

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA,
COMO SUPORTE PARA O MANEJO, DOS PRINCIPAIS SOLOS
EXPLORADOS COM A CULTURA DO MELÃO NA CHAPADA DO
APODI – RN**

JAEDSON CLÁUDIO ANUNCIATO MOTA

**MARÇO – 2004
FORTALEZA – CEARÁ
BRASIL**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA,
COMO SUPORTE PARA O MANEJO, DOS PRINCIPAIS SOLOS
EXPLORADOS COM A CULTURA DO MELÃO NA CHAPADA DO
APODI – RN**

JAEDSON CLÁUDIO ANUNCIATO MOTA

Dissertação submetida à
Coordenação do curso de Pós-
Graduação em Agronomia,
Área de Concentração em
Solos e Nutrição de Plantas,
como requisito para a
obtenção do grau de Mestre.

**MARÇO – 2004
FORTALEZA – CEARÁ
BRASIL**

M871c

Mota, Jaedson Cláudio Anunciato

Caracterização física, química e mineralógica, como suporte para o manejo, dos principais solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi - RN/Jaedson Cláudio Anunciato Mota. - Fortaleza, 2004.

xvi, 96f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Nonato de Assis Júnior.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Departamento de Ciências do Solo.

1. Mineralogia. 2. Física do Solo. 3. Química do Solo. 4. Chapada do Apodi - RN. 5. Melão. I. Título.

CDD 631.44

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Jaedson Cláudio Anunciato Mota

Dissertação aprovada em 26/03/2004

Prof. Raimundo Nonato de Assis Júnior – Dr.
(Orientador)

Prof. Joaquim Amaro Filho – Dr.
(Co-Orientador)

Prof. Francisco Ocian Bastos Mota – Dr.
(Examinador)

Prof. Ricardo Espíndola Romero – Dr.
(Examinador)

Aos meus pais, pelo incentivo.

DEDICO

*Aos que incansavelmente se dedicam à
Pedologia e Edafologia .*

OFEREÇO

*"Eu jamais colocarei meu nome em um produto que não tenha em si o
melhor que há em mim"*

John Deere

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mais uma batalha vencida;

À Universidade Federal do Ceará, pela acolhida e por tornar possível a nossa qualificação profissional;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

Aos proprietários das fazendas agrícolas, pela parceria que resultou neste trabalho;

Ao Prof. Raimundo Nonato de Assis Júnior, pela orientação valiosa, amizade construída e, acima de tudo, por mostrar que faz do ensino não uma profissão, mas um sacerdócio. Eis o seu legado;

Ao Prof. Joaquim Amaro Filho, pela amizade e por transmitir otimismo nas circunstâncias mais adversas possíveis;

Ao Prof. Francisco Ocian Bastos Mota, pelo apoio e sugestões valiosas aos originais;

Ao Prof. Ricardo Espíndola Romero, pela receptividade e apoio durante a nossa estada em Piracicaba - SP e pelas sugestões aos originais;

Ao Prof. Boanerges Freire de Aquino, pela correção do abstract;

Ao Prof. Marcus Bezerra, pela ajuda na construção das curvas características de umidade;

Aos professores da UFC, com os quais convivi, pelos ensinamentos transmitidos;

Aos servidores técnico-administrativos do Departamento de Ciências do Solo/UFC e da FUNCEME, pela amizade;

Ao Programa de Cooperação Acadêmica (PROCAD-0095/00-1-CAPES/ESALQ/UFC), pela viabilização de nossa ida a Piracicaba - SP;

À ESALQ/USP, através dos professores Celso Augusto Clemente e Célia Regina Montes, pela permissão para realizarmos as análises mineralógicas;

Aos servidores técnico-administrativos da ESALQ/USP, Sérgio Luís de Jesus (NUPEGEL) e Maria Elisabete Guimarães (Laboratório de Mineralogia), pelo apoio nas análises mineralógicas;

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró, através do Departamento de Solos e Geologia, pela permissão para realização de parte das análises químicas;

Ao casal Océlio Pereira da Silva/Karcisa Mureli Moreira Amaro, pela boa acolhida durante dois anos em sua residência;

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas/UFC, pela convivência que nos tornou mais que meros colegas de turma. À Arilene Franklin Chaves, Cícero Pereira Cordão Terceiro Neto, Elibernon Alves da Silva, Francisco Alisson da Silva Xavier, Francisco Reinaldo Rodrigues Leal, Stoécio Malta Ferreira Maia e Valmório Sebastião de Souza a minha gratidão por tê-los, não apenas como bons profissionais, mas, acima de tudo, como amigos. Fica a certeza de que a amizade é sincera e duradoura, desde que as pessoas se respeitem e se gostem;

À turma do curso de mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas (2003), pela amizade;

Àqueles que não pude nominar, pela traição do esquecimento, os meus sinceros agradecimentos.

DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR

JAEDSON CLÁUDIO ANUNCIATO MOTA, filho de Manoel Anunciato Neto e Vanilde Bertildes da Mota Anunciato, nasceu em Martins – RN, em 10 de setembro de 1975. No primeiro semestre de 1995 ingressou no curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), concluindo-o em janeiro de 2000. Em abril de 2002 ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará (UFC), recebendo o título de Mestre em março de 2004.

ÍNDICE

	Página
LISTA DAS TABELAS	viii
LISTA DAS FIGURAS	ix
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Cultura do Meloeiro: Aspectos Gerais	3
2.2. Modelo de Evolução para os Solos da Chapada do Apodi	4
2.3. Justificativas para a Caracterização dos Solos	5
2.4. Atributos Físicos	7
2.4.1. Granulometria	7
2.4.2. Densidade de Partículas e do Solo	8
2.4.3. Porosidade	10
2.4.4. Retenção de Água	11
2.4.5. Estrutura	12
2.4.6. Consistência	15
2.5. Atributos Químicos	16
2.5.1. pH	16
2.5.2. Condutividade Elétrica	19
2.5.3. Cátions Trocáveis	19
2.5.4. Fósforo Assimilável	21
2.6. Atributos Mineralógicos	22
2.6.1. Minerais Secundários Silicatados	23
2.6.1.1. Caulinita e Haloisita	23
2.6.1.2. Mica	25
2.6.2. Minerais Secundários Não Silicatados	25
2.6.2.1. Óxidos de Ferro	25
2.6.2.1. Óxidos de Alumínio	26

3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1. Descrição da Área de Estudo	28
3.1.1. Material Originário	28
3.1.2. Solos	32
3.1.3. Relevo	32
3.1.4. Clima	32
3.1.5. Vegetação	32
3.2. Metodologia de Trabalho	33
3.2.1. Trabalhos de Campo	33
3.2.2. Trabalhos de Laboratório	34
3.2.2.1. Análises Físicas	34
3.2.2.2. Análises Químicas	35
3.2.2.3. Análises Mineralógicas	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Atributos Físicos	40
4.2. Atributos Químicos	53
4.3. Atributos Mineralógicos	60
4.3.1. Mineralogia da Fração Areia	60
4.3.2. Mineralogia da Fração Silte	62
4.3.3. Mineralogia da Fração Argila	63
4.4. Microscopia Eletrônica de Varredura em Amostras Indeformadas	71
4.5. Classificação Taxonômica	76
5. CONCLUSÕES	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO A	90
ANEXO B	92

LISTA DAS TABELAS

	Página
Tabela 01 - Atributos físicos dos perfis estudados	45
Tabela 02 - Estabilidade de agregados em água dos perfis estudados	47
Tabela 03 - Conteúdo volumétrico de água dos perfis estudados em distintos potenciais mátricos	48
Tabela 04 - Atributos químicos dos perfis estudados	56
Tabela 05 - Teores de óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico e índices Ki e Kr	58
Tabela 06 - Teores de ferro extraídos por ditionito e oxalato e suas relações	59
Tabela 07 - Horizontes diagnósticos de superfície dos perfis estudados	76
Tabela 08 - Horizontes diagnósticos de subsuperfície dos perfis estudados	76
Tabela 09 - Classificação taxonômica dos perfis estudados	76

LISTA DAS FIGURAS

	Página
<p>Figura 01 - Localização do perfil 1 no Estado do Rio Grande do Norte. À direita, imagem com a localização geográfica da quadrícula em que o perfil está inserido. À esquerda, detalhe da quadrícula e localização da trincheira (Imagens extraídas de Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Articulação compatível com a escala 1:25.000)</p>	29
<p>Figura 02 - Localização do perfil 2 no Estado do Rio Grande do Norte. À direita, imagem com a localização geográfica da quadrícula em que o perfil está inserido. À esquerda, detalhe da quadrícula e localização da trincheira (Imagens extraídas de Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Articulação compatível com a escala 1:25.000)</p>	30
<p>Figura 03 - Localização do perfil 3 no Estado do Rio Grande do Norte. À direita, imagem com a localização geográfica da quadrícula em que o perfil está inserido. À esquerda, detalhe da quadrícula e localização da trincheira (Imagens extraídas de Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Articulação compatível com a escala 1:25.000)</p>	31
<p>Figura 04 - Curvas de retenção de água do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico</p>	50
<p>Figura 05 - Curvas de retenção de água do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico</p>	51
<p>Figura 06 - Curvas de retenção de água do Argissolo Vermelho distrófico arênico</p>	52
<p>Figura 07 - Difratoogramas de raios-X da fração areia do Cambissolo Háplico Ta eutrófico t (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (g = goethita; h = hematita; m = magnetita; q = quartzo)</p>	61
<p>Figura 08 - Difratoogramas de raios-X da fração areia do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (g =</p>	

goethita; i = ilmenita; m = magnetita; q = quartzo)	61
Figura 09 - Difratoigramas de raios-X da fração areia do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2θ (g = goethita; i = ilmenita; m = magnetita; q = quartzo)	61
Figura 10 - Difratoigramas de raios-X da fração silte do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; g = goethita; m = muscovita; q = quartzo)	62
Figura 11 - Difratoigramas de raios-X da fração silte do Latossolo Vermelho- Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; g = goethita; m = muscovita; q = quartzo)	63
Figura 12 - Difratoigramas de raios-X da fração silte do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; g = goethita; m = muscovita; q = quartzo)	63
Figura 13 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo)	64
Figura 14 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BA do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo)	65
Figura 15 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bi1 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo)	65
Figura 16 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bi2 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo)	66
Figura 17 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BC do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo)	66

- Figura 18 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap1 do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LV Ae), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 67
- Figura 19 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap2 do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LV Ae), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 67
- Figura 20 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BA do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LV Ae), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 68
- Figura 21 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bw do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LV Ae), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 68
- Figura 22 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 69
- Figura 23 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BA do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 69
- Figura 24 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bt1 do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 70
- Figura 25 - Difrátogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bt2 do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2 θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo) 70

Figura 26 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Ap do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve)	72
Figura 27 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Bi1 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve)	73
Figura 28 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Ap1 do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe)	74
Figura 29 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Bw do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe)	75

RESUMO

Este trabalho se propôs a caracterizar os principais solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi - RN, com vista aos aspectos físicos, químicos e mineralógicos, visando fornecer subsídios para um adequado manejo da cultura e do solo. Foram selecionados três solos, a saber: Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico - CXve (Typic Haplocambids), Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe (Typic Eutrotorrox) e Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd (Arenic Kandiuustults). Em todas as amostras coletadas nos horizontes foram realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas, além de estudos complementares em amostras indeformadas através da microscopia eletrônica de varredura. A mineralogia das frações areia, silte e argila foi estudada por difratometria de raios-X. Uma análise geral dos atributos físicos revelou que os perfis apresentam densidade acima dos valores normais para solos afins, com maiores agravantes para os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd), que se refletem na porosidade total e no desbalanço da proporção macro:microporosidade; a estabilidade de agregados em água é relativamente boa em todos os perfis e a capacidade de retenção de água é baixa nos perfis 2 e 3. Em relação à química, o perfil 1 (CXve) apresenta uma disponibilidade de nutrientes muito maior que os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd); nas condições atuais de exploração, o risco de saturação por sódio é desprezível em todos os perfis; considerando a camada arável do solo, apenas o perfil 3 (PVd) apresenta o risco iminente de problemas com toxidez por alumínio. A composição mineralógica é semelhante nos perfis estudados, sendo que o quartzo predomina nas frações areia e silte, enquanto a fração argila é constituída

predominantemente por caulinita. O perfil 1 (CXve), comparado com os outros dois perfis, é o menos evoluído na escala pedogenética. Os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) apresentam praticamente a mesma maturidade, muito embora o perfil 2 seja um pouco mais evoluído. O fato de o perfil 1 (CXve) apresentar química de solo jovem e mineralogia de solo muito evoluído revela uma incoerência entre os atributos químicos e mineralógicos daquele solo. Pelas condições de semi-aridez do local em que os três perfis estão inseridos, o domínio da caulinita na fração argila, principalmente no perfil 1 (CXve), sugere que os solos foram originados em condições climáticas diferentes das atuais, provavelmente mais úmidas, ou que os mesmos tenham se desenvolvido a partir de um material pré-intemperizado.

ABSTRACT

The present study had the objective to characterize the main soil types cultivated with melon crop, located in the Apodi Tableland, Rio Grande do Norte State. This investigation is pointing out the physical, chemical and mineralogical soil features, aiming to provide basic informations for an adequate soil and crop managements. It was selected three soils types: Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico - CXve (Typic Haplocambids), Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe (Typic Eutrotorrox) e Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd (Arenic Kandistults). For all the collected horizon soil samples were done physical, chemical and mineralogical analyses, as well as supplementary determinations in the non-deformed samples where was used a sweeping electronic microscopy technique. The mineralogy of the sand, silt and clay fractions was determined by using the X-rays diffractometry technique. A general analysis of the soil physical attributes revealed that the profiles showed bulk density values above the normal values for soils like these, higher values yet were found for both the profiles 2 (LVAe) and 3 (PVd), which reflected on the total porosity and on the unbalance of the ratio macro:microporosity; the stability of the soil aggregates in water was relatively normal for all the profiles studied and the capacity of retention of water is low in the profiles 2 and 3. About the soil chemical properties, the profile 1 (CXve) presented a readiness of nutrients much higher than the both profiles 2 (LVAe) and 3 (PVd); in the current conditions of exploration, the colloid saturation risk by sodium was low for all the profiles investigated; considering the soil plowing layer, only the profile 3 (PVd) presented an imminent risks of aluminum problem toxicity. The

mineralogical composition is similar in the studied profiles, and the quartz prevails in the sand and silt fractions, while the clay fraction is constituted predominantly by kaolinite. The profile 1 (CXve), compared with the other two profiles, was the less developed one as considering the pedogenetic scale. The profiles 2 (LVAe) and 3 (PVD) showed almost the same degree of profile development, although the profile 2 being a little bit more developed. The fact that the profile 1 (CXve) showed chemical properties of a very young in contrast with mineralogy of a well developed soil, revealed an incoherence between the two soil attributes and the stage of soil development. Considering the semi-arid conditions of the sites from where the soil samples were collected, the predomination of the kaolinite clay fraction, mainly in the profile 1 (CXve), suggested that the soils were formed under different climatic conditions if compared with the present ones, former conditions being probably more humid, or that these soils have developed from an already intemperized material.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada, principalmente na parte de fruticultura, tornou-se uma realidade no semi-árido brasileiro. Aos poucos, a condição de importador da maioria dos produtos agrícolas demandados está sendo substituída pela produção em alta escala capaz de, não somente abastecer o mercado interno, também fazer chegar à mesa dos mais distantes rincões deste planeta os chamados produtos hortifrutigranjeiros, como prova incontestável do potencial que a região apresenta.

