que na época trouxe alta tecnologia de irrigação e implantou grande número de espécies de fruteiras tropicais. Entretanto, com a instalação do perímetro irrigado, no início da década de 70, foram erradicados esses pomares. Uma área de aproximadamente 5.000 ha foi desapropriada e indenizada, para criação do perímetro de irrigação, que foi denominado Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

No processo de colonização foram distribuídos lotes de 4 a 5 ha, sistematizados e com sistema de irrigação gravitatório, para os colonos selecionados. A colonização iniciou-se com 70 agricultores, chegando atualmente a 500. O IFOCS, agora denominado DNOCS, dava toda a estrutura de máquinas (tratores, batedores de arroz, etc.) e administrativa e negociava toda a produção da área.

Como em todo projeto de irrigação realizado por essa instituição, aos poucos os colonos tinham que se emancipar. Foi criada uma cooperativa, nos primeiros anos gerenciada pelo DNOCS, a qual tinha poderes para administrar o perímetro irrigado e tinha a obrigação de manter em perfeito estado a estrutura de irrigação e dar assistência técnica aos colonos. Posteriormente, a gerência passou a ser dos próprios colonos.

Esta cooperativa, segundo os entrevistados, passou por várias dificuldades, mas, com o apoio do DNOCS, fez vários benefícios para o perímetro de irrigação, como a instalação de rede elétrica e poços amazonas. Esses poços procuraram aproveitar 43 milhões de metros cúbicos de água armazenada em reservatório subterrâneo, diminuindo os problemas da seca surgidos no perímetro no início da década de 90. Atualmente, a cooperativa encontra-se em situação financeira desfavorável.

Em âmbito geral, os colonos de São Gonçalo encontram-se em melhores condições quando comparados aos agricultores das áreas vizinhas, seja de infra-estrutura como, também, de instrução. O nível de escolaridade dos colonos e de seus filhos é bem superior ao daqueles da região das “Várzeas de Sousa”, onde o segundo grau é basicamente concluído na própria escola agrotécnica do perímetro, ocorrendo casos de formatura de seus filhos em cursos superiores.

Os treinamentos promovidos pelo DNOCS, como também sua assistência, proporcionaram maior conhecimento técnico dos irrigantes de São Gonçalo, em relação aos das áreas vizinhas. A prática de consórcio (banana e coco) e o uso do gesso fazem parte de sua história. Entretanto, o manejo da água é feito de forma incorreta, promovendo a elevação do lençol freático e salinização dos solos.

O sistema de irrigação ainda é o mesmo desde a implantação do projeto (gravitatória por inundação ou sulco), e a quantidade de água disponível atualmente é bem menor. O açude São Gonçalo, que vinha passando por racionamento na liberação de água desde 1993, encontra-se neste ano impossibilitado de liberar água para irrigação, devido às constantes secas (Apêndice 2). Para agravar esse problema, alguns poços não podem atender a demanda de água requerida pelo sistema de irrigação.

Por esses motivos, os colonos apresentam-se em situação de descrença com o perímetro irrigado. A situação ainda não é considerada tão grave como a dos agricultores das várzeas de Sousa, onde foi registrada perda de colheita, mas a continuidade do período de seca pode promover perda da safra na região. Os entrevistados comentam que a solução seria a mudança total do sistema de irrigação atual pelo sistema por microaspersão. Alguns, com recurso próprio, fizeram esta mudança.

Assim, a área do projeto de irrigação de São Gonçalo, que iniciou com culturas de ciclo curto, como algodão herbáceo e tomate, e que hoje é praticamente toda cultivada com banana e coco, esta última com produtividade média de 26.000 cocos por hectare/ano, pode, nesses próximos anos, entrar em complicada situação.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar física, química, mineralógica e micromorfológicamente os solos localizados na região de Sousa-PB, enfatizando a identificação de minerais com potencial de salinização nas frações areias grossa e fina, silte e argila. Adicionalmente, foi caracterizado o perfil dos pequenos agricultores da região. Nesse aspecto, a busca pelo conhecimento popular foi transformada num importante dado para análise.

Para isso, após consulta de mapas preexistentes e percorrimento intenso na área em estudo, foram selecionados e coletados materiais de solo de perfis de expressiva ocorrência na área, dentro da classe dos Aluviais, Bruno Não-Cálcico, Solonetz-Solodizado e Vertissolos.

A caracterização física englobou análise textural, argila dispersa em água, densidades do solo e da partícula e curva de retenção de umidade. A caracterização química constou da determinação do pH (em água e KCl), de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Al^{3+} , H^+ , P disponível, carbono orgânico, extração de Fe e Mn com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e oxalato ácido de amônio, óxidos, pelo ataque sulfúrico, e teor de sais totais em extratos de pastas de saturação. Além disso, foram realizados fracionamento da matéria orgânica, análises mineralógicas das frações areia grossa, areia fina, silte e argila por difratometria de raios X e estudos micromorfológicos dos horizontes diagnósticos dos Vertissolos, Bruno Não-Cálcico e Solonetz-Solodizado.

Para a caracterização dos perfis dos pequenos agricultores, foram realizadas 30 entrevistas informais, em que os entrevistados (pequenos agricultores com mais de 10 anos na área) foram determinados por um método de indicações, ou seja, o agricultor que estava sendo entrevistado indicava o seguinte, sendo o primeiro escolhido aleatoriamente. Procurou-se englobar toda a região denominada “Várzeas de Sousa”, a qual foi dividida, baseando-se em mapa fundiário da região, em três setores: bacia do rio do Peixe, bacia do rio Piranhas e BR-230, sendo este último localizado entre os dois anteriores. Procurou-se ainda estudar a região do projeto de irrigação São Gonçalo, desenvolvido pelo DNOCS na década de 70.

Foi feita, ainda, uma análise crítica sobre a situação atual dos recursos hídricos. Realizou-se um levantamento de dados atuais, referente a qualidade e volume de água de seus principais açudes: São Gonçalo, Lagoa do Arroz e Engenheiro Avidos. Devido à transposição das águas para a região em estudo, o açude Estevam Marinho (ou Coremas/Mãe-d'Água) foi incluído na análise.

Os dados apresentados e discutidos permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

- A maioria dos solos estudados apresentou severas restrições físicas para a agricultura, como: altas pegajosidade e plasticidade, elevada densidade do solo, estrutura prismática ou colunar, pedregosidade superficial e susceptibilidade à erosão.
- Além do sódio, que promoveu elevada percentagem de argila dispersa em água, o magnésio aparece como cátion de grande importância nesse fenômeno, principalmente nos Vertissolos. Nestes solos, mesmo sendo o teor de sódio bem menor que o de cálcio, a argila dispersa mostrou-se bastante elevada, condizente com sua própria natureza e com os altos valores de magnésio.
- O teor de óxido de ferro mostrou-se baixo em todos os perfis, com provável predomínio das formas menos cristalinas, em razão das altas relações Feo/Fed.