O Estado do Rio Grande do Norte tem na fruticultura um dos setores que mais contribuiu para as mudanças na estrutura econômica regional. Particularmente, a cultura melão tem despontado em relação às demais frutas produzidas no Estado destacando-se de modo significativo dentre as culturas exploradas temporariamente.

Não se pode ignorar que o desenvolvimento da cultura do melão no Rio Grande do Norte é fruto de um conjunto de fatores que estão se consolidando, pela ação natural e/ou antrópica, para garantir o êxito da exploração. Tanto a visão dos empresários do setor que acreditaram e apostaram em produzir e exportar para os mercados nacional e internacional, vencendo as barreiras impostas pelo transporte, crédito, embalagens etc., quanto as condições edafoclimáticas da região são altamente favoráveis ao cultivo.

Os avanços tecnológicos são inegáveis, principalmente, no que diz respeito à parte de manejo e à conservação pós-colheita dos frutos. Entretanto, alguns aspectos relacionados aos solos precisam ser prontamente elucidados para que, a partir de dados

relacionados às características físicas, químicas e mineralógicas peculiares a cada um deles, sejam definidos modelos de exploração condizentes com cada situação.

A presença de um levantamento que contemple o solo não só como suporte físico para as plantas, mas como um ecossistema que possui características intrínsecas que interferem diretamente na produção e produtividade das culturas, é essencial para o desenvolvimento de técnicas que se traduzam em melhorias para a exploração do sistema como um todo. Assim considerado, o solo pode ser avaliado como parte de um sistema produtivo com atributos físicos (temperatura, difusão de gases, fluxo de água, profundidade efetiva, estrutura, porosidade, densidade etc.), químicos (composição da solução do solo, complexo de intercâmbio iônico, potencial hidrogeniônico, macro e micronutrientes, salinidade, alcalinidade etc.) e biológicos (microorganismos, micorrizas, biocatalizadores etc.).

Assim, o trabalho se propôs a caracterizar três classes de solos explorados com a cultura do melão no Rio Grande do Norte, com vista aos aspectos físicos, químicos e mineralógicos, visando fornecer subsídios para um adequado manejo da cultura e do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do Meloeiro: Aspectos Gerais

A produção mundial de melão, segundo dados da FAO, foi de 21,7 milhões de toneladas em 2002, sendo que a China, a Turquia, os Estados Unidos, o Irã e a Espanha responderam por mais de 60% da produção mundial. O Brasil representa apenas 2% da produção em todo o mundo. Os principais países exportadores são a Espanha, México, Estados Unidos, Costa Rica e França, respondendo por 64% das exportações mundiais em 2002. O Brasil ocupa a sexta posição respondendo por cerca de 7%. O melão é a oitava fruta produzida no mundo e está entre as dez principais frutas frescas mais exportadas, com mercado internacional estimado em mais de 1,6 milhão de toneladas por ano (FrutiSéries, 2003).

A produção nacional de melão teve incremento de 69% nos últimos cinco anos, saltando de 167,4 mil toneladas em 1997 para 283 mil toneladas em 2002. Calcula-se que da produção nacional 35% é orientada à exportação. Os principais estados produtores são Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, que representaram 93,7% da produção nacional e 77,3% da área cultivada no país em 2002. Com uma área plantada em todo o Brasil de 14,1 mil ha, o Rio Grande do Norte deteve em 2002 mais da metade do cultivo nacional (51,8%) correspondendo a 7,3 mil ha e 164 mil toneladas da fruta fresca. Merecem destaque o Ceará com 29,1% (4,1 mil ha e 100 mil toneladas), Bahia com 14,2% (2,0 mil ha e 14,4 mil toneladas) e Pernambuco com 4,3% (0,6 mil ha e 3,6 mil toneladas). Na região Sudeste o Estado de São Paulo apresenta uma participação de

0,7% da área cultivada, correspondendo a 0,1 mil ha e 1,3 mil toneladas de frutos (FrutiSéries, 2003).

O meloeiro é uma das olerícolas de maior expressão econômica e social para a região Nordeste do Brasil. De agosto de 2002 a julho de 2003 o Brasil exportou 125.507 toneladas de melão, correspondendo a um montante de US\$ 47.261.000 no período considerado. A participação do produto nas exportações de frutas brasileiras é de 10,99% na massa exportada e de 15,48% no montante de divisas geradas (Ministério da Agricultura, 2003). No aspecto social, a cultura representa para a região Nordeste a geração de cerca de 20.000 a 30.000 empregos diretos, sem contar com os relacionados ao transporte, comercialização e venda de insumos (Pedrosa, 1997).

2.2. Modelo de Evolução para os Solos da Chapada do Apodi

Para descrever uma hipótese mais condizente possível com as condições que configuraram a Chapada do Apodi como é atualmente, Resende (1989) faz uso do modelo de Huntington-Bigarela, o qual considera pediplanação sob clima seco e dissecação sob clima úmido. Supõe-se que após a sedimentação no Período Cretáceo, houve um período de pediplanação dando origem às Serras de Martins e Mossoró. Profundas mudanças climáticas devem ter ocorrido na região, de modo que um clima úmido deve ter se instalado e provocado um intemperismo bem acentuado sobre o manto de cobertura, com maior intensidade, quanto mais afastado estivesse do mar.

Uma datação já bem aceita no meio científico indica que a pediplanação da Chapada do Apodi teria sido formada na transição do Período Terciário para o Quaternário (entre as Épocas do Plioceno Superior e Pleistoceno Inferior), fato que ocorreu concomitante à mudança climática de regime úmido para árido. A deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras deve ter ocorrido neste mesmo período (Beurlen 1967; Resende 1989).

Para os autores, após a pediplanação, já num clima tendendo novamente para úmido, e antes de uma transgressão marinha mais acentuada, foram cavados cânions ao longo dos baixos cursos dos rios, com carreamento de sedimentos grosseiros, simultaneamente ao levantamento relativo do nível do mar. Nos menores desníveis foram formados grandes depósitos de sedimentos de caráter flúvio-marinho-lacustre, de sentido bastante horizontal, dando origem ao substrato para a formação dos Vertissolos e Planossolos.

Uma área relativamente extensa de Vertissolos e Rendzinas, correspondentes a Vertissolos e Chernossolos, respectivamente, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999b), deve ter sido formada ao longo dos vales dos rios Apodi e Upanema, no período de máxima transgressão marinha. Com a acentuação da escassez de água (mudança do regime úmido para semi-árido) e uma melhor organização do sistema de drenagem com o abaixamento do lençol freático, foram estabelecidas as condições para o desenvolvimento de horizonte B e, conseqüentemente, a formação de solos mais profundos como Cambissolos, Argissolos, Luvisolos e Latossolos (Resende, 1989).

No caso do calcário, talvez devido à sua maior compacidade, a baixa precipitação foi insuficiente para uma lixiviação mais completa do cálcio, mas foi o bastante para a formação de argila 2:1 expansiva no contato calcário/solo, formando um sistema com drenagem mais deficiente (Resende, 1989).

Desse modo, conforme Beurlen (1967), a situação atual do material correspondente ao Holoceno foi constituída, gradativamente, à medida que o clima atingiu o regime de aridez e/ou semi-aridez.

2.3. Justificativas para a Caracterização dos Solos

O potencial edáfico de uma área qualquer é fundamental para o sucesso de qualquer atividade agrícola. Segundo Sena (1994), a importância do levantamento de solos está no fato de, a partir dos dados obtidos, poder se fazer o uso e manejo adequados de glebas, bem como extrapolar indicações para outras propriedades situadas em condições climáticas, topográficas e com classes de solos semelhantes.

O Rio Grande do Norte apresenta um conjunto de solos cujas potencialidades não são ainda tão bem conhecidas. Um estudo realizado por Jacomine et al. (1971) é uma das raras fontes disponíveis para a avaliação dos solos do Estado que, ressalte-se, foi uma importante contribuição ao conhecimento dos solos da região dada à qualidade e à magnitude das informações. Entretanto, por tratar-se de um levantamento em nível exploratório-reconhecimento, as informações são muito generalizadas e heterogêneas haja visto, segundo Vieira (1988), estudos desse nível se prestarem para avaliar qualitativamente as possibilidades edáficas, bem como identificar áreas potencialmente capazes de gerar desenvolvimento, em antecipação a um levantamento com mais riquezas de detalhes.

Em termos de estudos regionalizados há registro de levantamento para a Chapada do Apodi, com especificidade para a região do Vale. Neste caso os estudos pedológicos visaram, em primeiro plano, a seleção de áreas potencialmente irrigáveis para nelas verificar-se a possibilidade de instalação de projetos de irrigação utilizando as águas de prováveis reservatórios a serem construídos nos rios Apodi e Upanema e águas subterrâneas. Um segundo objetivo foi a obtenção de subsídios para o estabelecimento de módulos para o desenvolvimento agropecuário da região, quer fosse em regime de sequeiro ou numa associação de lavoura irrigada com lavoura de sequeiro (DNOCS, 1978).

Em se tratando de estudos localizados, Alves (1986) verificou as características morfológicas, físicas e químicas de dois solos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Alencar (2002), na porção mais elevada da Chapada do Apodi, estudou a química e mineralogia de três solos do Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC), localizado no município de Limoeiro do Norte - CE.

A grande variabilidade de solos da região e suas distintas limitações quanto à mecanização, fertilidade, salinidade, drenagem e profundidade efetiva, faz com que a exploração destas terras seja muito variável necessitando, portanto, de estudos localizados para cada tipo de solo (Amaro Filho, 1991).

Morais (1998) ressalta que, como em outras regiões do mundo, os recursos naturais do trópico semi-árido apresentam limitações e potenciais. Dessa forma os fatores do clima, as propriedades físico-químicas e microbiológicas dos solos e características da vegetação da zona semi-árida no Nordeste colocam certas limitações mas, também, oferecem enormes potencialidades para o estabelecimento de uma agricultura tropical de elevada eficiência. Conforme Mafra (1981), as limitações de natureza pedológica são representadas, geralmente, por certos atributos físicos na maior parte dos solos. A pequena profundidade efetiva, por exemplo nos Neossolos Litólicos, determina a capacidade de limitado armazenamento de água e restrições ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular. Os Gleissolos apresentam sérias limitações, pelo excesso de água, podendo apresentar ainda elevados teores de sais solúveis e sódio, caracterizando-se como salinos ou salino-sódicos.

Apesar dos poucos trabalhos desenvolvidos no Estado do Rio Grande do Norte, sabe-se que há uma malha de solos que se prestam de modo satisfatório para a exploração da cultura do melão. São os Argissolos, Cambissolos e Latossolos que,

associados às condições de luz, calor e umidade, bem como às modernas tecnologias de irrigação, são ideais para a exploração de cultivos de maior produtividade e rentabilidade.

2.4. Atributos Físicos

Por atributos físicos entende-se um conjunto de caracteres que delineiam o comportamento da termodinâmica do solo como um todo. Dentre eles merecem destaque a granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade (total, macro e micro), retenção de água, estrutura e consistência (limites de Atterberg).

2.4.1. Granulometria

Para fins de interesse agrônômico a granulometria expressa as proporções relativas das diferentes partículas minerais menores que 2 mm (areia, silte e argila), agrupadas por classes de tamanho em frações granulométricas, após a destruição dos agregados. Embora o termo granulometria seja também tratado por diversos autores como sendo sinônimo de textura, é mais coerente usar o primeiro termo uma vez que, no sentido mais restrito da palavra, textura significa a sensação que tem o prospectador ao fazer deslizar entre os dedos uma amostra de solo úmida. Neste sentido, textura passa a ser sinônimo de classe textural e não de distribuição de partículas por tamanho (Casanellas et al., 1999).

Apesar das partículas não apresentarem em sua maioria forma esférica, e sim anisométrica, estabeleceu-se a divisão por tamanho baseando-se no diâmetro aparente que tais frações possam apresentar. Assim, pela classificação granulométrica do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, convencionou-se que os limites ficariam estabelecidos em: areia muito grossa (2,00-1,00 mm), areia grossa (1,00-0,50 mm), areia média (0,50-0,25 mm), areia fina (0,25-0,10 mm), areia muito fina (0,10-0,05 mm), silte (0,05-0,002 mm) e argila (< 0,002 mm) (Gavande, 1972).

Do ponto de vista mineralógico, as frações areia e silte contêm minerais primários que são importantes do ponto de vista de intemperismo e desenvolvimento dos solos. Outrossim, esses minerais dão uma predição sobre que comportamento químico os solos terão com o avanço do intemperismo. Por outro lado, a fração argila apresenta minerais de natureza secundária, os chamados argilominerais, que exercem

influências marcantes sobre a dinâmica do solo, tanto física quanto quimicamente. (Baver et al., 1972).

Em geral, o comportamento do solo é uma resposta à ação combinada de distintas frações que se relacionam entre si e com a matéria orgânica. Na verdade o solo não é uma simples mistura de partículas e, em função disso, o predomínio de uma das frações pode, dependendo da estrutura, comandar a dinâmica do mesmo (Casanellas et al., 1999).

Thurler (1989), ressalta a importância da granulometria sobre propriedades do solo, como aeração e retenção de água. O autor supracitado, estudando relações entre propriedades físicas do solo, concluiu que a partir da granulometria é possível estimar a porosidade (macro e micro) de distintos solos no Estado de São Paulo.

Ao estudarem misturas com diferentes tamanhos de frações granulométricas, Bodman & Constantin (1965) verificaram que os valores máximos de densidade do solo ocorreram em amostras que continham 75% ou mais de areia na composição da mistura. Resultados semelhantes foram obtidos por Jones (1983).

Em estudo para avaliar a estabilidade de agregados de sete solos do Rio Grande do Sul, Reichert et al. (1993) encontraram que a fração areia apresentou correlação com os índices de estabilidade, sendo negativa e significativa a 1% de probabilidade na maioria dos casos, comprovando o efeito negativo da fração areia na formação e estabilização dos agregados.

Buckman & Brady (1989), avaliando curvas características de umidade do solo, verificaram que as mesmas variavam especificamente com a granulometria. As maiores retenções de água ao longo de toda a faixa de energia estão associadas aos solos com frações granulométricas mais finas, os quais apresentam maior percentagem de material coloidal, maior espaço poroso e superfície específica para adsorção muito maior, quando comparados aos solos de granulometria mais grosseira.

Estudando atributos químicos de alguns solos do Estado de São Paulo, Soares (2001) concluiu que, dependendo do material de origem, as frações grosseiras da terra fina e os cascalhos desempenham importantes funções químicas no solo.

2.4.2. Densidade de Partículas e do Solo

A densidade de partículas expressa a massa de sólidos secos contida em um volume conhecido. Neste caso o volume dos sólidos é rigorosamente determinado,

sendo considerado somente o espaço ocupado pela matéria sólida do solo. Do ponto de vista da Estatística é uma medida de posição (média), uma vez que o valor obtido tende a se aproximar da densidade específica do mineral que predominar na amostra. Difere da densidade do solo porque esta contempla, além da massa de partículas sólidas, o volume de poros contido em um volume conhecido.

Para Rando (1981), a densidade de partículas na ciência do solo tem valor considerável, uma vez que é requisitada na maioria das expressões matemáticas onde o volume ou peso da amostra do solo estão sendo considerados. Desse modo, interrelações da porosidade, densidade do solo e taxa de sedimentação das partículas em meio fluido dependem da densidade das partículas. De maneira geral, seu uso é mais rotineiro no cálculo da porosidade total e velocidade de sedimentação das partículas.