- A mineralogia cálcio-sódica das frações areia grossa, areia fina e silte pode ser a principal responsável pelos altos teores de cálcio, magnésio e sódio dos solos estudados.
- A baixa precipitação pluviométrica anual, a má distribuição de chuvas, a elevada evapotranspiração, aliadas, para o caso de Vertissolos, Bruno Não-Cálcicos e Solonetz-Solodizado, ao material de origem pouco permeável, contribuíram de forma marcante na gênese dos solos. Isto resulta na presença marcante de vermiculita/esmectita e illita na fração argila de todos os solos estudados. O teor expressivo de ferro na fração argila sugere, além da presença da hematita, a ocorrência de mineral 2:1 expansivo rico em ferro, possivelmente a nontronita.
- A cor “achocolatada” é provavelmente resultante da presença da hematita, com provável contribuição da matéria orgânica estabilizada por argilominerais 2:1 e altos teores de cálcio e magnésio.
- A realização do pré-tratamento para eliminação de carbonatos (HCl 0,1 mol L⁻¹) durante o fracionamento da matéria orgânica resultou em aumento de 300 e 340% para os ácidos húmicos e fúlvicos, respectivamente, e redução de 60% na fração humina, sugerindo a presença de humatos e fulvatos de cálcio e magnésio na estabilização da matéria orgânica.
- As melhores correlações do magnésio com a relação AHT1/AHT2 (ácido húmico sem pré-tratamento/ácido húmico com pré-tratamento), em relação às do cálcio, sugere sua maior participação na estabilização da matéria orgânica, na forma de humatos de magnésio.
- Os critérios adotados pelos pequenos agricultores permitiram separar a região estudada em diferentes ambientes, que corresponderam às diferentes classes de solos predominantes na área. Além disso, seus relatos mostram que as características de altas plasticidade e pegajosidade dos Vertissolos conferem uma forma bastante peculiar de “manejo primitivo” em época chuvosa, que é a abertura de covas e o plantio de culturas, como algodão e milho, com o calcanhar e capinas feitas com o uso exclusivo das mãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUAYE, D.K., DOWUONA, G.N., MERMUT, .A.R., ARNAUD, R.J., St. Micromorphology and mineralogy of cracking soils from the acrra plains of Ghana. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, v.56, p.193-201, 1992.
- AHMAD, N. Vertisols. In: WILDING, L.P., SMECK, N.E., HALL, G.F. (prenome e outros autores) et al. (Eds.). **Pedogenesis and soil taxonomy II: the soil orders**. New York: Elsevier, 1983. p. 92-123.
- AHMAD, N., JONES, R.L. Genesis, chemical properties and mineralogy of Caribbean Grumosols. **Soil Sci.**, Baltimore, v.107, p.166-174, 1969.
- ANTONELLO, L.L. Reserva mineral na fração areia dos solos do Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22, 1989, Recife. **Programas e Resumos...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989. p.298.
- AUDRY, P., SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**: caracterização, variação sazonal e limites de uso. Recife: CNPq, 1995. 128p.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.
- BALPANDE, S.S., DESHPANDE, S.B., PAL, D.K. Plasmic fabric of vertisols of the Purna Valley of India in relation to their cracking. **J. Ind. Soc. Soil. Sci.**, Madhya Pradesh, v.45, p.553-562, 1997.

- BASSET, J., DENNEY, R.C., JEFFERY, G.H., MENDHAM, J. **Análise inorgânica quantitativa**. 4.ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1981. 690p.
- BAVER, L.D., GARDNER, W.H. **Física de suelos**. México: Union Tipografica Editorial Hispano-Americana, 1972. 529p.
- BEEK, K.J., BLOKUIS, W.A., DRIESSEN, P.M. Problem soils: their reclamations and management. In: LAND RECLAMATIONS AND WATER MANAGEMENT DEVELOPMENTS, PROBLEMS AND CHALLENGES. Wageningen: ILRI, 1980. v.27, p.43-72.
- BENITES, V.M. **Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 123p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- BLOKHUIS, W.A., PAPE, Th., SLAGER. Morphology and distribution of pedogenic carbonate in some Vertisols of the Sudan. **Geoderma**, Amsterdam, v.2, p.173-199, 1968.
- BORGES, A.L., KEIHL, J.C. Alteração da matéria orgânica de um latossolo amarelo álico de Cruz das Almas (BA), pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.20, p.313-318, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Rio Grande do Norte**. Rio de Janeiro: 1971a. 839p. (Boletim Técnico, 21. SUDENE-DRN. Série Pedológica, 9)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Sul do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro: 1971b. 839p. (Boletim Técnico, 18. MA/CONTAP/USAID/ETA)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: 1972. 683p. (Boletim Técnico, 15. SUDENE-DRN. Série Pedológica, 8)

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: 1973a. v.1. 359p. (Boletim Técnico, 26. SUDENE-DRN. Série Pedológica, 14)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: 1973b. v.1. 301p. (Boletim Técnico, 28. SUDENE-DRN. Série Pedológica, 16)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973c. 431p. (Boletim Técnico, 30. MA-DRN)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe**. Recife: 1975. 506p. (Boletim Técnico, 36. SUDENE-DRN. Série Pedológica, 6)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: 1986a. v.2. 384p. (Boletim Técnico, 36. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 18)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: 1986b. v.2. 422p. (Boletim Técnico, 35. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 17)
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. DNPH. **Projeto RADAMBRASIL**: folha SB.24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1981. 740p. (Levantamento dos recursos naturais, 23)
- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Diretoria de Planejamento Global. **Dados pluviométricos do Nordeste**. Recife, 1990. 239p. (Série Pluviometria, 5)
- BRASÍLIA - Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Geologia do Brasil**. Brasília, DF: MME, 1984. 501p.

- BRINCKMAN, R. Ferrollysis, a soils forming process in hydromorphic conditions. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. 1979, 105p.
- BRYDON, J.E., SOWDEN, J.E. A study of clay-humus complexes of a Chernozemic and Podzol soil. **Can. J. Soil. Sci.**, Ottawa, v.39, p.136-143, 1959.
- CAMARGO, M.N., KLAMT, E. KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, v.12, p.11-33. 1987.
- CARDOSO, I.M. **Percepção e uso, por pequenos agricultores, dos ambientes de uma microbacia no município de Ervália-MG.** Viçosa, MG: UFV, 1993. 195p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- CARNEIRO, J.O. **A irrigação das “Várzeas de Sousa” e o aproveitamento integrado dos recursos de solo e água do vale do piranhas.** Exposição feita em reunião realizada na cidade de João Pessoa, 1993. (no prelo)
- CARNEIRO, J.O., QUINTANS, L.J. **Plano de desenvolvimento sustentável da Paraíba:** reorganização e fortalecimento da socio-economia do semi-árido – desenvolvimento da agricultura irrigada. João Pessoa: SEPLAN, 1997. 352p.
- CARSON, C.D., FANNING, D.S., DIZON, J.B. Afisols and Ultisols with acid Sulphate weathering features in Texas. In: KITTRICK, J.A., FANNING, D. S., HOSSNER, L.R. (Eds.) **Acid sulphate weathering.** Madison: Soil Science Society of America, 1982. p.127-146. (SSSA Special Publication Series, 10)
- COOK, G.D., MULLER, W.J. Is exchangeable sodium content a better index of soil sodicity than exchangeable sodium percentage? A reassessment of published data. **Soil Sci.**, Baltimore, v.162, p.343-349, 1997.
- CORDEIRO, G.G., LIMA FILHO, J.M.P. Management of salt affected soils of the Middle São Francisco river valley. In: AYOUB, A.T. (Ed.). International workshop on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils: Bureau of Soil and Water Management, Filipinas, 1995. **Proceedings...** Filipinas: 1995, p.87-94.