A densidade de partículas é um atributo estático, considerando-se que mudanças só seriam perceptíveis num tempo bastante considerável. Por outro lado, a densidade do solo é um atributo que varia com o tempo (por processos naturais de adensamento) e/ou com práticas de manejo.

Um estudo realizado por Manrique & Jones (1991), usando base de dados com cerca de 12.000 perfis de solos dos EUA, Hawaii, Porto Rico e outros países, mostrou que além do tipo de solo, textura e matéria orgânica existem outros fatores, não estudados, que têm influencia bastante significativa na determinação da densidade do solo.

De acordo com Correchel (1998), o grau e a intensidade de mobilização do solo influenciam os valores de densidade do solo. Estudando a variação da densidade do solo em relação à linha de plantio, em dois sistemas de preparo do solo (convencional e plantio direto), o autor encontrou que a distribuição da densidade do solo no campo é influenciada pela posição relativa à linha de cultivo e que varia de forma sistemática com a posição linha e entrelinha nos dois sistemas de manejo.

Oliveira (1979), estudando um Podzólico Vermelho-Amarelo na região de Lavras – MG, sob condições de pasto natural e cultivo, concluiu que a densidade do solo foi uma das propriedades físicas mais alteradas pelo cultivo, principalmente nos horizontes superficiais.

Avaliando as alterações que o manejo do solo provoca nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, Klein & Libardi (2002) concluíram que o manejo do solo irrigado, comparado ao solo de mata e sequeiro, aumentou a densidade do solo até a

profundidade de 40 cm e alterando, conseqüentemente, a distribuição do diâmetro dos poros e a porosidade de aeração.

Apesar das variações por que passa a densidade do solo a mesma pode ser avaliada com precisão relativamente boa. De acordo com Kiehl (1979) as amplitudes de variação da densidade do solo situam-se entre limites médios, a saber: solos turfosos (0,20 a 0,40 g.cm⁻³), húmiferos (0,75 a 1,00 g.cm⁻³), argilosos (1,00 a 1,25 g.cm⁻³) e arenosos (1,25-1,40 g.cm⁻³).

Oliveira (1979), relata que existem evidências de que quando a densidade do solo eleva-se acima de 20% do seu valor original, há restrições consideráveis ao desenvolvimento do sistema radicular com reflexos na produtividade da maioria das culturas.

2.4.3. Porosidade

Segundo Kiehl (1979), a porosidade do solo pode ser definida como sendo o total de vazios do solo ocupados pelo ar e pela água.

Estudá-la é de fundamental importância do ponto de vista edafológico pois, conhecendo-se sua grandeza pode-se extrair conclusões importantes sobre o estado físico dos perfis, seja para interpretar sua evolução natural ou para julgar seu potencial agrícola. O significado especial desta característica deve-se ao fato de que, no solo, os fenômenos essenciais à vida dos vegetais ocorrem nos poros. Alguns fatores como reações químicas e biológicas, fluxo de fluidos, difusão de gases e íons, fenômenos de troca e processos físicos atuam no sistema poroso do solo fomentando as condições ambientais favoráveis ao crescimento do sistema radicular vegetal (Scardua, 1972).

Conhecer a porosidade total do solo não é o bastante para se inferir sobre o comportamento do solo (Grohmann, 1960; Baver et al., 1972; Kiehl, 1979). Posto isso, o conhecimento acerca da distribuição dos poros por tamanho é muito mais importante e permite muito mais inferências quando se quer estudar as relações solo-planta. Assim, estabeleceu-se empiricamente a classificação dos poros do solo em dois grupos, a saber: macroporos - $\varnothing \geq 50 \mu\text{m}$ (chamados de poros de aeração ou poros livres de água) e microporos - $\varnothing < 50 \mu\text{m}$ (chamados poros capilares).

Vários estudos têm sido realizados visando estabelecer a relação da porosidade com outras características do solo. Thurler (1989), em 10 amostras de solo, estimou a

porosidade (macro e micro) através da granulometria e densidades de partículas e do solo.

Baver & Farnsworth (1940), ao estudarem a relação entre a macroporosidade e a produção de beterraba açucareira, concluíram que a cultura é influenciada pela aeração do solo e que perdas de produtividade chegavam a 50% quando a porosidade não capilar atingia os 2%. Concluíram também que com macroporosidade entre 7 e 10% há produção de bons tipos de beterraba com elevado conteúdo de açúcar.

Especificamente para cana-de-açúcar, Robinson (1964), controlando o volume de ar do solo através do lençol freático, concluiu que a macroporosidade média de 11%, com variação de 9,2 a 12,2%, permitiu um funcionamento normal das raízes da cultura.

2.4.4. Retenção de Água

Conforme Buckman & Brady (1989), há vários motivos para se estudar a relação entre o solo e a água. Os autores ressaltam duas justificativas que evidenciam a importância de tal relação. Primeiro, há a necessidade de grandes quantidades de água para atender a evapotranspiração do sistema solo-planta. Depois, a água por ser solvente universal, junto com os nutrientes dissolvidos, compõe a solução do solo.

Em linhas gerais, existem dois processos que explicam a retenção de água pelos solos. No primeiro deles a retenção ocorre nos poros pequenos dos agregados (microporos) através do fenômeno da capilaridade. No segundo processo, a retenção se dá na superfície dos sólidos do solo, com a água formando filmes aderidos à superfície, pelo fenômeno da adsorção (Libardi, 2000).

De acordo com Mota (1976), a água é a mesma em qualquer posição e tempo no solo, uma vez que ela não difere na forma mas em seu estado energético. O estado de energia pode ser avaliado determinando-se a umidade associada com a força de retenção e representando esta dependência pelas curvas características de umidade do solo.

As curvas características de umidade têm como vantagem apresentar o aspecto dinâmico da água no solo. Segundo Reichardt (1985), as curvas devem ser determinadas experimentalmente e são específicas para cada solo e até mesmo camadas de um perfil. Mota (1976), citando Naar & Wilgal, diz que uma particularidade que as curvas características de umidade apresentam é que as mesmas refletem a distribuição de poros por tamanho, uma vez que a aplicação de uma determinada tensão está associada com o diâmetro aparente dos poros esvaziados do solo.

As forças responsáveis pelo estado de energia da água no solo são representadas quantitativamente pelo seu potencial total, que consiste em uma série de componentes como potencial de pressão, gravitacional, matricial, de temperatura e osmótico. Os dois últimos podem ser desprezados, já que os processos que ocorrem no solo podem ser considerados isortérmicos para ambos (Libardi, 2000).

A energia medida em termos de potencial é variável, uma vez que o comportamento da água no solo é complexo em virtude da heterogeneidade que um perfil pode apresentar, destacando-se a densidade do solo, o tamanho, a forma e a disposição de vazios, a textura, a estrutura, a superfície específica, a quantidade de material orgânico, natureza dos argilominerais, manejo e outros (Jorge, 1983; Reichardt, 1985; Miyazaki, 1993).

Mota (1976), verificou que as diferenças acentuadas de retenção de água entre os horizontes genéticos A e B de um Alfissolo eram devidas às diferenças entre os teores de argila dos horizontes. No mesmo trabalho, o autor encontrou alta dependência da água retida nas várias tensões com os percentuais de argila e silte dos horizontes.

Estudando o efeito da matéria orgânica sobre a retenção de umidade pelo solo, Freire (1975) concluiu que a influência da mesma é mais marcante nas tensões mais baixas sem desprezar, contudo, a sua influência mesmo em potenciais matriciais mais elevados.

Jorge (1983), avaliando a influência da subsolagem e gradagem na dinâmica da água em Latossolo Roxo de textura argilosa, verificou que a retenção de água foi maior em tratamentos com subsolagem, independentemente de ter sido gradado ou não.

Estudando a retenção de água versus agregados de um Latossolo húmico, Sharma & Uehara (1968) concluíram que a mesma aumentou com a diminuição do tamanho dos agregados.

2.4.5. Estrutura

O termo estrutura refere-se ao arranjo das partículas do solo, umas em relação às outras. Erroneamente, muitas literaturas trazem o vernáculo como sendo sinônimo de agregação. Na verdade, agregação é a junção de partículas individuais que, resultante do processo de floculação e cimentação, forma um tipo de estrutura denominada de agregado. Portanto, depreende-se que estrutura e agregação não podem ser considerados

termos sinônimos, uma vez que todo agregado é estrutura mas nem toda estrutura é agregada.

Segundo Hillel (1971), são conhecidos distintos graus de estrutura. Quando as partículas do solo estão completamente soltas uma das outras diz-se que a estrutura é em grãos simples. Por outro lado, se as partículas são fortemente ligadas umas às outras diz-se que a mesma é maciça ou massiva. Entre os dois extremos há uma condição intermediária em que as partículas do solo são organizadas de modo a formar um agregado.

Os principais fatores que influenciam na formação e estabilidade dos agregados são, segundo Kiehl (1979), a argila, matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio. Para que haja a formação de agregados no solo são necessárias duas condições básicas: 1) que haja uma aproximação entre as partículas do solo e que uma força qualquer, van der Waals por exemplo, mantenha estas partículas próximas entre si. Este seria o primeiro passo, o qual Grohmann (1972) denomina de floculação dos colóides, cuja intensidade é governada pelo balanço de cargas elétricas, e 2) que, após o contato das partículas haja um agente cimentante para consolidar essa união e manter o agregado estável.

Existem várias hipóteses para explicar a união das partículas do solo em agregados estáveis. Nóbrega (1999), cita os trabalhos de Emerson e de Thisdall e Oades como os dois clássicos a explicar como ocorre a agregação em solos de região temperada, onde a matéria orgânica tem atuação destacada. Embora ambos os trabalhos sejam unânimes em enfatizar a importância da matéria orgânica, o segundo ilustra melhor o grau de importância dos vários mecanismos envolvidos na agregação, os quais mudam à medida que as partículas primárias do solo são ligadas em agregados de tamanhos sucessivamente maiores. Segundo Nóbrega (1999), o desenvolvimento de microagregados ($\varnothing < 0,25$ mm) relaciona-se com agentes cimentantes, orgânicos ou não, relativamente persistentes, enquanto a formação de macroagregados ($\varnothing \geq 0,25$ mm) relaciona-se com os mecanismos de emaranhamento físico pelas raízes e hifas de fungos.

Em que pese a incontestável reputação que delinea o modelo de agregação proposto pelos autores supramencionados, Arca & Weed (1966), propuseram que o modelo pode não ser apropriado para Oxissolos e que, em solos ricos em óxidos, a agregação está mais fortemente correlacionada com os teores de óxidos de ferro livre do que com qualquer outra propriedade do solo.

Em solos de regiões tropicais, onde a influência do material orgânico é geralmente baixa, outros modelos têm sido propostos no sentido de modificar a hipótese de Emerson, adequando-a às condições tropicais, especialmente para os Latossolos. É o caso do modelo proposto por Resende (1982), que ressalta os teores de óxidos na agregação desses solos e os de Ferreira et al. (1999) que, ao considerarem o papel de cada óxido na agregação dos Latossolos, propuseram dois modelos distintos. Para os Latossolos gibbsíticos, em que a distribuição dos grãos de quartzo em relação ao plasma segue o padrão aglutinado, há o desenvolvimento de microestrutura com predomínio de poros de empacotamento composto. Neste caso, a macroestrutura é do tipo granular. Para os Latossolos caulíníticos a distribuição dos grãos de quartzo em relação ao plasma é na forma de grãos porfiríticos, ou seja, os grãos estão envoltos no plasma denso, contínuo, com pouca tendência ao desenvolvimento de microestrutura, em função do ajuste face a face das lâminas de caulinita. Neste caso a macroestrutura é do tipo blocos.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de verificar a influência de diferentes fatores sobre a agregação de solos. Elson & Lutz (1940), observaram que a adição de calcário ao solo, na forma de superfosfato, provocou diminuição na agregação. Segundo os autores, o decréscimo pode estar relacionado à formação de humatos de cálcio e magnésio que são agentes menos eficientes que humatos de hidrogênio, ferro e alumínio.

Paladini & Mielniczuk (1991), atribuíram à matéria orgânica a melhoria da agregação de um Podzólico Vermelho-Escuro em sistema de cultivo com leguminosas. Para o sistema de cultivo com gramíneas a melhoria da agregação foi associada com o tipo de gramínea e ação do sistema radicular.

Procurando estabelecer a relação da mineralogia e química com a dispersão de argila e estabilidade de agregados do tamanho de silte, Vitorino (2001), concluiu que a mineralogia e química do solo têm efeito marcante na dispersão das partículas, com reflexo na fração silte. Os maiores teores de gibsitita proporcionaram maior estabilidade dos agregados do tamanho de silte, enquanto a caulinita causou efeito contrário. No mesmo trabalho o autor não evidenciou a associação entre as formas de ferro determinadas e a estabilidade dos agregados do tamanho de silte.

Lima (1987), verificando a relação da resistência do solo à erosão com teores de ferro e parâmetros físicos e mineralógicos de solos em Lavras (MG), constatou que o teor de ferro influencia nas características e propriedades que governam, em última análise, o balanço da coesão entre os agregados. Os maiores teores de ferro observados

no Latossolo Vermelho-Escuro conferiam ao solo maior resistência à erosão quando comparado ao Latossolo Vermelho-Amarelo.

Avaliando o efeito de fosfato e de micorriza na estabilidade de agregados de Latossolos cultivados e não cultivados, Nóbrega (1999), concluiu que o solo cultivado apresentou menos agregados estáveis em água e menor comprimento total de hifas. Quanto ao fósforo o autor atribuiu indiretamente um efeito benéfico, uma vez que o nutriente proporcionou maior comprimento de hifas e matéria seca de raízes.

Carpenedo & Mielniczuk (1990), estudando a parte de manejo, verificaram que em solo sob plantio direto a estabilidade de agregados foi maior que em solo sob plantio convencional e que os agregados são mais estáveis em solo sob gramíneas quando comparados a solos cultivados com leguminosas.

Em solo cultivado por um período de 10 anos, submetido a diferentes sistemas de cultivo, Palmeira et al. (1999), encontraram que a maior concentração de agregados estáveis em água na classe de maior diâmetro (4,76 mm) ocorreu nos sistemas de cultivo com mínima mobilização do solo, enquanto a maior concentração na menor classe de diâmetro, 0,105 mm, ocorreu nos tratamentos com maior ação antrópica.

Em um Podzólico Vermelho-Amarelo Oliveira et al. (1983) concluíram que, sob condições de cultivo, o solo apresentou menor agregação quando comparado a um solo sob pastagem natural.

2.4.6. Consistência

A consistência é representada pelas manifestações das forças físicas de coesão e adesão entre os constituintes do solo, em diferentes teores de água (Ranzani, 1969).

Dependendo da variação na umidade do solo são conhecidas cinco formas de consistência: 1) tenaz – com características pronunciadas de dureza; 2) friável – caracterizada pela friabilidade; 3) plástica – caracterizada pela possibilidade que o solo apresenta de ser moldado; 4) pegajosa – evidenciada pela propriedade de aderir em superfícies e 5) líquida – caracterizada por o solo tomar a forma do objeto que o contém, podendo ser vertido como um líquido denso (Baver et al., 1972; Kiehl, 1979).