- CORRÊA, M.M., MAIA, C.E., MORAIS, E.R.C., OLIVEIRA, M. Estimativa de algumas características químicas da água de irrigação pela condutividade elétrica nas regiões da Chapada do Apodí e Baixo Açurn. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA - AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12, 1998, Fortaleza, **Anais**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.48-49.
- CULVER, J.R., GRAY, F. Morphology and genesis of some grayish claypan soils in Oklahoma. II. Mineralogy and genesis. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.32., p.851-857, 1968.
- CUNHA, T.J.F., RIBEIRO, L.P. Qualidade e relações pedogenéticas da matéria de alguns solos da região de Irecé (BA). **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.22, p.693-704, 1998.
- DASOG, G.S., ACTION, D.F., MERMUT, A.R. Genesis and classifications of clay soils with vertic proprieties in Saskatchewan. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.51, p.1243-1250, 1987.
- DUCHAUFOUR, P. Action des cations sur les processus d'humification. **Science du Sol**, Versailles: v.3, p.151-161, 1973.
- DUCHAUFOUR, P., DOMINGUEZ, Y. A study of the humic compounds in some tropical and subtropical soils. **Afr. Soils J**, v.8, p.25-39, 1963.
- DUDAL, R., ESWARAN, H. Distribution, properties and classification of Vertisols. In: WILDING, L.P., PUENTS, R. (Eds.). **Vertisols: their distribution, properties, classification and management**. Texas: Texas A e M, University System and Soil Management Support Services, 1988. p.1-22.
- DUQUE, G.O. **Nordeste e as lavouras xerófitas**. 3.ed. Mossoró: ESAM, Fundação Guimarães Duque, 1980. v.143. (Coleção Mossoroense)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1997. 211p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLO: guia de excursão de estudos de solos nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, 1998. Recife. **Anais...** Recife: 1998. 124p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA-CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço de levantamento e conservação de solos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 2. 1983. Anais... Rio de Janeiro: 1983. 138p. (Documento, 5)
- ERNESTO SOBRINHO, F., RESENDE, M., MOURA, A.R.B., SCHAUN, N., RESENDE, S.B. **Sistema do pequeno agricultor do Seridó Norte Rio Grandense**: a terra, o homem e o uso. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1983. 200p. (Coleção Mossoroense, 176)
- FASSBENDER, H.W., BORNEMISZA, E. **Química de suelos**. 2.ed. São José, Costa Rica: IICA, 1987. 420p. (Colección Libros y Materiales Educativos, 81)
- FEIJTEL, T.C., JONGMANS, A.G., van BREEMEM. N., MIEDEMA, R. Genesis of two planosol in the Massif Central, France. **Geoderma**, Amsterdam, v.43, p.249-269, 1988.
- FERREIRA, A.S. Reconhecimento agrológico da bacia de irrigação do açude público Poço da Cruz - PE. **Boletim Técnico do DNOCS**, Recife, v.24, p.517-561, 1966.
- FITZPATRICK, E.A. **Soil microscopy and micromorphology**. New York: John Wiley & Sons, 1993. 304p.
- FORTALEZA - Diretoria Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS. **Projeto de irrigação do vale do Moxotó**. Fortaleza: 1970. v.3. (Estudos Agrológicos)
- GOMES, J.B.V., RESENDE, M., REZENDE, S.B., MENDONÇA, E.S. Solos de três áreas de restinga. II Dinâmica de substâncias húmicas, ferro e alumínio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.33, p.1921-1932, 1998.
- GOVINDA RAJAN. S.V., MURTHY, R.S., KALBANDES, A.R., VENUGOPAL, K.R. Micromorphology and chemistry of carbonate concretions in black clayey soils. **Ind. J. Agric. Sci.**, New Delhi, v.42, 11, p.1020-1023, 1972.
- HARRIS, S.A. The classification of gilgaied soils: same evidence from Northern Iraq. **J. Soil Sci.**, Oxford, v.10, p.27-33, 1959.

- HAYES, M.H.B., MacCARTHY, P., MALCOLM, R.L., SWIFT, R.S. The search for struture: setting the scene. In: HAYES, M.H.B. (Ed.). **Humic substances II. in search of struture**. Chichester: John, Wiley & Sons, 1989. p.2-33.
- HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. Orlando, Flórida: Academic Press, 1980. 413p.
- HUANG, P.M. Feldspar, olivines, pyroxenes and amphiboles. In: DIXON, J.B., WEED, S.B. (Eds.). **Minerals in soil environments**. 2.ed. Wisconsin: SSSA, 1989. p.75-1050.
- HUTCHESON, Jr., T.B., LEWIS, R.J., SEAY, W.A. Chemical and clay mineralogical properties of certain memphis catenosoils os western Kentucky. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.23. p.474-478, 1959.
- JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis; advance course**. 2.ed. Madison: University of Wisconsin, 1974. 835p.
- JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V.H., FONTES, L.E.F., FONTES, M.P.F. (Eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS/UFV, 1996. p.95-112.
- JARVIS, N.L., WILLIS JUNIOR, R., BIDWELL, O.W. A Chemical and mineralogical characterization of selected brunizem, reddish prairie, grumosol and planosol soil developed in pre-pleistocene material. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.23. p.234-239, 1959.
- JOÃO PESSOA - Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais - SEMARH. **Levantamento semi-detalhado de solos das “Varzeas de Sousa”, Sousa, Estado da Paraíba**. João Pessoa: SEMARM/EMEPA, 1998. 110p.
- JOHNSON, W.M., CADY, J.G., JAMES, M.S. Characteristics and same brown grumusols of Arizona. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.27, p.389-393, 1962.
- KÄMPF, N., SCHWERTMANN, U. Relações entre óxidos de ferro e a cor em solos caulíníticos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.7, p.27-31, 1983.
- KÄMPF, N., SCHWERTMANN, U. The 5 M NaOH concentrations treatment for iron oxides in soils. **Clays Clay Miner.**, v.23, p.310-317, 1982.