A consistência tenaz é verificada em solo seco, onde a atração entre moléculas é elevada. O solo úmido apresenta consistência friável, na qual a força de coesão entre as partículas é mínima. Quando molhado, pode exibir plasticidade, pegajosidade e liquidez, com as forças de adesão variando proporcionalmente aos conteúdos de água.

Segundo Caputo (1973), quando a umidade do solo é muito elevada ele se comporta como um fluido denso, portanto, no estado líquido. Ao passo que a água vai evaporando o solo endurece e, em uma determinada umidade, ele perde a capacidade de fluir mas não a de ser moldado e conservar sua forma. Neste ponto, diz-se que o solo atingiu o limite de liquidez e encontra-se no estado plástico. Continuando a perda de água o estado plástico desaparece e o solo atinge o limite de plasticidade, ou seja, um ponto correspondente a uma umidade tal, que o solo se desmancha ao ser trabalhado. Conhecidos os valores de umidade para cada limite de consistência pode-se calcular o índice de plasticidade do solo, que é dado pela diferença entre os limites de liquidez e plasticidade. Para índice de plasticidade com valor < 1 diz-se que o solo não apresenta plasticidade, de 1 a 7 fracamente plástico, > 7 a 15 medianamente plástico e acima de 15 altamente plástico.

Em linhas gerais, a textura é uma das propriedades do solo que mais se correlaciona com as manifestações da consistência. Os solos de textura grosseira são, em geral, não plásticos e não pegajosos quando molhados, friáveis quando úmidos e soltos quando secos. Já os solos de textura fina são plásticos e pegajosos quando molhados, firmes quando úmidos e duros quando secos (Ranzani 1969).

Gomes & Cabeda (1976), estudando três solos argilosos do Rio Grande do Sul, encontraram que a matéria orgânica também influencia na consistência. Os autores observaram correlação positiva entre o teor de água para o limite inferior de plasticidade e quantidade de matéria orgânica nos solos estudados.

2.5. Atributos Químicos

Os atributos químicos relacionam-se com o comportamento do solo como um corpo que contém partículas carregadas eletricamente, as quais, por sua própria natureza, apresentam dinamismo no espaço e no tempo. Os mais importantes são o pH, condutividade elétrica, cátions trocáveis e fósforo assimilável.

2.5.1. pH

Por definição, é o logaritmo negativo da atividade dos íons H^+ . Tomando-se a constante de dissociação da água pura como sendo $K_w = 10^{-14}$, os íons hidrogênio e hidróxidos associados estão em quantidades iguais, ou seja, $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ uma

vez que $[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$. Desse modo, os solos podem ser classificados em seis categorias: extremamente ácidos (pH < 4,3), fortemente ácidos (pH de 4,3-5,3), moderadamente ácido (pH de 5,4-6,5), praticamente neutro (pH de 6,6-7,3), moderadamente alcalino (pH de 7,4-8,3) e fortemente alcalino (pH > 8,3) (EMBRAPA, 1999b).

A origem dos íons H^+ e OH^- no solo é explicada por Buckman & Brady (1989). Para os íons H^+ existem duas fontes, a saber: 1) íons adsorvidos de Al^{3+} e 2) íons adsorvidos de H^+ . Em condições de acidez elevada grande quantidade de Al é solubilizada na forma de Al^{3+} . Por serem íons trivalentes são adsorvidos pela micela do solo com maior facilidade que os íons monovalentes. Logo, em condições de acidez elevada, o solo é dominado muito mais por íons Al^{3+} . O alumínio adsorvido à micela estabelece equilíbrio com íons Al^{3+} da solução do solo os quais, por sua tendência à hidrolização, reagem com água liberando íons H^+ ($Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$). Como o hidrogênio adsorvido também estabelece equilíbrio com a solução do solo, constitui-se numa outra fonte importante de íons H^+ . Assim, quanto maior for a saturação dos íons hidrogênio adsorvidos em um determinado solo, maior será a concentração de H^+ na solução do solo e, conseqüentemente, menor o pH. Em geral, o efeito do alumínio e hidrogênio adsorvidos é provocar aumento da concentração de íons H^+ na solução do solo. Para os íons OH^- , a substituição do hidrogênio ou alumínio adsorvidos por cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ diminui a concentração de H^+ na solução do solo ocorrendo, simultaneamente, aumento na concentração de OH^- , já que os mesmos apresentam correlação inversa.

Em condições naturais, e em regiões de clima úmido, há a tendência constante para a acidificação do solo em função do suprimento contínuo de íons H^+ originados pela dissolução do CO_2 do ar e do solo nas águas das chuvas, além das reações de troca por contato entre o hidrogênio permutável das raízes das plantas e as bases de troca do solo, de ácidos provenientes das atividades de microrganismos, de certos adubos, da decomposição da matéria orgânica e dissociação dos radicais OH^- expostos em arestas de fratura de argilominerais. Por outro lado, há o empobrecimento progressivo em cátions básicos uma vez que, sendo deslocados para a solução do solo, se perdem por percolação através do perfil (Wutke, 1972).

A alcalinidade ocorre com mais naturalidade em regiões áridas e semi-áridas nas quais, em virtude das baixas precipitações, há o acúmulo de sais, especialmente de cálcio, de magnésio e de carbonato de sódio (Pratt, 1966; Buckman & Brady, 1989).

Cada série de reações químicas no solo, que provoque alteração no pH, afeta de certa maneira o crescimento das plantas. É que mudanças no pH provocam diminuição ou aumento na solubilidade de nutrientes, como também na atividade de microrganismos. A maior parte das plantas cultivadas desenvolve-se bem em pH em torno de 6,5, embora algumas produzam satisfatoriamente em condições de acidez mais elevada (Neptune, 1976).

Segundo Wutke (1972), o conhecimento sobre o pH do solo é de extrema importância pois, isoladamente, talvez seja o parâmetro que mais permita inferências sobre possíveis problemas de fertilidade do solo. Para Kiehl (1979), solos com pH entre 5,8 e 7,5 tendem a ser livres de problemas do ponto de vista de crescimento vegetal. Em valores abaixo de 5,0 há deficiência de elementos como Ca, Mg, P, Mo e B e toxicidade por Al, Mn, Zn e outros metais pesados, devido às suas maiores solubilidades nessa faixa de pH. Valores entre 8,0 e 8,5 indicam a ocorrência de carbonato de cálcio e/ou de magnésio livres e baixas disponibilidades de P, Mn, Zn e Cu.

Ernani et al. (1996), verificaram que a retenção de fósforo diminuiu com o aumento do pH na maioria dos solos estudados, principalmente quando se elevou o pH para aproximadamente 5,8. Os autores observaram ainda que em pH 5,8 houve redução de 50% da quantidade média de fósforo necessário para manter $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ na solução de equilíbrio.

Romanelli & Rodella (1998), estudando a relação entre capacidade de troca catiônica (CTC) e carbono orgânico e pH do solo, concluíram que o efeito do pH na elevação dos cátions trocáveis foi pequeno para teores de carbono inferiores a 10 g.kg^{-1} . Resultados obtidos por Kinjo (1967), indicaram que a CTC do solo varia muito pouco entre pH 4,0 e 5,0 e tende a se elevar à medida que o pH atinge valores entre 7,0 e 8,0.

Com relação ao crescimento de porta-enxertos de citros, Soprano & Koller (1991) verificaram que houve interação significativa entre as oito cultivares de citros (Azeda, Caipira, Cravo Limeira, Sunki, Cleópatra, Troyer, C-13 e *Poncirus trifoliata*) e sete pHs (4,0-7,0 espaçados de 0,5 unidade) estudados. Para a maioria das cultivares, as melhores respostas foram obtidas na faixa de pH 5,0-5,5. Em pH 7,0 houve uma redução drástica no crescimento dos porta-enxertos, exceção para a cultivar Cravo Limeira que se mostrou adaptada às condições de neutralidade.

Para a cultura do melão, a literatura registra que as condições ótimas de desenvolvimento estão em pH na faixa de 6,4 a 7,2 sendo, portanto, uma cultura considerada como sensível à acidez (Dusi, 1992; Pedrosa, 1997).

2.5.2. Condutividade Elétrica

É a medida padrão que se usa para indicar a concentração total de constituintes ionizados em uma solução. Está intimamente relacionada com a soma de cátions e ânions determinada quimicamente e, usualmente, com o total de sólidos dissolvidos. Tem sua dimensão em mhos cm^{-1} (ou S cm^{-1} , no Sistema Internacional de Unidades) podendo, também, ser expressa por múltiplos e submúltiplos destas unidades (USSLS, 1954).

Quando os sais solúveis do solo atingem níveis que possam prejudicar de maneira economicamente significativa o rendimento das culturas, diz-se que o solo está salinizado. Os solos salinos se encontram principalmente em zonas de clima árido ou semi-árido. Em condições úmidas os sais solúveis, originalmente presentes nos materiais do solo e os liberados pela intemperização dos minerais, são lixiviados para as camadas inferiores do perfil. Em regiões áridas e semi-áridas, além da baixa precipitação pluviométrica, a elevada evaporação tende a concentrar os sais na superfície do solo, camada mais explorada pelo sistema radicular das culturas (USSLS, 1954; Batista et al., 2002).

Em linhas gerais, a salinidade afeta as culturas de duas maneiras. Primeiro, pelo aumento do potencial osmótico do solo, o que reduz a disponibilidade de água às plantas. Quanto mais salino for o solo, maior será a energia gasta pela planta para absorver água e com ela os demais elementos essenciais. Segundo, pela toxidez de determinados elementos, principalmente o sódio, o boro, os bicarbonatos e cloretos, que em concentração elevada causam distúrbios fisiológicos nas plantas (Cruciani, 1983; Batista et al., 2002).

De acordo com Noy (s. d.) uma condutividade elétrica abaixo de $2,0 \text{ mS.cm}^{-1}$ não provoca nenhuma restrição ao crescimento e desenvolvimento da cultura do melão. Ayers (1999), em uma classificação mais genérica sobre a tolerância das culturas à salinidade, considera o meloeiro como moderadamente sensível à concentração de sais.

2.5.3. Cátions Trocáveis

São íons carregados positivamente, retidos na superfície de uma partícula sólida com carga superficial negativa, os quais podem ser substituídos por outros íons de carga positiva.

Os principais cátions trocáveis são o Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e Al^{3+} . Os quatro primeiros são básicos e o último é ácido. Além desses, o hidrogênio é extremamente importante, apesar do elemento se encontrar principalmente na forma não dissociada no solo, ligado a grupamentos funcionais de natureza orgânica ou mineral e apenas em teores muito baixos na forma do íon H^+ em solução. Desse modo, o hidrogênio não é considerado trocável. No entanto, quando da sua neutralização, são liberadas posições de troca de cátions na superfície dos colóides do solo (Raij et al., 2001).

O complexo de troca de cátions do solo é representado pelo conjunto de equações, a saber: 1) SB – soma de bases trocáveis = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$; 2) CTC – capacidade de troca de cátions = $\text{SB} + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$; 3) V – saturação por bases = $(\text{SB}/\text{CTC}) \times 100$ e 4) m – saturação por alumínio = $[\text{Al}^{3+}/(\text{SB} + \text{Al}^{3+})] \times 100$. A saturação por sódio trocável deve ser levada em consideração, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, através da expressão: Percentagem de Sódio Trocável = $(\text{Na}^+/\text{CTC}) \times 100$ (Raij et al., 2001).

A capacidade de troca de cátions é um atributo de grande interesse prático, principalmente para estudos de fertilidade, pois o potencial de produtividade de um solo é proporcional à magnitude do mesmo. Marshall já dizia que a capacidade de troca catiônica “é a segunda reação mais importante na natureza, suplantada em importância fundamental somente pelo processo fotossintético das plantas verdes” (Jackson, 1967).

De acordo com Melo et al. (1983), os valores SB, CTC e V são de grande valia no que se relaciona à fertilidade do solo e ao emprego de adubos e corretivos. Interpreta-se que um solo com um valor de SB baixo é pobre em nutrientes para os vegetais. Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável. Neste caso, por exemplo, não se deve fazer adubações e calagem em grandes quantidades de uma só vez, porém parceladas, para evitar perdas por lixiviação. Um índice V baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , saturando as cargas negativas dos colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^+ e Al^{3+} . O solo, nessa condição, provavelmente será ácido podendo conter alumínio em nível tóxico às culturas.

Para Raij (1967), a capacidade de troca de cátions é um bom indicador da atividade dos colóides do solo. Em certos casos é possível ter idéia dos minerais que predominam na fração argila, sem ter de recorrer a determinações diretas da mineralogia.

Os cátions trocáveis se correlacionam tanto com propriedades físicas quanto químicas do solo. Reichert et al. (1993) verificaram para sete solos do Rio Grande do Sul que a estabilidade de agregados se correlacionou positivamente com o cálcio e magnésio trocáveis, soma de bases trocáveis e capacidade de troca catiônica. Os autores citam Russel para corroborar seus resultados, uma vez que a teoria clássica exposta pelo autor sobre a gênese de agregados afirma que os mesmos se formam somente com partículas com considerável CTC, aliada à uma grande área superficial, e a resistência dos agregados formados depende da natureza dos cátions trocáveis.

Soares (2001), verificou que a CTC efetiva de alguns solos do sudoeste brasileiro foi dependente da CTC efetiva da areia muito fina evidenciando que, apesar de serem considerados, via de regra, quimicamente inertes, podem contribuir também em atributos químicos do solo. Tedrow (1966) também encontrou a fração areia contribuindo para a CTC de solos de Nova Jersey (EUA).

2.5.4. Fósforo Assimilável

O fósforo é o elemento que mais freqüentemente limita as produções agrícolas nas regiões de climas tropical e subtropical. Na maioria dos solos o conteúdo total do elemento atinge, em média, 0,1% e, além da pequena quantidade, boa parte está na forma indisponível às plantas (Solis, 1981).

No meloeiro, como nas outras cucurbitáceas, é o nutriente que provoca maior aumento na produtividade e tamanho dos frutos. O suprimento adequado desde o início do crescimento é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas. Além disso, estimula o desenvolvimento do sistema radicular e contribui para uma boa formação de frutos e sementes e incrementa a precocidade da produção. Registre-se também que o fósforo induz a uma maior resistência às pragas e doenças (Rodrigues Filho, 1998; Menezes et al., 2000).

De acordo com Bernardi et al. (2002), o meloeiro requer 500 g de P_2O_5 para produzir uma tonelada de frutos frescos. Trabalhando com melão AF-646 em Mossoró/RN, Mota & Amaro Filho (2002) encontraram um requerimento de 760 g do referido nutriente.

Embora a maioria das plantas cultivadas não absorva mais que 20-30 kg de pentóxido de fósforo por hectare, sabe-se que é necessário colocar à disposição das raízes de 3 a 4 vezes a quantidade requerida pela planta, para que sejam garantidos o seu

desenvolvimento e produção. A alta capacidade fixadora do elemento pelo solo é agravada em pH baixo, em virtude da solubilização do ferro, alumínio e manganês, os quais formam com o fósforo compostos de baixa solubilidade e, conseqüentemente, de baixa disponibilidade às plantas (Jorge, 1972).

As plantas absorvem o fósforo do solo como íon ortofosfato, H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , cuja concentração na solução do solo é muito baixa, geralmente menor que 1 mg L^{-1} (Machado, 1992).