- KEMPER, W.D., STENART, B.A., PORTER, L.K. Effects of compaction on soil nutrient status. In: BARNES, K.K. (Ed.) **Compaction of agricultural soils**. Michigan: ASEA, 1971. p.178-189.
- KONONOVA, M.M. **Soil organic matter**. London: Pergamon Press, 1966. 450p.
- KUNZE, G. E., OEKES, H. Field and laboratory studies of the Lufkin soil, a Planosol. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.21, p.330-335, 1957.
- LARSON, W.E., ALLAWY, W.H., RHOADES, H.F. Characteristics of three soils from the Chernozem and Chestnut soil regions of Nebraska. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.12, p.420-423, 1947.
- LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS/SBCS, 1996. 45p.
- LEWIS, D.T., DREW, J.V. Slickspots in southeastern Nebraska patterns and genesis. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.37, p.600-606, 1973.
- LONGO, J.V. **Fracionamento e caracterização de substâncias húmicas em materiais de solos**. Viçosa, MG: UFV, 1982. 66p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- LUZ, L. R.Q.P., SANTOS, M.C., MERMUT, A.R. Pedogênese em uma topossequência do semi-árido de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.16, p.95-102, 1992.
- LYNN, W., KOVDA, I., WILLIAMS, D., MORGUN, E. RYSKOV, J., RYSKOVA, H., SOUTHARD, S. Vertisols in Russia and USA: morphological evidence for a common mechanistic model. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO – SOLO-SUELO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SBCS, 1996. CD-ROM.
- LYRA, M.C.C.P., RIBEIRO, M.R. Caracterização de Vertissolos em projetos de irrigação na Região do Baixo-Médio São Francisco: I. mineralogia e micromorfologia. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.19, p.367-373, 1995.
- LYRA, M.C.C.P., RIBEIRO, M.R., RODRIGUES, J.J.V. Caracterização de Vertissolos em projetos de irrigação na Região do Baixo-Médio São Francisco: II. Propriedades morfológicas, físicas e químicas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.19, p.441-448, 1995.

- McKEAGUE, J.A., DAY, J.H. Dithionite and oxalate - extractable Fe and Al as Aids in differentiating various classes of soils. **Can. J. Soil Sci.**, Ottawa, v.46, p.13-22, 1965.
- MENDONÇA, E. S., ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.18, p.295-303, 1994.
- MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de latossolo. **R. Bras. Ci. Solo.**, Campinas, v.19, p.25-30, 1995.
- MERMUT, A.R., DASOG, G.S. Nature and micromorphology of carbonate glaebules in same Vertisols of India. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.50, p.382-391, 1986.
- MIRANDA, C.S.S. **Gênese de solos com A chernozêmico na Zona da Mata de Pernambuco**. Recife: UFRPE, 1996. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1996.
- NIKIFOROFF, C.C. General trends of desert type of soil formation. **Soil Sci.**, Baltimore, v.43, p.106-133, 1937.
- NOVAIS, R.F., KAMPRATH, E.J. Phosphorus supplying capacities of previously heavily fertilized soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.42, p.931-935, 1978.
- NUNES, W.A.G.A. **Caracterização física, química, mineralógica, micromorfológica e espectral de alguns solos da zona da mata mineira**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 135p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- OLIVEIRA NETO, M.B. **Pedogênese de uma toposequência no Agreste de Pernambuco**. Recife: UFRPE, 1992. 142p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.
- OLIVEIRA, C.V. **Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos, gênese e uso de solos do projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 161p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- OLIVEIRA, J.B., JACOMINE, P.K.T., CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, R.H., QUEIROZ, J.E., MEDEIROS, J.F. SIMPÓSIO "MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA". CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB, 1997. p.1-36.
- OLIVEIRA, M. **Os solos e o ambiente agrícola no sistema Piranhas-Açu, RN**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 312p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- OSTER, J.D., SHAINBERG, I. Exchangeable cation hydrolysis and soil weathering as affected by exchangeable sodium. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.43, p.70-75. 1979.
- PALMIERI, F., SANTOS, H.G. **Levantamento semi-detalhado e aptidão dos solos do município de Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1980. 38p. (Boletim Técnico, 66)
- PARAÍBA, Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais - CDRM. **Mapa geológico do Estado da Paraíba**. Campina Grande: 1982. 134p.
- PHARANDE, A.L., SONAR, K.R. Clay mineralogy of same soil series of Maharashtra. **J. Indian Soc. Soil Sci.**, Madhya Pradesh, v.45, p.373-377, 1997.
- PINHEIRO, A., PANIGATTI, J.L. Géneses de un suelo planosol. **Revista de Investigaciones Agropecuarias, Série 3, Clima y Suelo**. Buenos Aires, v.9, p.1-27, 1972.
- PIZARRO, F. **Drenagem agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2.ed. Madrid: Agrícola Española, 1985. 542p.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 1990. 188p.
- RENGASAMY, P. Clay dispersion in relation to changes in the electrolyte composition of dialysed red-brown earths. **J. Soil Sci.**, Oxford, v.34, p.723-732, 1983.
- RENGASAMY, P., OLSSON, K.A. Irrigation and sodicity: an overview. In: NAIDE, R., SUMNER, M.E., RENGASEMY, P. (Eds.). **Australian sodic soils: distribution, properties and management**. East Melbourne: CSIRO, 1995. p.195-203.
- RESENDE, M. **Ambientes agrícolas, problemas e sugestões de pesquisa**. Viçosa, UFV, 1989. 278p. (Coleção Mossoroense, 29, Série A)

- RESENDE, M. **Caracterização dos solos tropicais brasileiros**. Brasília, DF: ABEAS, 1988. 182p. (Curso de Agricultura Tropical – Módulo, 2.1)
- RESENDE, M. **Mineralogical identification of toposequence of soils from basaltic rocks in the State of Paraná, Brasil**. West Laffayette: Purdue Unniversity, 1980. 162p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Purdeu University, 1980.
- RESENDE, M., REZENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.9, p.13-25, 1983.
- RIBEIRO, L.P. **Ferralitização do nordeste semi-árido: os solos vermelhos de Jequiá-Bahia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1982. 280p. Tese – (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, 1982.
- RICHARDS, L.A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, D.C: U.S. Government, 1954. 172p. (U.S. Derpatment of Agriculture Handbook, 60)
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Sci.**, Baltimore, v.68, p.95-112, 1949.
- RICHARDS, R.A. Improving crop production on salt-affected soils: by breeding or management? **Expl. Agric.**, v.31, p.395-408, 1995.
- RIO DE JANEIRO - Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **O furo estratigráfico de Lagoa do Forno, Rio do Peixe, Sousa, Paraíba**. Rio de Janeiro: GEOSOL, 1970. 95p.
- RITCHIE, A., WILDING, L. P., HALL, G. F., STAHNKE, C. R. Genetic implications of B horizons in Aqualfs of northeastern Ohio. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.38, p.351-358, 1974.
- ROADES, J.D. Mineral-weathering correction for estimating the sodium hazard of irrigation waters. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, Madison, v.32, p.648-652, 1968.
- ROADES, J.D., KRUEGER, D.B., REED, M.J. The effect of soil-mineral weathering on the sodium hazard of irrigation waters. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** Madison, v.32, p.643-647, 1968.
- SAXENA, S.C., SINGH, K.S. Clay mineralogy of semi-arid region soils Rajasthan. **J. Indian. Soc. Soil Sci.**, Madhya Pradesh, v.31, p.85-93, 1983.

- SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS – SEMARH. Projeto de irrigação das várzeas de Sousa – Síntese. Governo da Paraíba, 1998. não paginado.
- SCHAEFER, C.E.G.R. **Soils and paleosols from northeastern Roraima, Amazonia: geomorphology, genesis and lanscape evolution.** Reading: University of Reading, 1994. 353p. Thesis (PhD Soils Science) – University of Reading, 1994.
- SCHAEFER, C.E.G.R., DALRYMPLE, J. Pedogenesis and relic properties of sails with columnar struture from Roraima, north Amazônia. **Geoderma**, Amsterdam: v.71, p.1-17, 1996.
- SCHAEFER, C.E.G.R., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F., LANI, J.L. Chemical characteristics and pedogenesis of sodium-affected soils from Roraima, north Amazonia. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.17, p.471-478, 1993.
- SCHNITZER, M., KHAN, S. **Humic substances in the enviroment.** New York: Marcel Dekker, 1972. 327p.
- SCHWERTMANN, U. Some properties of soil and synthetic iron oxidos. In: STUCKI, J.W., GOODMAN, B.A., SCHWERTMANN, U. (Eds.). **Iron in soils and clay mineral.** Dordrecht: Reidel, 1988. p.203-250.
- SCHWERTMANN, U. The effect of pedogenic enviroments on iron oxide minerals. **Adv. Soil Sci.**, v.1, p.172-200, 1985.
- SHAINBERG, I., RHOADES, J.D., SUAREZ, D.L., PRATHER, R.J. Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils. **Soil Sci. Am. J.**, Madison, v.45, p.287-291, 1981.
- SILVA. A.B. **Caracterização dos principais solos do Agreste de Pernambuco e o efeito do manejo de um Regossolo Eutrófico sobre a erosão e produtividade de milho e feijão.** Viçosa, MG: 1986. 180p. Dissertação – (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- SIMONSON, R.W. Morphology and classification of the regur soild of India. **J. Soil Sci.**, Madhya Pradesh, v.5, p.275-288. 1954.
- SMITH, H., WILDING, L.P. Genesis of argilic horizons in Ochraqualfs derivad from fine textured till deposits of nothwestern Ohio and southeastern Michigan. **Soil. Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.36, p.808-815, 1972.

- SOKOLOV, S.I. Magnesium alkalinity of soils. In: IVANOVA, E.N., NOGINA, N.A. (Eds.). **Investigations in the field of soil genesis**. New Delhi, Indian: National Scientific Documentation Centre, 1963. p.308-331.
- SOUSA, A.R. **Caracterização e interpretação de solos Brunos Não-Cálcicos para uso agrícola, no sertão do Pajeú do Estado de Pernambuco**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 77p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- SOUSA, A.R. Plagiclásios calco-sódicos de solos do nordeste: determinação por difração de raios-X e implicações na sodificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: 1995. v.1. p.271-273.
- SUDENE-SUPERINTENDENCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Levantamento de Reconhecimento de Solos para fins de Irrigação na Região das “Várzeas de Sousa”, no Estado da Paraíba**. São Paulo: HIDROSERVICE, 1968. 91. (Relatório HE48-R15-668)
- SUMNER, M.E. Sodic soils: new perspectives. In: NAIDE, R., SUMNER, M.E., RENGASEMY, P. (Eds.). **Australian sodic soils: distribution, properties and management**. East Melbourne: CSIRO, 1995. p.1-34.
- SUREKHA, K., SUBBARAO, I.V., PRASAD RAO, A., SHANTARAM, M.V. Characterization of some vertisols of Andhra Pradesh. **J. Ind. Soc. Soil. Sci**, Madhya Pradesh, v.45, p.338-343. 1997.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Parte 3. Chemical methods. Madison: Soil Sci. Soc. Am., 1996. p.1018-1020. (Soil Sci. Soc. Am. Séries, 5)
- SZABOLCS, I. Global overview of sustainable management of salt affected soils. INTERNATIONAL WORKSHOP ON INTEGRATED SOIL MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE USE OF SALT AFFECTED SOILS. Bureau of Soil and Water Management, Filipinas, 1995. **Proccedings...** 1995. p.19-38.
- TAN, K.T. **Principles of soil chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1982. 247p.
- TARALLO, F. **A pesquisa sociolingüística**. 3.ed. São Paulo: Ática, 1990. 37p.
- TORRENT, J. **Genesis and properties of the soils of the mediterranean regions**. Napoli: Università Degli Studi di Napoli Federico, Dipartimento di Scienze Chimico – Agrarie, 1995. 111p.

- VOLKOFF, B. Os produtos ferruginosos que determinam a cor dos Latossolos da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.2, p.55-59, 1978.
- VOLKOFF, B., CERRI, C.C. Comparação de húmus de um Solontchak, um Rendizina e um Litólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.4, p.49-56, 1980.
- WALIA, C.S., RAO, Y.S. Fine sand and silt mineralogy of some Inceptisols and Vertisols of Trnas Yamuna plain in relations to landforms. **J. Ind. Soc. Soil. Sci.**, Madhya Pradesh, v.42, p.812-815, 1997.
- WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**: tratado de ecologia global. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986. 325p.
- WHITTING, L.D. X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.671-698. (Agronomy Series, 9)
- WILDING, L.P., ODELL, R.T., FEHRENBACHER, J.B., BEAVERS, A.H. Source and distribution of sodium in Solonetzic Soils in Illinois. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.27, p.432-438, 1963.
- YARIMA, B.P.K., CALHOUN, F.G., SENKAYI, A.L., DIXON, J.B. Occurrence of interstratified kaulinite-smectite in El Salvador Vertisols. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.49, p.462-466, 1985.
- YERRISWAMY, R.M., VASUKI, N., MANJUNA THAIAH, H.M., SATYANARAYANA, T. Forms of iron and their distribution in some Vertisols of Karnataka. **J. Ind. Soc. Soil Sci.**, Madhya Pradesh, v.43, p.371-374, 1995.
- YOEMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anual.**, New York, v.19, p.1467-1476, 1988.
- YUAN, T.L., BRELAND, H.L. Evolution of atomic absorption methods for determination of aluminium, iron and silicion in clay and soil extracts. **Soil Sci. Am. Proc.**, Madison, v.33, p.868-872, 1969.