Segundo Bernardi et al. (2002), existem vários fatores que afetam a disponibilidade do nutriente no solo. No entanto, os mais importantes são as quantidades adicionadas, o tempo e o volume de contato do fertilizante com o solo, o tipo e a quantidade de minerais presentes e o pH do solo.

Para que as culturas utilizem o fósforo aplicado é necessário que ocorra uma reação entre o fosfato e o solo. Por isso, a disponibilidade do nutriente depende do equilíbrio e da dinâmica do elemento no solo. A fração argila dos solos das regiões tropicais é constituída predominantemente por caulinita e óxidos de ferro e de alumínio, minerais de carga variável, que possuem alto poder de fixação de fosfato. Como conseqüência, grande parte do fósforo aplicado em solos argilosos é adsorvida na forma não trocável, com poucas chances de retornar à solução do solo e ser aproveitada pelas plantas (Bernardi et al., 2002).

Solis (1981), estudando solos do Rio Grande do Sul, encontrou resultados que vão de encontro às afirmações de Bernardi et al. (2002). O autor verificou que solos tratados com vermiculita fixaram maior quantidade de fósforo que os solos tratados com caulinita.

Em relação à distribuição do fósforo dentro do perfil, Kiehl & Lambais (1994), afirmam que o teor do elemento é maior na superfície e decresce com a profundidade. Por outro lado, Amaro Filho et al. (2002), estudando a solução do solo em período chuvoso, encontraram maiores concentrações do elemento em profundidade, fato atribuído à lixiviação em função das precipitações pluviométricas.

2.6. Atributos Mineralógicos

A mineralogia do solo é, dentre vários aspectos, quem mais influencia em grande parte dos fenômenos físicos e químicos que ocorrem no solo. Do ponto de vista da gênese de solos, a composição e as transformações mineralógicas dos materiais dos

solos possibilitam um melhor entendimento da evolução dos sistemas de intemperismo, já que os minerais são indicadores da dimensão com que os diferentes processos têm atuado nas paisagens atuais.

A mineralogia das frações areia e silte é constituída, em geral, por minerais resistentes ao intemperismo como quartzo, além de outros minerais primários em quantidades variáveis tais como olivinas, anfibólios, piroxênios, feldspatos e micas (Bruckman & Brady, 1989; Fontes, 2002). A fração argila é constituída, via de regra, por minerais de natureza secundária, resultantes dos processos de alteração física, química e biológica, independentemente de terem sido formados *in situ* ou transportados (Allen & Hajek, 1989; Fontes, 2002).

Diversos trabalhos têm identificado a presença de minerais como quartzo, feldspatos potássico e calco-sódico, zircônio, titânio, leucóxênio, turmalina, fragmentos calcários, mica, clorita, hornblenda, magnetita, vermiculita, caulinita e óxidos de ferro na fração areia de distintos solos brasileiros (Lepsch et al., 1977; Demattê, 1978; Rodrigues & Klamt, 1978; Ker & Resende, 1990; Demattê & Marconi, 1991; Souza et al., 1993; Almeida et al., 1997; Duarte et al., 2000; Soares, 2001; Mota et al., 2002).

Na fração silte podem estar presentes quartzo, feldspatos, piroxênios, apatita, mica, fragmentos calcários, anatásio, rutilo, clorita, pirofilita, hornblenda, vermiculita, montmorilonita, ilita, serpentina, caulinita, hematita, goethita e gibbsita, não diferindo, em linhas gerais, dos minerais encontrados na fração areia (Rodrigues & Klamt, 1978; Demattê & Marconi, 1991; Ribeiro et al., 1991; Souza et al., 1993; Almeida et al., 1997; Soares, 2001; Vitorino, 2001; Mota et al., 2002; Corrêa et al., 2003).

Em se tratando de minerais presentes na fração argila, podem ser encontrados quartzo, feldspatos, cristobalita, mica, pirofilita, clorita, atapulgita, anatásio, rutilo, montmorilonita, vermiculita, caulinita, maghemita, hematita, goethita, gibbsita e materiais amorfos (Lepsch et al., 1977; Rodrigues & Klamt, 1978; Ker & Resende, 1990; Demattê & Marconi, 1991; Ribeiro et al., 1991; Souza et al., 1993; Almeida et al., 1997; Ferreira, et al., 1999; Duarte et al., 2000; Nunes et al., 2001; Mota et al., 2002; Corrêa et al., 2003; Romero, 2003).

2.6.1. Minerais Secundários Silicatados

Os minerais secundários são importantes na mineralogia dos solos porque são constituintes obrigatórios na fração argila. São responsáveis por manifestarem a maioria

dos fenômenos importantes que dizem respeito à fertilidade, química e manejo dos solos. Além disso, têm grande importância em campos do conhecimento como geotecnia, geologia e em muitas indústrias (Fontes, 2002).

Para Fontes (2002), dentre os minerais silicatados merece destaque, do ponto de vista agrônomo, o grupo dos filossilicatos, que são os minerais formados pela condensação das lâminas tetraedrais de silício com octaedrais, especialmente de Al. Conforme o número de lâminas que constituem as unidades cristalográficas, esses minerais podem ser classificados como do tipo 1:1 (empilhamento de duas lâminas: uma de octaedros de Al no topo e uma de tetraedros de Si na base) e do tipo 2:1 (empilhamento de três lâminas: duas de tetraedros de Si fazendo um sanduíche com uma octaédrica de Al).

2.6.1.1. Caulinita e Haloisita

São filossilicatos do tipo 1:1, de fórmula $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ e $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para caulinita e haloisita, respectivamente. Os dois minerais têm a mesma composição, com exceção das duas moléculas extras de água para a haloisita na forma hidratada. A distância característica entre os planos atômicos, que se repetem no eixo Z, é de 0,72 nm para a caulinita e de 1,0 nm para a haloisita (Allen & Hajek, 1989; Fontes, 2002). Morfologicamente, a caulinita tem forma hexagonal laminar. A haloisita, em contraste com a caulinita, tem forma tubular, resultado, segundo alguns estudos, da influência da água presente entre as camadas que faz com que as lâminas se enrolem gerando uma aparência de tubo (Fontes, 2002).

A formação da caulinita se dá em condições de boa drenagem, com aproximadamente iguais concentrações de sílica e alumínio e elevadas concentrações de hidrogênio e, essencialmente, em ausência ou pequenas concentrações de magnésio e outras bases. A gênese da haloisita ocorre quando a concentração de alumínio é aproximadamente igual a concentração de sílica, como um resultado do rápido intemperismo de feldspatos ou por cristalização de alofanos ou imogolita. Há, também, o requerimento de altas concentrações de hidrogênio e zero ou baixas concentrações de bases (Buol et al., 1989).

2.6.1.2. Mica

É comumente chamada na literatura pedológica de illita e refere-se às diversas partículas que têm uma composição genérica $[K_xAl_2(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_2]$ e um espaçamento basal de aproximadamente 1,0 nm quando determinadas por difração de raios-X (Allen & Hajek, 1989). É um argilomineral 2:1, porém não expansivo.

A gênese desse mineral ocorre sob condições de moderadas a baixas concentrações de hidrogênio, com remoção parcial de potássio das camadas constituintes dos minerais primários. São requeridas concentrações moderadas a altas de silício e alumínio para que haja a estabilidade do mineral. Concentrações elevadas de hidrogênio no meio causam instabilidade do mineral, o qual pode ser convertido em vermiculita (Buol et al., 1989).

2.6.2. Minerais Secundários Não Silicatados

Os óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de Fe e Al, que por simplificação são genericamente chamados de óxidos, são minerais de natureza secundária de importância muito significativa para os solos de regiões tropicais em geral, e dos solos brasileiros em particular. A presença desses elementos na fração argila dos solos mencionados é quase obrigatória e a influência nas propriedades dos solos é bastante expressiva (Fontes, 2002).

2.6.2.1. Óxidos de Ferro

Os óxidos de ferro compreendem vários minerais que têm sua formação influenciada pelas condições do ambiente, cuja concentração está relacionada com o material de origem, com o grau de intemperização e com processos pedogenéticos de acumulação ou remoção. Mesmo em concentrações baixas no solo, os óxidos de ferro têm alto poder de pigmentação e influem na coloração dos solos de maneira bem nítida. As cores vermelhas, amareladas e intermediárias, típicas dos solos brasileiros, expressam bem essa afirmativa (Kämpf & Schwertmann, 1983; Kämpf & Curi, 2000; Fontes, 2002).

Via de regra os óxidos de ferro têm uma elevada superfície específica e devido à sua natureza química podem adsorver ânions, principalmente os fosfatos, ou metais pesados sendo, portanto, de elevada importância agrícola e ambiental. Além disso, os

óxidos de ferro contêm microelementos essenciais às plantas e são agentes cimentantes que ajudam na formação de agregados de tamanho pequeno e estabilidade dos mesmos (Mello, 199-?; Melo et al., 2001; Fontes, 2002).

Os principais óxidos de ferro encontrados nos solos são a hematita (α -Fe₂O₃), goethita (α -FeOOH), magnetita (Fe₃O₄), maghemita (γ -Fe₂O₃), lepidocrocita (γ -FeOOH) e ferridrita (5Fe₂O₃.9H₂O) (Fontes, 2002).

A gênese dos óxidos de ferro depende das condições do conjunto pH-Eh (redox). Se as condições locais do potencial redox são de oxidação, os óxidos de ferro liberados dos minerais primários são oxidados na forma de ferro férrico. Esta forma precipita-se como goethita, lepidocrocita ou ferridrita. A ferridrita pode subsequenteiramente desidratar-se e cristalizar-se na forma de hematita. Se as condições locais são de redução, o estado ferroso é mantido até que as condições de oxidação sejam favoráveis (Buol et al., 1989). A maghemita é formada através da oxidação subaérea da magnetita litogênica ou da transformação de outros óxidos pedogênicos por aquecimento, por meio de queimadas (entre 300 e 425 °C), na presença de compostos orgânicos (Kämpf & Curi, 2000).

Ainda segundo Buol et al. (1989), os oxihidróxidos como a goethita são convertidos, via dissolução e reprecipitação, em hematita desde que o ambiente seja bem drenado e seco. A ferridrita ocorre aparentemente em ambiente redutor que sofreu rápida oxidação, justificando a baixa cristalinidade verificada neste mineral. Algum tempo depois este mineral é convertido em goethita e hematita. A goethita e hematita têm alumínio de substituição compondo os cristais sendo que, freqüentemente, em condições de igualdade, a goethita tem mais alumínio que a hematita daí a sua maior estabilidade em ambientes redutores. Em solos com ambiente redutor, ferros na forma ferrosa podem migrar para zonas localmente oxidadas precipitando-se na forma de lepidocrocita.

2.6.2.2. Óxidos de Alumínio

Assim como os óxidos de ferro, os óxidos de alumínio têm influência bastante notável sobre o comportamento do solo, principalmente no que se refere à adsorção de íons. O principal hidróxido de alumínio presente na maioria dos solos das regiões tropicais é a gibbsita [Al(OH)₃], a qual é formada sob baixa concentração de sílica e alta

concentração de hidrogênio, na ausência ou baixas concentrações de bases (Allen & Hajek, 1989; Buol et al., 1989).

Segundo Fontes (2002), duas hipóteses básicas podem explicar a formação da gibbsita em solos e em depósitos bauxíticos. A primeira diz que os minerais primários, principalmente os feldspatos, são intemperizados diretamente à gibbsita. Essa hipótese se baseia no fato de que alguns depósitos de bauxita apresentam gibbsita e rocha inalterada separadas por uma distância muito pequena. A outra hipótese indica a formação de gibbsita a partir de silicatos de alumínio, passando por fases intermediárias de argilominerais, por exemplo: mica (biotita) → vermiculita → esmectita → caulinita → gibbsita ou feldspato → caulinita → gibbsita. De acordo com o mesmo autor, as duas hipóteses podem perfeitamente serem verdadeiras e ambas não são mutuamente exclusivas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no pólo agrícola da região de Mossoró, oeste do Estado do Rio Grande do Norte, na Chapada do Apodi. Foram selecionadas três áreas com os principais solos representativos da região cultivados com melão, cujas localizações são mostradas nas figuras 01, 02 e 03.

3.1.1. Material Originário

Os solos das áreas estudadas são originados do calcário da Formação Jandaíra e de sedimentos arenosos mais recentes do Grupo Barreiras (vide Anexo B). Na região ocorrem também áreas aluvionais formadas por sedimentos não consolidados, arenosos, siltosos e argilosos referentes ao Holoceno.

A Formação Jandaíra é caracterizada por camadas de calcário calcítico de cor cinza claro e branca ou amarela, com granulação fina a média, e por calcário dolomítico cinzento ou amarelo de granulação geralmente mais grosseira. Além destes, são encontrados outros tipos: calcário com pequenas conchas de moluscos, nodulosos, lageados, gredosos, arenosos e arenitos calcíferos. Por outro lado, o Grupo Barreiras é formado por sedimentos de areia, silte e argila de cores bastante variadas, sendo a vermelha a predominante.

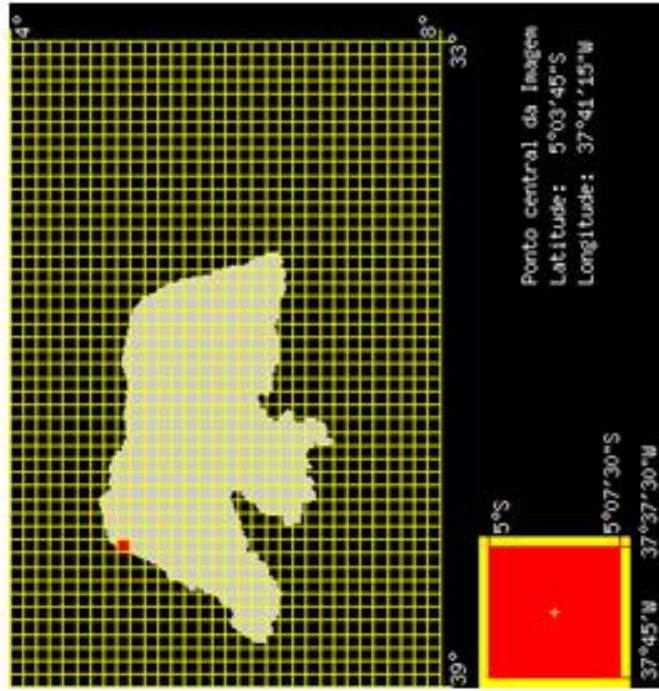
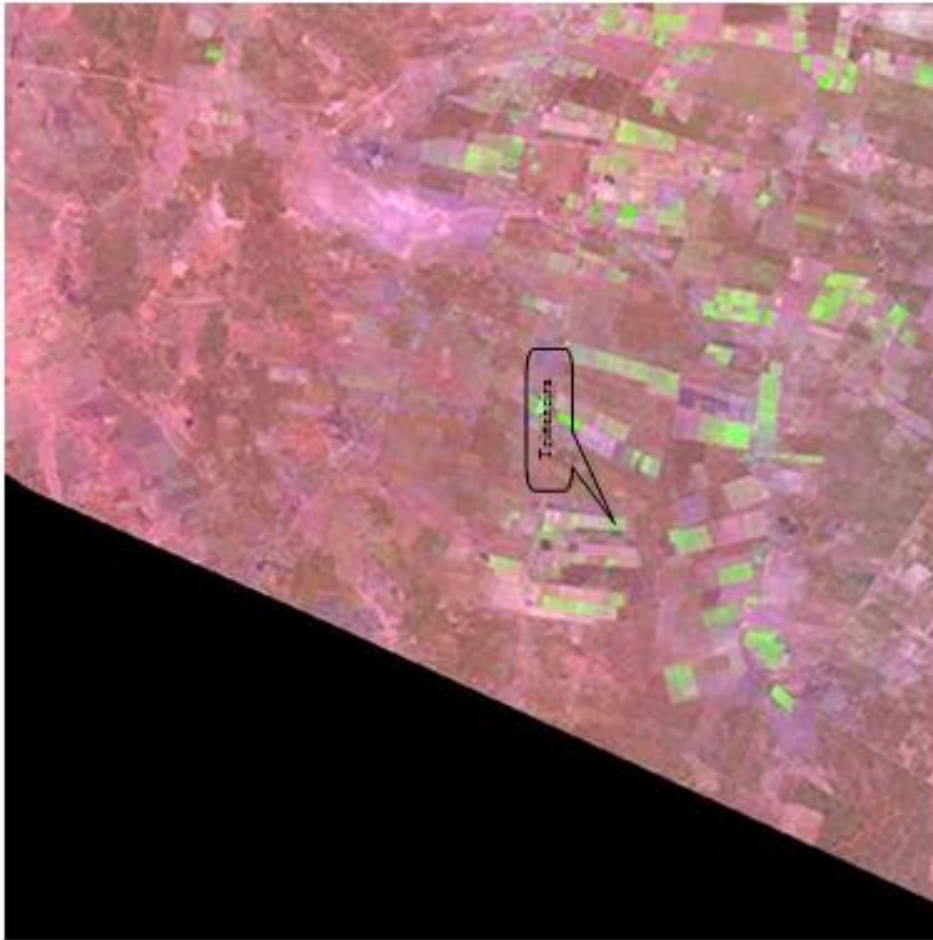


Figura 01 - Localização do perfil ↓ no Estado do Rio Grande do Norte. A direita, imagem com a localização geográfica da quadricula em que o perfil está inserido. A esquerda, detalhe da quadricula e localização da trincheira (Imagens extraídas de Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Articulação compatível com a escala 1:25.000).

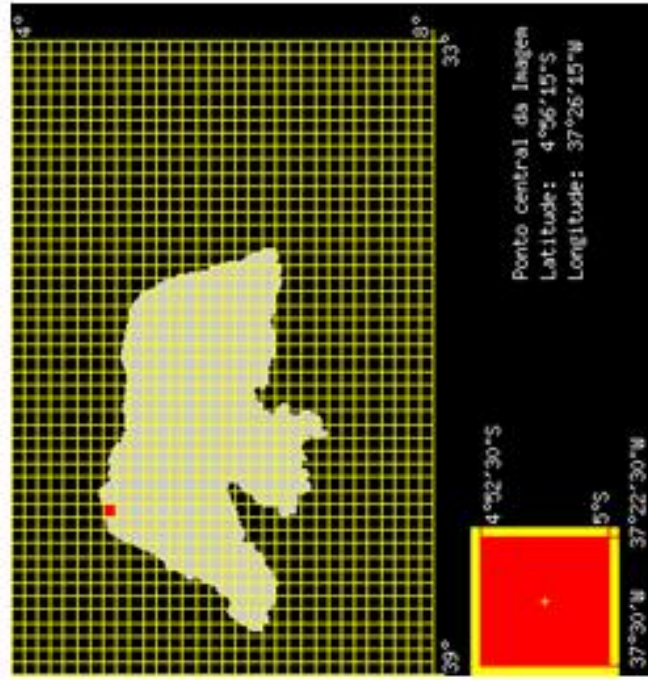


Figura 02 - Localização do perfil 2 no Estado do Rio Grande do Norte. À direita, imagem com a localização geográfica da quadricula em que o perfil está inserido. À esquerda, detalhe da quadricula e localização da trincheira (Imagens extraídas de Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Articulação compatível com a escala 1:25.000).



Figura 03 - Localização do perfil 3 no Estado do Rio Grande do Norte. A direita, imagem com a localização geográfica da quadricula em que o perfil está inserido. À esquerda, detalhe da quadricula e localização da trincheira (Imagens extraídas de Empresa Monitoramento por Satélite, 2004. Articulação compatível com a escala 1:25.000).

3.1.2. Solos

São encontrados, principalmente, com nomenclatura pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999b) Cambissolos, Chernossolos, Vertissolos, Neossolos Litólicos e solos transicionais entre Argissolos, Latossolos e Cambissolos numa ocorrência bastante complexa (Ernesto Sobrinho, 1980).

Na sua maioria são solos de elevada fertilidade natural. As principais restrições à fertilidade são a deficiência de fósforo (nos solos derivados do calcário e dos terraços do Holoceno), altos teores de sódio trocável e elevada condutividade elétrica nos solos salinos e salino-sódicos. Apesar dos solos serem muito bons para a exploração agrícola torna-se necessário o monitoramento de todos os fatores a eles relacionados, especialmente quando for empregada a agricultura irrigada, a fim de evitar problemas ambientais como a contaminação do lençol freático, devido ao uso excessivo de adubos, pesticidas e outros poluentes.

3.1.3. Relevo

Na Bacia do Apodi são encontrados os relevos plano (declividade de 0 a 3%), suave ondulado (declividade de 3 a 8%), ondulado (declividade de 8 a 15%), forte ondulado (declividade de 15 a 45%) e montanhoso (declividade maior que 45%). Em geral, na região de estudo predomina o relevo plano (DNOCS, 1978).

3.1.4. Clima

De acordo com a classificação de Köppen o clima predominante na região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente e semi-árido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. Os índices pluviométricos situam-se, em média, em torno dos 677 mm por ano (Amaro Filho, 1991). Como a evaporação é sempre maior que a precipitação, as águas pluviais não são suficientes para formar mananciais perenes. A temperatura média anual é de 27,6 °C (Chagas, 1997; SERHID, 2001).

3.1.5. Vegetação

Há predomínio da caatinga arbustivo-arbórea onde, na maioria das espécies, há uma presença marcante da caducidade foliar sobre as outras formas de resistência à

seca. Está representada principalmente por *Bursera leptophloeos* Mart. - umburana, *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *C. bracteosa* Tul. - catingueiras, *Astronium urundeuva* Engl. - aroeira, *Anadenanthera macrocarpa* Benth. - angico, *Aspidosperma pyriforme* Mart. - pereiro, *Bauhinia cheylandia* Stend. - mororó e *Auxemma onocalyx* Taub. - pau-branco. Estas espécies podem chegar até 10 m de altura e cobrem o solo entre 60 a 90%. No substrato herbáceo destaca-se a *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. - macambira. A caatinga arbustiva é representada principalmente por *Combretum leprosum* Mart. et Eichl. - mofumbo, *Mimosa tenuiflora* Mart. (= *M. hostilis* Benth.) - jurema-preta, *Croton sonderianus* Muell.Arg. - marmeleiro-preto e *Pilosocereus gounellei* Weber. - xique-xique. Ao longo dos vales encontra-se a floresta galeria (caatinga hiperxerófila) representada pela *Copernicia prunifera* (Miler) H. E. Moore - carnaubeira, *Licania rigida* Benth. - oiticica, *Ziziphus joazeiro* Mart. - juazeiro e *Bumelia sertorum* Mart. - quixabeira (Lima, 1974; Lima, 1989).

3.2. Metodologia de Trabalho

3.2.1. Trabalhos de Campo

Após as áreas terem sido selecionadas foram efetuadas observações de solos, vegetação e relevo. Em cada área foi aberta uma trincheira para descrição do perfil representativo (Anexos A e B), seguindo os critérios estabelecidos por Lemos & Santos (1984). A nomenclatura dos horizontes diagnósticos e a classificação taxonômica dos solos foram feitas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999b) com correspondência para o Sistema Americano e FAO-UNESCO segundo Soil Survey Staff (1992) e FAO/UNESCO/ISRIC (1997), respectivamente.

Os perfis foram descritos em trincheiras com 2,0 m de comprimento e 1,5 m de largura. Em cada perfil descrito foram coletadas amostras de todos os horizontes para a realização de análises físicas, químicas e mineralógicas (exceto amostras indeformadas com amostrador de Uhland no horizonte BC do perfil 1, em função de o mesmo apresentar 1/3 de cascalho por massa de solo, o que acarretaria em danos ao amostrador).

3.2.2. Trabalhos de Laboratório

As amostras coletadas foram analisadas nos Laboratórios de Análise de Solos da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), Universidade Federal do Ceará (UFC), Núcleo de Pesquisas em Geofísica e Geoquímica da Litosfera – NUPEGEL/USP e Laboratório de Mineralogia (ESALQ/USP). Na ESAM foram feitas parte das análises químicas, enquanto na UFC foram realizadas as análises físicas e parte das análises químicas. Na ESALQ/USP e no NUPEGEL/USP foram realizados os estudos relativos à mineralogia das frações areia, silte e argila, bem como estudos complementares de amostras indeformadas.

3.2.2.1. Análises Físicas

Nas análises físicas foram determinados: granulometria, argila dispersa em água, densidade das partículas, densidade do solo, porosidade (total, macro e micro), curva característica de umidade, estabilidade de agregados e limites de Atterberg (consistência). Com base nos dados de argila total e argila dispersa em água foi calculado o grau de floculação. Todas as determinações foram feitas com três repetições e baseadas nas metodologias contidas no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), a saber:

- análise granulométrica - determinada pelo método da pipeta (Gee & Bauder, 1986), com dispersão de 20 g de TFSA com hidróxido de sódio 1 mol.L⁻¹. As areias foram separadas em peneira de malha 0,053 mm de diâmetro e fracionadas segundo a classificação granulométrica do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). O silte e argila foram separados por sedimentação, conforme a Lei de Stokes.
- argila natural - mesma metodologia para a análise granulométrica, suprimindo apenas o dispersante químico.
- grau de floculação - obtido por: $GF = [(argila\ total - argila\ natural)/argila\ total] \times 100$.
- densidade das partículas - determinada pelo método do balão volumétrico, isto é, com base no volume de álcool gasto para completar a capacidade de um balão volumétrico de 50 ml que continha no seu interior 20 g de TFSA (Blake & Hartge, 1986a).
- densidade do solo - determinada com amostras de solo indeformadas, coletadas com amostrador de Uhland e secas a 105 °C até peso constante (Blake & Hartge, 1986b).

- porosidade total - calculada pela fórmula: $\alpha = [1 - (\text{densidade do solo}/\text{densidade de partículas}) \times 100]$ (Danielson & Sutherland, 1986).
- microporosidade - determinada em funil de Haines, mediante a aplicação de tensão de 6 kPa sobre as amostras, até que a água que ocupava os macroporos fosse drenada (Danielson & Sutherland, 1986). Em seguida, as amostras foram pesadas e secas em estufa a 105 °C até peso constante e, por diferença de massa de água, estimou-se o percentual de microporos.
- macroporosidade - calculada por diferença entre a porosidade total e microporosidade.
- curva característica de umidade - os pontos de baixas tensões (0, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa) foram obtidos mediante o uso do funil de Haines. Os demais pontos (33, 50, 100, 500 e 1500 kPa) em extrator de placa porosa de Richards (Klute, 1986). O ajuste da curva foi feito pelo modelo matemático proposto por van Genuchten (1980).
- estabilidade de agregados - adotou-se o método por via úmida para medir a quantidade e distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água, relacionando-os com os que não se desintegram pela tamisação (Kemper & Rosenau, 1986). As amostras foram agitadas em oscilador elétrico vertical, composto por dois conjuntos de peneiras com malhas de 2,0, 1,0, 0,5 e 0,25 mm de abertura. O teor de agregados retidos em cada peneira foi expresso em cinco classes de diâmetro, a saber: 4,00-2,00 mm, 2,00-1,00 mm, 1,00-0,50 mm, 0,50-0,25 mm e < 0,25 mm.
- limites de Atterberg - o limite de liquidez foi determinado pela percentagem de umidade correspondente a 25 pancadas no aparelho de Casagrande. O limite de plasticidade foi determinado pela percentagem de umidade na qual o solo, na forma de bastão, começou a se quebrar. O limite de pegajosidade foi obtido pela percentagem de umidade na qual o solo tornou-se aderente (Sowers, 1965).

3.2.2.2. Análises Químicas

Quanto às análises químicas foram determinados: pH (em água e cloreto de potássio na proporção de 1:2,5), fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, alumínio, hidrogênio, carbono orgânico, condutividade elétrica e índices Ki e Kr (mediante determinação dos óxidos de silício, alumínio e ferro. Foram quantificados ainda os óxidos de fósforo, titânio e manganês). Foram calculadas: matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, saturação por sódio, saturação por alumínio e atividade da fração argila. As análises químicas foram

realizadas mediante metodologia adotada pela EMBRAPA (1997), com três repetições e os resultados expressos pela média aritmética, a saber:

- pH em água e KCl - medido por eletrodo de vidro, em peagômetro marca Digimed DMPH-2, na suspensão solo-água, relação 1:2,5.
- fósforo assimilável - extraído por Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e determinado em fotocolorímetro, marca Perkin-Elmer Coleman 295, na presença de ácido ascórbico.
- Cátions solúveis - o Ca²⁺ + Mg²⁺ foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulação com EDTA 0,0125 mol L⁻¹ na presença de negro de eriocromo T como indicador. O Ca²⁺ foi extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e determinado por titulação também com EDTA 0,0125 mol L⁻¹, tendo murexida como indicador. O Mg²⁺ foi obtido por diferença [Mg²⁺ = (Ca²⁺ + Mg²⁺) - Ca²⁺]. O Na⁺ e K⁺ foram extraídos por Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e determinados em fotômetro de chama, marca Micronal B 462.
- alumínio - extraído por KCl 1 mol.L⁻¹ e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ na presença de azul de bromotimol como indicador.
- hidrogênio – extraído por acetato de cálcio (pH 7,0) e determinado com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹ em presença de fenolftaleína como indicador.
- carbono orgânico - oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em presença de H₂SO₄ e titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.
- matéria orgânica - calculada multiplicando o teor de carbono orgânico pelo fator 1,724.
- condutividade elétrica - determinada em condutivímetro marca Micronal B 330, na relação solo-água 1:5, conforme Castro (1992).
- índices Ki e Kr - determinados pela quantificação dos elementos SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ com ataque por H₂SO₄ (d = 1,84). O silício e alumínio do extrato sulfúrico foram quantificados em fotocolorímetro microprocessado, marca Analyser 500M, conforme metodologia proposta por Korndörfer et al. (1999) e EMBRAPA (1999a), respectivamente. O ferro foi quantificado em espectrofotômetro de absorção atômica, marca Intralab AA-1475.
- óxidos de fósforo, titânio e manganês - extraídos pelo ataque por H₂SO₄ (d = 1,84). Os óxidos de fósforo e de titânio foram quantificados em fotocolorímetro

microprocessado, marca Analyser 500M. Os óxidos de manganês foram quantificados em espectrofotômetro de absorção atômica, marca Intralab AA-1475.

3.2.2.3. Análises Mineralógicas

As análises mineralógicas compreenderam a identificação dos minerais presentes nas frações areia, silte e argila. O preparo e pré-tratamento das amostras baseou-se na metodologia contida em Fontes (2002). Para eliminar a matéria orgânica, manganês e sais solúveis foram tomadas, em cada horizonte, amostras de TFSA suficientes para dar aproximadamente 10 g de argila. As amostras foram fracionadas em subamostras de 10 g de TFSA, às quais, por duas vezes consecutivas, foi adicionada uma solução de acetato de sódio 1 mol L⁻¹ (tamponada a pH 5,0), aquecidas em banho-maria a 75-80 °C por 15 minutos, centrifugadas a 3000 rpm por 5 minutos com descarte do sobrenadante.