APÉNDICES

APÊNDICE A

Abreviações empregadas nas características macromorfológicas dos perfis estudados

Estrutura		
Grau	Tamanho	Tipo
1 – fraca 2 – moderada 3 – forte	Mp – muito pequena p – pequena m – média g – grande mg – muito grande	gs – grãos simples gr – granular ba – blocos angulares bs – blocos subangulares bsa – blocos sub. e angulares bas – blocos ang. e subangul. pr – primática co – colunar
Consistência		
Seca	Úmida	Molhada
so – solto ma – macio ld – ligeiramente duro d – duro md – muito duro exd – extrem. duro	so – solto fr – friável mfr – muito friável fi – firme mfi – muito firme exfi – extrem. firme	ñpl – não-plástico lpl – ligeiramente plástico pl – plástico mpi – muito plástico ñpe – não-pegajoso lpe – ligeiramente pegajoso pe – pegajoso mpe – muito pegajoso
Cerosidade		
	Grau	Quantidade
	Idem estrutura	p - pouca c – comum a – abundante

Quadro 1A - Descrição morfológica dos perfis estudados

Horizontes		Cor	Estrut.	Superf	Slikens	Consistência		
Hor.	Prof (cm)					úmida	Compr.	seca
V1 – Vertissolo								
A	0-18	10YR3/2	2mbs	-	-	md	fr	mpl,mpe
C _{v1}	18-45	10YR3/4	gpr3grbsa	Pres.	-	exd	mfi	mpl,mpe
C _{v2}	45-80	10YR3/4	gpr3grbsa	Pres.	-	exd	mfi	mpl,mpe
C _{v3}	80-120	10YR3/4	3grbsa	Pres.	-	exd	mfi	mpl,mpe
C _{vr}	120-160+	2,5YR3/4	Massa intemperizada c/material origem entremeado.					
Obs.:	Fendilhamento acentuado atingindo 4 cm de espessura. Presença de seixo quartzosos não-areestado no topo do C ₃ .							
V2 – Vertissolo								
Ap	0-17	5YR3/3	2pmb	-	-	exd	mfi	mpl,mpe
C _{v1}	17-40	5YR3/3	gpr3grbsa	Pres.	-	exd	exfi	mpl,mpe
C _{v2}	40-66	5YR3/3,5	gpr3grbsa	Pres.	-	exd	exfi	mpl,mpe
C _{vr}	66-85	5YR3/3,5	3pmb	-	-	exd	exfi	mpl,mpe
R	85-10+	2,5YR3/4	maciça	-	-	-	-	-
Obs.:	Presença de fendas de 1 a 2 cm de espessura nos horizontes A e C ₁ . Presença de seixos quartzosos não-areestado nos horizontes A, C ₁ e C ₂ .							
NC – Bruno Não Cálcico epipedregoso								
A	0-38	7,5YR4/4	-	-	-	so	so-	pl,pe
2Bt	38-60	5YR4/4	3gbs	Pres.	-	exd	mfi	mpl,mpe
2Cr	60-80+	2,5YR3/4	Argilito em decomposição c/lâminas de color. 5Y 5/3					
Obs.:	Presença de serosidade moderado e comum coincidindo c/superf. compressão Ocorrência de pontuações brunadas e seixos no topo do 2Bt Presença de erosão severa nas proximidades da área							
SS – Solonetz Solodizado								
A	0-10	10YR4/5	gs	-	-	so	so	ñpl,ñpe
A2	10-30	7,5YR4/6	gs	-	-	so	so	ñpl,ñpe
E	30-34	10YR7/3*	gs	-	-	so	so	ñpl,ñpe
2Bt ₁	34-50	10YR6/3	co3gmbsa	-	-	exd	fi	pl,pe
2Bt ₂	50-80	10YR5/2	co3gmbsa	-	-	exd	fi	pl,pe
2C	80-100+	-	-	-	-	-	-	-
Obs.:	Mosqueamento comum, médio e proeminente no horizonte 2Bt ₂ . Visível paralelismo das raízes no topo do 2Bt. Presença de horizonte E invadindo o 2Bt.							
A1 – Aluvial vértico								
Ap	0-15	10YR3/6	2bs	-	-	dmd	fi	pl,pe
AC	15-28	10YR3/3	2pmb	-	-	exd	fi	pl,pe
C ₁	28-49	10YR4/2	2pmb	-	-	exd	fi	mpl,mpe
C ₂	49-88	10YR3/1	2pmb	Pres.	-	exd	fi	mpl,mpe
C ₃	88-140+	10YR3/1	2pmb	Pres.	-	exd	fi	mpl,mpe
Obs.:	Material de coloração e textura do horizonte A penetrando no C ₁ , C ₂ e C ₃ . Não há evidência de fendilhamento.							
A2 – Aluvial								
A	0-18	10YR3/2	12pmb	-	-	ld	fr	ñpl,ñpe
C ₁	18-50	10YR3/2	1mb	-	-	-	fi	pl,lpe
C ₂	50-85	10YR3/2	2pmb	-	-	-	fr	pl,pe
C ₃	85-100	10YR3/3	1pb	-	-	-	fr	lpl,lpe
C ₄	100-130+	10YR3/3	1pb	-	-	-	fr	lpl,lpe
Obs.:	Horizontes C ₃ e C ₄ apresentam-se com aspecto maciço.							
A3 – Aluvial								
A	0-23	10YR3/2	1pmb	-	-	ma	mfr	ñpl,ñpe
C ₁	23-68	10YR3/3	1pmb	-	-	ma	mfr	ñpl,ñpe
C ₂	68-104	10YR3/4	1pmb	-	-	ma	mfr	ñpl,ñpe
C ₃	104-128	10YR3/5	1pmb	-	-	ma	mfr	lpl,lpe
C ₄	128-140+	10YR4/4	1pmb	-	-	ma	mfr	lpl,lpe
Obs.:	Presença de raízes de coqueiro em toda a extensão do perfil.							

* Cor do torrão seco.

Quadro 2A - Análise de água proveniente de poço amazonas em área de Vertissolo

Determinação	Valores
Condutividade elétrica $\mu\text{mhos/cm } 25^{\circ}\text{C}$	1.780
Potencial hidrogeniônico (pH)	7,89
Cálcio (meq/L)	1,30
Magnésio (meq/L)	1,23
Sódio (meq/L)	14,11
Potássio (meq/L)	0,17
Carbonatos (meq/L)	1,02
Bicarbonatos (meq/L)	11,46
Cloretos (meq/L)	3,72
Sulfatos (meq/L)	Presente
Relação de adsorção de sódio (RAS)	12,59
Classe de água	C ₃ S ₃

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFPB (DEA).

Quadro 3A - Teores de P₂O₅, MgO, MnO, Fe₂O₃, Na₂O e K₂O e proporção de ilita em amostras de argilas dos Vertissolos, calculados em função do modelo proposto por JACKSON (1974)

Solo	Horizonte	P ₂ O ₅	MgO	MnO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Ilita*
V1	A	2,05	2,43	0,09	10,68	0,91	1,61	16,07
V1	C2	1,64	2,49	0,08	11,29	0,91	1,61	16,12
V1	Cr	2,52	3,07	0,06	11,65	1,18	2,09	20,85
V2	A	3,13	2,44	0,12	11,67	1,24	2,20	21,98
V2	C2	3,08	2,37	0,11	11,34	1,21	2,14	21,36
V2	Cr	2,31	2,41	0,09	11,17	1,21	2,14	21,41

* Determinado indiretamente, através do modelo: Ilita = 10.(K₂O%).