Após este procedimento, adicionou-se 10 ml de água destilada em cada amostra, ajustando o pH entre 9-10 com NaOH 1 mol L⁻¹. Procedeu-se a centrifugação por 5 minutos, a 3000 rpm, descartando-se o sobrenadante. Em seguida, por três vezes consecutivas, adicionou-se 25 ml de hipoclorito de sódio 10% (pH 9,5) com aquecimento em banho-maria a 75-80 °C por 15 minutos, centrifugação a 3000 rpm por 5 minutos e descarte do sobrenadante.

Em seguida foram adicionados 25 ml de NaCl 1 mol L⁻¹ para centrifugação a 3000 rpm e descarte do sobrenadante. Este procedimento foi repetido por mais uma vez ou até que o líquido a ser descartado estivesse límpido. Após o descarte adicionou-se em cada amostra 15 ml de metanol e centrifugou-se também a 3000 rpm por 5 minutos. Após a centrifugação recolheu-se o sobrenadante em um bécker limpo e observou-se se o sobrenadante estava claro. Caso contrário, com argila em suspensão, a solução era vertida ao tubo de centrífuga para nova centrifugação, observação e descarte. Assim, a amostra estava com a matéria orgânica removida, saturada com sódio e pronta para dispersão e fracionamento.

Após a remoção da matéria orgânica, manganês e sais solúveis, as amostras foram transferidas para recipientes de vidro utilizando-se aproximadamente 20 ml de água/vidro a pH 10. Em seguida as amostras foram agitadas em agitador horizontal, na maior rotação, por um período de 30 minutos. Após este procedimento fez-se a separação do silte + argila das frações mais grosseiras, utilizando-se uma peneira de

malha com abertura de 0,053 mm. A suspensão contendo silte + argila foi coletada em baldes plásticos, com capacidade para 8 litros, até a altura de 10 cm do fundo. Por sedimentação, baseada na Lei de Stokes, fez-se a separação dos materiais considerando-se um tempo de repouso correspondente a 42 minutos para cada centímetro de suspensão. Cada fração foi posta para secar em estufa em temperatura variando de 40-45 °C.

Em parte da fração argila fez-se a remoção dos óxidos de ferro amorfos e cristalinos com oxalato de amônio e citrato-ditionito de sódio, respectivamente. Para o ferro amorfo pesou-se 0,3 g de argila de cada amostra e transferiu-se para recipientes de vidro recobertos com papel alumínio, uma vez que a reação deve se processar no escuro. Foram adicionados 10 ml da solução “reagente de Tamm” (oxalato de amônio 0,2 mol L⁻¹ + ácido oxálico 0,2 mol L⁻¹ a pH 3,0). Os recipientes foram agitados horizontalmente por um período de 2 horas. Em seguida foram centrifugados a 2000 rpm por 10 minutos, com cada extrato transferido para balão volumétrico de 100 ml. Os balões foram completados com água destilada até a capacidade volumétrica. As determinações de ferro amorfo foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica, marca Intralab AA-1475.

Para a remoção dos óxidos de ferro cristalinos pesou-se 0,4 g de argila de cada amostra, transferiu-se para tubos de centrífuga e adicionou-se 10 ml da solução de citrato de sódio 0,2 mol L⁻¹ e 500 mg de ditionito de sódio em pó. Os tubos foram levados para banho-maria a 50 °C por 30 minutos e submetidos a agitações frequentes com bastão de vidro. Em seguida os tubos foram levados para centrifugação a 2000 rpm por 10 minutos. As extrações foram repetidas por mais duas vezes, sendo os extratos transferidos para balão volumétrico de 50 ml. Entre cada extração as argilas eram lavadas com pequena quantidade (5 ml) de solução de citrato de sódio 0,5 mol L⁻¹ com descarte do sobrenadante. Ao final das extrações o balão volumétrico foi completado com água destilada até a capacidade volumétrica. As determinações de ferro cristalino foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica, marca Intralab AA-1475.

Às argilas desferrificadas foram adicionados, duas vezes consecutivas, 15 ml de MgCl₂ 0,5 mol L⁻¹, com centrifugação e descarte do líquido sobrenadante. Em seguida as amostras foram lavadas com álcool etílico a 60% estando, portanto, prontas para as análises de mineralogia.

Após a remoção dos óxidos de ferro cristalinos alíquotas das amostras foram saturadas com MgCl₂ 1 mol L⁻¹, irradiadas em difratômetro de raios-X e, em seguida,

saturadas com etileno-glicol para nova irradiação. Outras alíquotas foram saturadas com KCl 1 mol L⁻¹ e tratadas em temperaturas de 25, 350 e 550 °C, também com irradiação entre a aplicação de cada tratamento. Os cloretos, em ambas as saturações, foram eliminados pelas lavagens com álcool etílico e água destilada, também sob centrifugação. O teste para detectar a remoção completa dos cloretos foi feito com AgNO₃ a 1%. Os diluídos de argila foram orientados preferencialmente em lâminas de vidro microscópicas, com secagem em temperatura ambiente, conforme recomendação de Mendes (1972).

O aparelho usado para irradiação das amostras foi um difratômetro Philips PW 3730 BASED, controlado por computador, com goniômetro vertical e radiação de cobre (CuK α = 0,154186 nm), operado nas seguintes condições: tensão de 40 kV e corrente de 25 mA; uso de monocromador para eliminação da radiação K β ; faixa de varredura de 3° a 65° (2 θ); passo de 0,02° (2 θ), com tempo de acumulação de 1s por passo.

As frações areia, silte e argila (argila natural, sem remoção dos óxidos de ferro) não orientadas foram irradiadas, na forma de pó, em suporte de alumínio, nas mesmas condições descritas para as argilas saturadas com potássio e magnésio. A irradiação da fração areia foi realizada em partículas com diâmetro entre 0,10-0,05 mm, correspondente à areia muito fina na classificação granulométrica do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

A identificação dos minerais foi feita baseada nos espaçamentos basais de cada mineral, expressos nos difratogramas, conforme Brindley (1955) e Jackson (1969). A avaliação semiquantitativa dos minerais identificados na fração argila foi feita com base na intensidade dos picos característicos de cada mineral, mediante cálculos de suas áreas (Jonhs et al., 1954).

Quanto aos estudos complementares de amostras indeformadas, foram tomadas amostras dos horizontes Ap e Bt1 (perfil 1) e Ap1 e Bw (perfil 2), as quais foram recobertas com carbono e submetidas ao exame em microscópio eletrônico de varredura, marca JEOL, modelo JSM – 5600LV, acoplado a uma microsonda NORAN 692A – 1SPS TDS Voyager, para realização de microanálise química com raios-X por espectrometria de energia dispersiva (EDS).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atributos Físicos

Os dados referentes aos principais atributos físicos dos solos estudados encontram-se na tabela 01. Com relação à granulometria observa-se que o perfil 1 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico - CXve) apresenta distribuição vertical das frações granulométricas sem grandes variações, conferindo uma classe textural do tipo franco-argiloarenosa para todos os horizontes. O perfil 2 (Latosolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe) apresenta uma distinção bem nítida entre as composições granulométricas dos dois horizontes superficiais e dos dois subjacentes, resultando na definição das classes texturais franco-arenosa e franco-argiloarenosa para os dois horizontes mais superficiais e os dois mais profundos, respectivamente. Quanto ao perfil 3 (Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd), os conteúdos de areia, em relação aos de silte e argila, são bastante elevados em todos os horizontes, definindo as classes texturais areia, areia franca e franco-arenosa no sentido superfície-profundidade.

A areia do perfil 1 (CXve) é constituída na sua essência por frações muito grossas, evidenciando que, em um tempo geológico relativamente curto, as ações do intemperismo foram insuficientes para promover uma desagregação mais acentuada sobre a referida fração. Por outro lado, as areias dos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) estão constituídas predominantemente por frações classificadas como grossas, médias e finas, indicando, nestes casos, um processo de intemperismo bem mais acentuado em relação ao perfil 1 (CXve).

Em relação à fração silte, o perfil 1 (CXve), em contraste com os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd), apresenta valores bem mais elevados, corroborando a hipótese de que os dois últimos sofreram um processo de intemperização bem mais intenso que o primeiro. Como os solos dos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) têm como material de origem os sedimentos do Grupo Barreiras, é comum serem encontrados baixos teores de silte na composição granulométrica (Duarte et al., 2000; Romero, 2003).

Quanto à argila, a ausência de gradiente textural expressivo para o perfil 1 (CXve) é explicada pela própria fase de intemperização a que este solo está submetido, uma vez que é um solo bastante jovem, com um horizonte B ainda em formação (incipiente), portanto, os fatores e processos de formação não atuaram de modo a provocar mudanças perceptíveis no tocante à diferenciação textural em profundidade. Por outro lado, os gradientes texturais já bem expressivos nos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd), caracterizados pelo acúmulo de argila em profundidade são, segundo Romero (2003), decorrentes dos processos isolados ou combinados de eluviação/iluviação, formação de argila "*in situ*", erosão diferenciada e intemperização intensa com destruição dos filossilicatos das camadas superficiais.

No que se refere à argila dispersa em água, de todos os perfis e horizontes estudados, apenas os horizontes superficiais dos perfis 1 (CXve) e 2 (LVAe) apresentaram valores relativamente elevados, refletindo em um grau de floculação de apenas 55 e 56%, respectivamente. Pela teoria do ponto isoelétrico, em que as cargas elétricas do sistema estariam em equilíbrio e, portanto, a floculação seria máxima, são esperados resultados que expressem um determinado nível de dispersão dos colóides, uma vez que, conforme será visto adiante, no balanço de cargas para todos os horizontes dos perfis há sempre um saldo de cargas negativas implicando na dispersão das argilas (Rando, 1981, Corrêa et al., 2003).

Pedrotti et al. (2003), estudando alguns atributos físicos do solo, associaram o surgimento de cargas elétricas negativas no solo à matéria orgânica, encontrando correlação negativa significativa, ou seja, que aumentos na quantidade de matéria orgânica favoreciam a dispersão da fração argila. Entretanto, para os resultados obtidos para os horizontes superficiais dos perfis supracitados, há uma hipótese complementar para uma melhor compreensão dos resultados. Notadamente, os perfis 1 (CXve) e 2 (LVAe) são muito mais trabalhados que o perfil 3 (PVd) no aspecto do uso de máquinas e implementos agrícolas (arados, grades etc.). Logo, a ruptura dos agregados com

redução à forma de grãos individualizados, aliada às questões das cargas elétricas, é também um dos fatores que predispõe a dispersão dos colóides.

Pela relação silte/argila, indicativa do estado de evolução dos solos (EMBRAPA, 1999; Mota et al., 2002), observou-se que a hipótese de que o perfil 1 (CXve) é menos evoluído que os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) foi corroborada, uma vez que os valores da relação para o primeiro perfil foram bem superiores aos valores dos dois últimos.

Em se tratando da densidade do solo observou-se, em todos os perfis, que os valores encontram-se bem acima dos limites médios normalmente estabelecidos para as distintas classes texturais de solos, notadamente nas camadas mais superficiais do solo, inclusive, dificultando visualmente a germinação de sementes e penetração do sistema radicular em profundidade, principalmente no perfil 2 (LVAe).

Estes resultados são devidos, provavelmente, ao elevado grau de dispersão de argila nestes horizontes, provocado pelo uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas, o que favorece um rearranjo desses minerais, que se deslocam a curta distância e preenchem os espaços vazios do solo aumentando a densidade, ocasionando o fenômeno conhecido por compactação. Por outro lado, os elevados valores de densidade do solo encontrados em subsuperfície são resultantes de processos de migração de argila, e até silte, dos horizontes superficiais mas, principalmente, por neoformação de argila "*in situ*", evidenciando um fenômeno conhecido na literatura por adensamento (Moniz, 1996).

Independentemente do processo que deu origem ao aumento da densidade do solo, Alencar (2000) constatou, em coletas de solo e descrições no campo, que em áreas cultivadas com melão na Chapada do Apodi, que apresentavam problemas com densidades do solo elevadas, as raízes eram poucas e finas nos horizontes superficiais e poucas ou raras nos subsuperficiais, o que resultava sempre em perdas na produtividade da cultura.

Quanto aos valores de densidade de partículas, verificou-se que todos os horizontes dos perfis estão abaixo do valor universal geralmente usado, $2,65 \text{ g/cm}^3$ (considerando que na maioria dos solos o quartzo predomina em relação aos outros minerais), indicando a existência de partículas menos densas que o quartzo que influenciam o valor médio para abaixo do valor médio universal.

Os dados referentes à porosidade total indicam que o perfil 1 (CXve) apresenta valores geralmente aceitos para solos cuja textura é semelhante a que este perfil

apresenta, já que é comum para solos de textura média a argilosa valores da ordem de 40 a 60% (Kiehl, 1979). Para os perfis 2 (LV Ae) e 3 (PV d) os valores encontram-se abaixo dos limites geralmente estabelecidos para classes texturais semelhantes, isto é, de 35 a 50%.

Uma avaliação vertical sobre o comportamento da porosidade total revela que, principalmente nos perfis 1 e 2, a mesma aumenta com a profundidade contrariando informações contidas na literatura (Assis Júnior, 1999). É que na superfície do solo espera-se um maior conteúdo de matéria orgânica contribuindo para o aumento da porosidade total. Como as condições naturais da região não são favoráveis ao acúmulo de matéria orgânica na superfície, e os agricultores não têm a tradição de adotar sistemas de manejo que visem o aporte de material orgânico ao sistema e, ainda, há o uso indiscriminado de maquinaria pesada sobre o solo, os processos induzem ao empacotamento das partículas com reflexos diretos na redução da porosidade total, notadamente na macroporosidade.

A distribuição da porosidade total em macro e microporosidade, tornando mais ampla a visão sobre o comportamento dos três perfis em relação aos processos de condução e armazenamento de água e difusão de gases, evidenciou que o perfil 1 (CX ve) apresenta um desbalanço entre as proporções, com sérias limitações à penetração e circulação de água e ar nas camadas superiores, correspondentes ao sistema radicular efetivo da cultura do meloeiro e, por outro lado, com boas condições de armazenamento de água. Quanto ao perfil 2 (LV Ae), apesar de os valores de porosidade total serem baixos, há uma distribuição proporcional relativamente boa entre as duas classes de poros. Para o perfil 3 (PV d) constatou-se exatamente o inverso do perfil 1, ou seja, aumento na proporção de macroporos em detrimento da microporosidade, dificultando de sobremaneira o suprimento de água às culturas, especialmente na camada superficial.

Considerando que as raízes da maioria das culturas podem se desenvolver com macroporosidade acima de 10% (Kiehl, 1979; Klein & Libardi, 2002), e que o conteúdo de água armazenada deve ser maior que o de ar, o solo ideal seria aquele que apresentasse uma proporção de macro:microporos da ordem de 1:2, garantindo assim suficiente aeração, permeabilidade e armazenamento de água.