APÊNDICE B

Avaliação da oferta e demanda hídrica das bacias dos rios do Peixe e Piranhas

Ao contrário do Estado de Pernambuco e de outros estados do Nordeste, o sertão paraibano não apresenta nenhum rio perene. Entretanto, é beneficiado com melhores condições climáticas (precipitações superiores a 800 mm) e topográficas, que permitiram a construção de inúmeros açudes. Na região do Cariri, Curimataú e sertão paraibano há aproximadamente 50 açudes, destacando-se o açude Coremas/Mãe d'água, com capacidade de 1,4 bilhão de m³ de água, e o açude Epitácio Pessoa, com capacidade de 450 milhões de m³ de água.

De forma geral, esses açudes transformam localmente o potencial de recursos hídricos de superfície das regiões secas da Paraíba, modificando a atividade agrícola, que antes se restringia, principalmente, à pastagem natural e a culturas temporárias, para exploração de culturas como coqueiro, tomateiro e bananeira. Essas áreas são conhecidas como Perímetros Irrigados. No sertão do Estado da Paraíba, foram também denominadas, por MELO (1988), áreas de exceção antrópica.

Há, em suma, nos sertões paraibanos, cinco unidades territoriais consideradas significativas, como áreas de exceção antrópica, situadas na

depressão do Alto Piranhas (Sertão). Todas elas estão localizadas em torno de importantes reservatórios, são eles: Pilões, Engenheiro Ávidos, São Gonçalo, Estevam Marinho (ou Coremas)/Mãe-d'Água e Engenho Arcoverde (ou Condado).

A construção, por si, não soluciona em nada o problema da falta de água no sertão. Há muito tempo fala-se da necessidade de se monitorar para melhor gerenciar os recursos hídricos da Paraíba. Com este objetivo, foi criado o Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto. Entretanto, irrecuperáveis prejuízos foram se acumulando ao longo dos anos anteriores dentro do estado. Como exemplo, têm-se: o açude de Soledade, que, com a construção do açude público de Oivedos, a montante, secou, transformando-se num charco de água salgada; o açude de Sumé, com seu perímetro de irrigação inutilizado pela construção de inúmeras obras de barramento a montante; e o volume e a qualidade da água acumulada no açude de Boqueirão, situado a jusante dos dois açudes anteriormente citados, que vem deixando muito a desejar, uma vez que suas sangrias são cada vez menos freqüentes. Outro exemplo é o açude público de Santana dos Garrotes, no vale do Piancó, construído há mais de 15 anos e que até hoje ainda não sangrou, estando a água imprestável para o consumo humano.

Neste trabalho analisou-se a disponibilidade hídrica dos açudes Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, ambos na bacia do Alto Piranhas (BPR); Lagoa do Arroz, na Bacia do Rio do Peixe (BPX); e Estevam Marinho (ou Coremas)/Mãe-d'Água, na bacia do Piancó (BPC) (Figura 1A).

Analisando os dados sobre disponibilidade hídrica dos açudes referidos anteriormente (Quadro 1B) e demanda hídrica das bacias hidrográficas estudadas (Quadro 2B), publicados por CARNEIRO e QUINTANS (1997), observa-se que o crescimento previsto da demanda hídrica, para BPX e BPR, do ano de 1990 a 2000, é bastante alto (85,62 e 270%, respectivamente), principalmente em função da expansão da área irrigada. Enquanto isso, a disponibilidade hídrica, decorrente de uma vazão prevista com 90% de segurança, é bem inferior, ocasionando um déficit de 43.600.076 m³/ano para BPR e de 217.73.877 m³/ano para BPX.

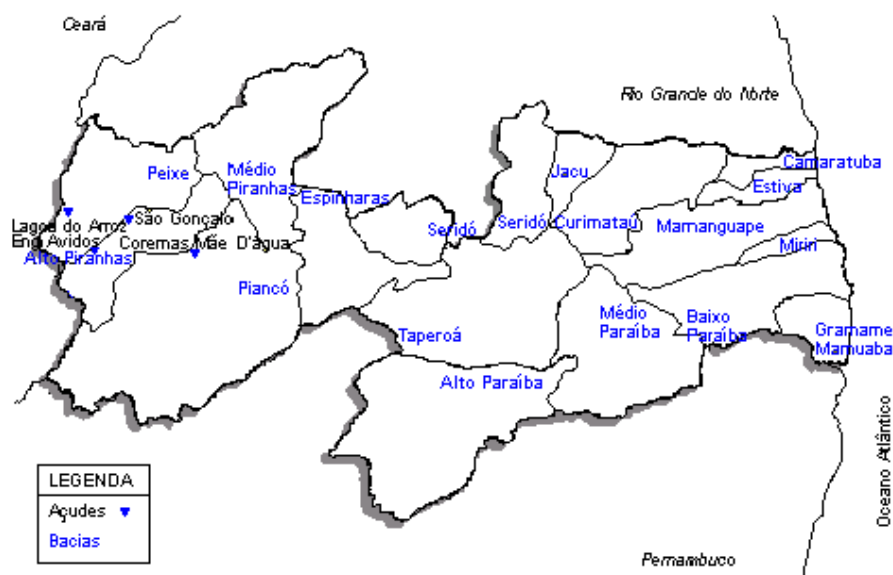


Figura 1B - Mapa do Estado da Paraíba com a localização dos açudes São Gonçalo, Lagoa do Arroz, Engenheiro Ávidos e Coremas/Mãe d'água.

Quadro 1B - Disponibilidade hídrica de alguns açudes das bacias do rio do Peixe (BPX), do Alto Piranhas (BPR) e Piancó (BPC)

Bacia/açude	Capacidade	Regularização anual		
		90% segurança	Rendimento	
	m ³	m ³ /s	m ³	%
Alto Piranhas	317.170.556	1,72	54.167.924	17,08
- Eng. Ávidos	250.000.000	1,24	39.044.116	15,31
- São Gonçalo	44.600.000	0,37	11.728.667	26,3
- Bartolomeu I	17.570.556	0,11	3.395.141	19,32
Peixe	80.221.250	0,30	9.568.123	11,63
- Lagoa do Arroz	80.221.250	0,30	9.568.123	11,63
Piancó	1.536.917.190	9,35	294.759.928	19,18
- Coremas/Mãe d'água	1.358.700.000	8,32	262.351.768	19,31

Fonte: CARNEIRO e QUINTANS (1997).

Quadro 2B - Demanda hídrica, em metros cúbicos de água por ano, das bacias do rio do Peixe (BPX), do Alto Piranhas (BPR) e Piancó (BPC), por tipo de consumo

Bacia	1990	1995	2000
Alto Piranhas	52.670.000	54.065.000	97.768.000
- Consumo Humano	1.824.000	2.016.000	2.228.000
- Consumo Pecuário	631.000	631.000	631.000
- Consumo c/irrigação	50.187.000	51.387.000	94.872.000
- Consumo Industrial	28.000	31.000	37.000
- Total	105.340.000	108.130.000	195.536.000
Peixe	75.921.000	82.311.000	227.304.000
- Consumo Humano	8.753.000	10.235.000	11.968.000
- Consumo Pecuário	2.054.000	2.283.000	2.537.000
- Consumo c/irrigação	63.821.000	68.321.000	210.971.000
- Consumo Industrial	1.293.000	1.473.000	1.829.000
- Total	151.842.000	164.623.000	454.609.000
Piancó	56.121.000	68.316.000	176.280.000
- Consumo Humano	10.368.000	12.084.000	14.084.000
- Consumo Pecuário	4.347.000	4.934.000	5.601.000
- Consumo c/irrigação	41.099.000	50.954.000	156.179.000
- Consumo Industrial	308.000	345.000	417.000
- Total	112.243.000	136.633.000	352.561.000

Fonte: CARNEIRO e QUINTANS (1997).

Situação mais grave é observada ao comparar a disponibilidade hídrica e os diferentes tipos de consumo da BPX. Percebe-se que a oferta de água não é suficiente nem para abastecimento humano, o que pode vir a provocar conflitos e insatisfação da população desta bacia.

Atualmente, já são observadas insatisfações por parte da população sertaneja paraibana. Podem-se citar como exemplo as dificuldades dos agricultores do perímetro irrigado de São Gonçalo, que não utilizam as águas do açude para irrigação de suas lavouras; a morte das plantações de coco e banana dos agricultores da região das “Várzeas de Sousa”; e a manifestação da população da cidade de Patos pela falta de água para consumo humano.

Como alternativa, o governo estadual vem executando importante investimento em obras hidráulicas, com o objetivo de transpor as águas do açude Coremas/Mãe d’água, o único com vazão disponível (Quadros 1B e 2B), para a região de Sousa. Segundo CARNEIRO (1998), esse projeto engloba ainda a construção dos açudes Almas, Canafístula, Santa Rosa, São Francisco e Chabocão, afora a ampliação do açude Pilões, tendo como finalidades abastecimento d’água para irrigação, piscicultura, consumo humano e contenção de cheias do vale do rio do Peixe.

Entretanto (Figura 2B), percebe-se, que em anos de forte seca, como ocorrido nesses últimos anos, a disponibilidade dos recursos hídricos diminui drasticamente. Como exemplo, têm-se a previsão de total seca do açude Lagoa do Arroz em outubro de 2000 e a diminuição do volume de água dos açudes São Gonçalo, Eng. Ávidos e Coremas/Mãe d’água, com aproximadamente 10, 20 e 30% de sua capacidade total para janeiro de 2000, respectivamente. Então, a vazão disponível anual (Quadro 1B), calculada com 90% de segurança, não refletirá a realidade nesses anos. Um fator muito importante para essa análise é o crescimento da demanda hídrica referente ao crescimento humano, que, normalmente, é superior ao previsto pelas curvas geométricas de crescimento humano, nas regiões circunvizinhas aos grandes centros de irrigação.

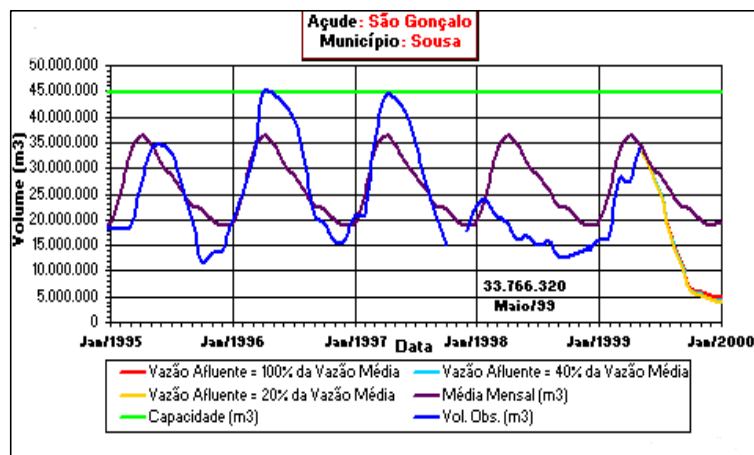
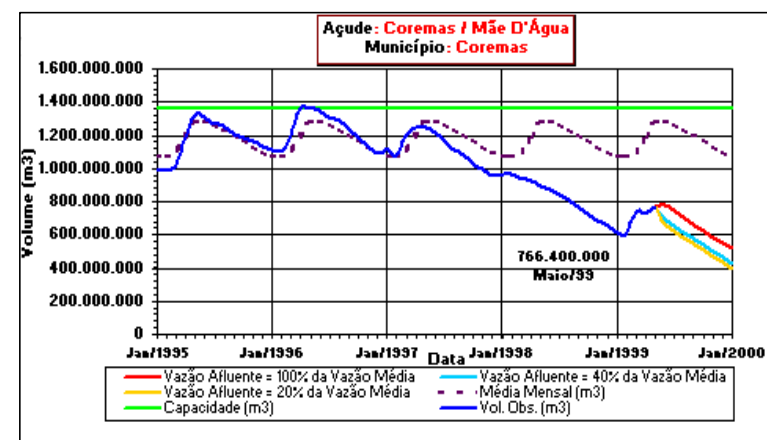
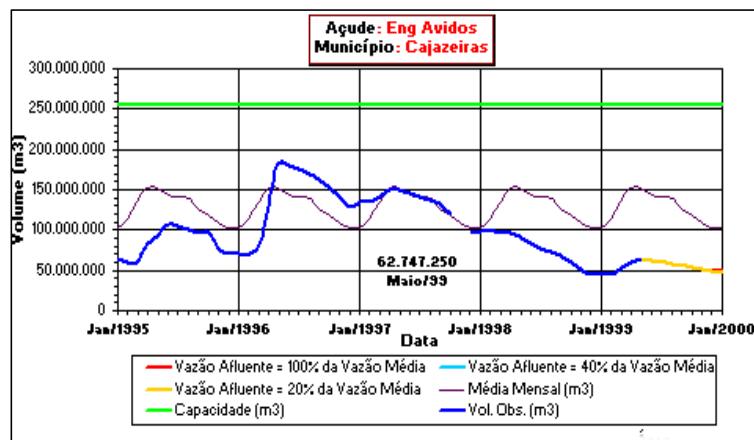


Figura 2B - Gráficos representativos do monitoramento do volume de água dos açudes Engenheiro Ávidos, Coremas/Mãe d'água, São Gonçalo e Lagoa, observado no período de janeiro de 1995 a junho de 1999 (LMSR, 1999).