Em termos de consistência, definida pelos limites de liquidez, plasticidade e pegajosidade, é imprescindível o conhecimento sobre as implicações de ordem prática quando não são definidas faixas ótimas de umidade em que os solos devem ser

trabalhados, sem que suas estruturas sejam modificadas a ponto de prejudicar o desenvolvimento das culturas. É que no emprego de máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo, tratos culturais, colheitas etc., ocorrem interações entre as máquinas-implementos com o solo caracterizadas pela aplicação de forças e reação resultante. Posto isto, a definição de um ponto ótimo de umidade para a distribuição destas forças no solo é de grande importância para minimizar o impacto das máquinas e veículos sobre as mais distintas propriedades dinâmicas do solo e crescimento das culturas. Além disso, as operações em faixas ótimas de umidade do solo requerem potência mínima por parte dos motores agrícolas aumentando, portanto, a vida útil dos mesmos.

Desse modo, para trabalhar com compressão e compactação mínimas, é necessário que os solos sejam trabalhados com maquinaria e implementos somente em umidade abaixo do limite de plasticidade, no estado friável (Kiehl, 1979; Rando, 1981). O perfil 1 (CXve), por apresentar conteúdo de argila relativamente significativo em todos os horizontes, evidencia as três formas de consistência bastante nítidas, ou seja, a faixa de plasticidade, definida pelos limites de liquidez e plasticidade, é bastante ampla. Já os horizontes superficiais dos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd), por não exibirem plasticidade e pegajosidade, atingem a friabilidade com conteúdos relativamente baixos de água. Apresentam a vantagem de poderem ser trabalhados mecanicamente em uma ampla faixa de umidade, exceto nos estados de fluidez e tenacidade.

Seguindo a classificação da plasticidade com base no índice de plasticidade (Caputo, 1973), os dois horizontes superficiais do perfil 1 (CXve) seriam considerados como medianamente plásticos e os três mais profundos como fracamente plásticos. Quanto aos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd), os dois horizontes superficiais não apresentam plasticidade enquanto que os dois mais profundos são fracamente plásticos.

Tabela 01 - Atributos físicos dos perfis estudados

Hor	Prof	Areia ⁽¹⁾			Argila	Grau de Floc.	Relação Silte/Arg.	Densidade		Porosidade		Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Limite de Pegajosidade						
		MG	G	M				F	MF	Total	Part. Solo				Macro	Micro	Total			
cm																				
		g kg ⁻¹		%		g cm ⁻³		%		g 100g ⁻¹										
P1: Cambissolo Háplico Ta eutroférrico típico - CXXe																				
Ap	0-10	243	87	58	94	47	529	242	229	102	55	1,06	1,46	2,46	8	32	40	23	13	25
BA	10-32	200	76	55	98	46	475	226	299	57	81	0,76	1,46	2,47	8	32	40	25	16	29
Bi1	32-48	205	79	56	94	41	475	216	309	36	88	0,70	1,36	2,47	14	31	45	24	17	31
Bi2	48-115	208	74	54	90	33	459	237	304	31	90	0,78	1,31	2,49	15	33	48	24	19	31
BC	115-163+	283	68	56	119	63	589	212	199	25	87	1,06	**	2,47	**	**	**	24	19	29
P2: Latossolo Vermelho-Amarelo eutroférrico argissólico - LVXae																				
Ap1	0-28	70	200	272	205	42	789	60	151	66	56	0,40	1,72	2,41	12	17	29	12	np ⁽²⁾	np ⁽²⁾
Ap2	28-63	64	204	302	227	34	831	23	146	39	73	0,16	1,65	2,46	13	20	33	12	np ⁽²⁾	np ⁽²⁾
BA	63-180	74	195	224	193	46	732	56	212	6	97	0,26	1,48	2,43	13	26	39	16	14	20
Bw	180-200+	53	164	211	178	45	651	98	251	3	99	0,39	1,69	2,42	8	22	30	19	15	24
P3: Argissolo Vermelho distroférrico arenico - EXAd																				
Ap	0-19	67	274	372	212	22	947	10	43	8	78	0,23	1,76	2,45	20	8	28	12	np ⁽²⁾	np ⁽²⁾
BA	19-85	52	220	299	225	42	838	19	143	31	78	0,13	1,65	2,45	18	15	33	13	np ⁽²⁾	np ⁽²⁾
Bi1	85-166	63	178	259	225	54	779	38	183	15	92	0,21	1,64	2,42	15	17	32	13	12	21
Bi2	166-210+	64	200	276	223	47	810	26	164	38	77	0,16	1,73	2,45	8	22	30	13	12	20

⁽¹⁾ Areia MG: muito grossa; G: grossa; M: média; F: fina; MF: muito fina. ⁽²⁾ Classe Textural: fr-argar: franco-argiloarenosa; fr-ar: franco-arenosa; ar: arenosa; ar-fo: areia franca. ⁽³⁾ não plástico; ⁽⁴⁾ não pegajoso;

** não determinado.

Na tabela 02 estão contidos os dados relativos à estabilidade de agregados em água para as distintas classes de diâmetros estudadas.

Verificou-se que no perfil 1 (CXve) a maior concentração de agregados estáveis ocorreu na classe de diâmetro com limites 4,76-2,00 mm. Em se tratando de uma avaliação no sentido vertical constatou-se, com exceção dos horizontes Bi1 e Bi2, que a estabilidade aumentou com a profundidade, fato confirmado pelos valores dos diâmetros médios ponderados. Do ponto de vista edáfico é primordial que os agregados do solo sejam estáveis nas maiores classes de diâmetro, garantindo, assim, boa difusão de gases e condução de água no solo e, por outro lado, maior resistência à erosão.

O fato de a estabilidade aumentar com a profundidade é perfeitamente coerente, pelas seguintes razões: a quantidade de matéria orgânica, eficiente agente cimentante (Paladini & Mielniczuk, 1991; Assis Júnior, 1999), é baixa; em que pese os horizontes apresentarem a mesma classe textural, os teores de areia são bem mais elevados em superfície provocando efeitos, segundo Reichert et al. (1993), negativos na gênese e estabilização dos agregados; por último, o uso de implementos (arado e grade, por exemplo) tende a destruir os agregados na camada agricultável do solo.

Quanto ao perfil 2 (LVAe), identificou-se que na camada superficial há uma concentração muito elevada de agregados pequenos, resultantes, presume-se, já que não há nenhuma característica especial que o diferencie dos outros horizontes, da ação antrópica através do uso indiscriminado de implementos agrícolas (Palmeira et al., 1999). Saliente-se que o uso de implementos agrícolas nas operações nem sempre se traduz em destruição de características desejáveis ao solo. O problema é que, na maioria das vezes, as operações são realizadas sem a preocupação de atender aos limites ótimos de umidade estabelecidos para tal, discutidos anteriormente. Em profundidade, os resultados encontrados indicaram uma concentração bastante razoável de agregados na classe de maior diâmetro estudada, confirmando o raciocínio desenvolvido acima.

O perfil 3 (PVD), bem menos trabalhado que os outros dois perfis, apresentou em superfície um percentual bastante considerável de agregados estáveis em classes de tamanhos maiores. Por outro lado, em profundidade, diferentemente dos outros perfis estudados, não foi possível sequer obter agregados secos ao ar com diâmetro maior que 4,76 mm, isto é, há a formação de agregados grandes mas os mesmos esboroam com tanta facilidade que não resistem sequer ao transporte e manuseio, fato que pode ser explicado pela teoria clássica da gênese de agregados. Segundo a teoria, inclusive esboçada no referencial teórico, os agregados se formam somente com partículas de

elevada CTC e grande área superficial, e a resistência dos mesmos depende da natureza dos cátions trocáveis. Pelo exposto fica evidente o porquê de não se obter agregados de maior tamanho, dados os baixos conteúdos de argila (conseqüentemente, baixa área superficial das partículas) e capacidade de troca catiônica (Tabela 04) verificados nos dois últimos horizontes do perfil ora analisado.

Em linhas gerais, não são conhecidos números absolutos para interpretação de propriedades físicas do solo com base nos resultados da análise de agregados. De acordo com Kiehl (1979), agregados com diâmetro médio ponderado acima de 0,5 mm são considerados relativamente resistentes ao esboroamento e dispersão e, dependendo do manejo, bons condutores de água e ar. Posto isto, todos os perfis estudados, seguindo o critério do autor supracitado e resguardadas as peculiaridades e os comentários feitos para cada um, apresentam bons índices de agregação.

Uma breve visualização dos dados de diâmetro médio ponderado permite uma inferência importante: que a forma de uso da camada arável do solo, no atual sistema de manejo convencional, está provocando uma redução no tamanho dos agregados estáveis em água, uma vez que em superfície os agregados são menores que em profundidade, exceto no perfil 3 por razões expostas anteriormente.

Tabela 02 - Estabilidade de agregados em água dos perfis estudados

Horizonte	Profundidade cm	Classes de agregados (Ø em mm)					DMP ¹ mm
		4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	< 0,25	
P1: Cambissolo Háptico Ta eutrófico típico - CXve							
Ap	0-10	476,3	193,0	114,5	61,6	154,7	2,0
BA	10-32	624,8	214,7	64,6	35,9	60,1	2,5
Bi1	32-48	394,3	246,7	125,3	66,7	166,9	1,8
Bi2	48-115	502,7	226,1	86,1	47,8	137,3	2,1
BC	115-163+	757,9	107,1	30,9	22,1	81,9	2,8
P2: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe							
Ap1	0-28	124,2	229,8	195,5	113,0	337,5	1,0
Ap2	28-63	347,4	165,5	112,2	73,3	301,6	1,6
BA	63-180	435,0	220,1	80,9	45,6	218,4	1,9
Bw	180-200+	599,9	172,7	69,0	27,8	130,7	2,4
P3: Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd							
Ap	0-19	417,7	245,4	64,3	43,1	229,4	1,9
BA	19-85	783,7	104,8	20,9	19,7	70,8	2,8
Bt1	85-166	*	660,0	187,3	25,9	126,8	1,2
Bt2	166-210+	*	654,2	162,5	35,7	147,6	1,1

¹ Diâmetro médio ponderado.

* passada em peneiras com malha a partir de 2,00 mm.

Quanto à retenção de água em distintos potenciais mátricos, tabela 03, constatou-se que em todos os perfis há uma estreita relação entre os conteúdos de água adsorvida e os teores de argila (Tabela 01), isto é, à medida que aumentam os teores de argila aumenta também a quantidade de água retida à micela. Contrastando os três perfis entre si, verifica-se que o perfil 1 (CXve) apresenta um conteúdo de água, em qualquer que seja o potencial mátrico, muito superior aos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) o que sugere um manejo de irrigação totalmente diferente daquele em relação aos dois últimos.

O perfil 2 (LVAe) apresenta uma retenção de água relativamente baixa requerendo, portanto, cuidados especiais para o suprimento de água às plantas. Quanto ao perfil 3 (PVd) há uma situação mais adversa, já que os conteúdos de água retidos são extremamente baixos. É que, pelos dados coletados, esse solo requer um suprimento de água praticamente contínuo, implicando que sejam disponibilizados água em grande quantidade e sistema de irrigação altamente eficiente. Uma das maneiras de melhorar a retenção de água por este solo é a incorporação de resíduos orgânicos, muito embora os efeitos só possam ser sentidos a longo prazo (Negreiros, 2001), e o uso de cobertura morta como uma forma de reduzir as perdas de água para a atmosfera (Reichardt, 1990).

Tabela 03 - Conteúdo volumétrico de água dos perfis estudados em distintos potenciais mátricos

Horizonte	Profundidade cm	Potencial Mátrico (kPa)										
		0	2	4	6	8	10	33	50	100	500	1500
----- m ³ m ⁻³ -----												
P1: Cambissolo Háptico Ta eutrófico típico - CXve												
Ap	0-10	0,400	0,374	0,343	0,317	0,302	0,289	0,220	0,215	0,208	0,196	0,120
BA	10-32	0,400	0,374	0,343	0,317	0,302	0,289	0,215	0,212	0,206	0,204	0,129
Bi1	32-48	0,450	0,376	0,354	0,310	0,291	0,276	0,208	0,205	0,201	0,192	0,128
Bi2	48-115	0,480	0,400	0,366	0,331	0,301	0,291	0,197	0,194	0,192	0,178	0,124
P2: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe												
Ap1	0-28	0,290	0,263	0,207	0,165	0,141	0,128	0,113	0,107	0,102	0,095	0,050
Ap2	28-63	0,330	0,297	0,241	0,204	0,186	0,175	0,089	0,082	0,079	0,075	0,042
BA	63-180	0,390	0,371	0,308	0,257	0,224	0,193	0,107	0,104	0,099	0,091	0,058
Bw	180-200+	0,300	0,287	0,261	0,218	0,189	0,172	0,153	0,146	0,137	0,128	0,073
P3: Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd												
Ap	0-19	0,280	0,259	0,144	0,085	0,071	0,063	0,033	0,030	0,029	0,026	0,015
BA	19-85	0,330	0,278	0,186	0,147	0,129	0,121	0,073	0,068	0,063	0,062	0,035
Bt1	85-166	0,320	0,301	0,218	0,171	0,140	0,126	0,084	0,081	0,079	0,078	0,042
Bt2	166-210+	0,300	0,285	0,252	0,217	0,198	0,182	0,088	0,083	0,079	0,076	0,043

As curvas de retenção de água, figuras 04, 05 e 06, que são apenas uma outra forma de representação dos dados da tabela 03, permitem uma melhor visualização de como se comportam as curvas de retenção de água de cada horizonte, umas em relação às outras, dentro de cada perfil. Outra vantagem que as curvas de umidade oferecem é a possibilidade do dimensionamento da área que está sob cada curva que corresponde à água contida no solo.

No perfil 1 (CXve) pode se observar que as curvas em todos os horizontes são muito semelhantes e praticamente se sobrepõem, confirmando o que fora discutido sobre os dados da tabela 01, ou seja, que este solo é bastante uniforme em relação à distribuição das frações granulométricas, tanto é que foi classificado como franco-argiloarenoso em todos os horizontes. Saliente-se que não é regra geral horizontes de mesma classe textural apresentarem curvas semelhantes, pois existem outros aspectos que interferem no comportamento das curvas. Como a granulometria se correlaciona muito bem com a retenção de água (Buckman & Brady, 1989; Thurler, 1989) fica evidente o porquê de as curvas terem praticamente o mesmo comportamento.

As curvas que representam o perfil 2 (LVAe) apresentam uma distinção mais nítida entre si, inclusive não só no conteúdo de água que representam mas no formato delineado, evidenciando não haver uma retenção de água tão uniforme para uma mesma tensão quanto se observou para o perfil anterior. Em que pese a classificação textural para os horizontes Ap1 e Ap2 ter sido franco-arenosa, e para os horizontes BA e Bw ter sido franco-argiloarenosa, fica claro que em uma mesma classe textural, solos ou camadas de solo podem reter água com maior ou menor intensidade em uma mesma tensão, dependendo da quantidade e do tipo de argilas dominantes. O fato de solos de mesma classe textural reterem diferentes conteúdos de água em uma mesma tensão deve-se, em parte, à ampla variação nos conteúdos das frações granulométricas que uma classe pode abranger e também às variações na densidade do solo (Kiehl, 1979; Reichardt, 1990).

Para o perfil 3 (PVD) a curva do horizonte Ap é a que mais se distancia das outras em termos de retenção de água para uma mesma tensão. Inclusive, como se pode constatar, a área que está sob a referida curva é bem menor em comparação às outras três do mesmo perfil. É importante notar também que este solo, em todos os horizontes, só consegue reter uma quantidade de água considerável em potenciais muito baixos.

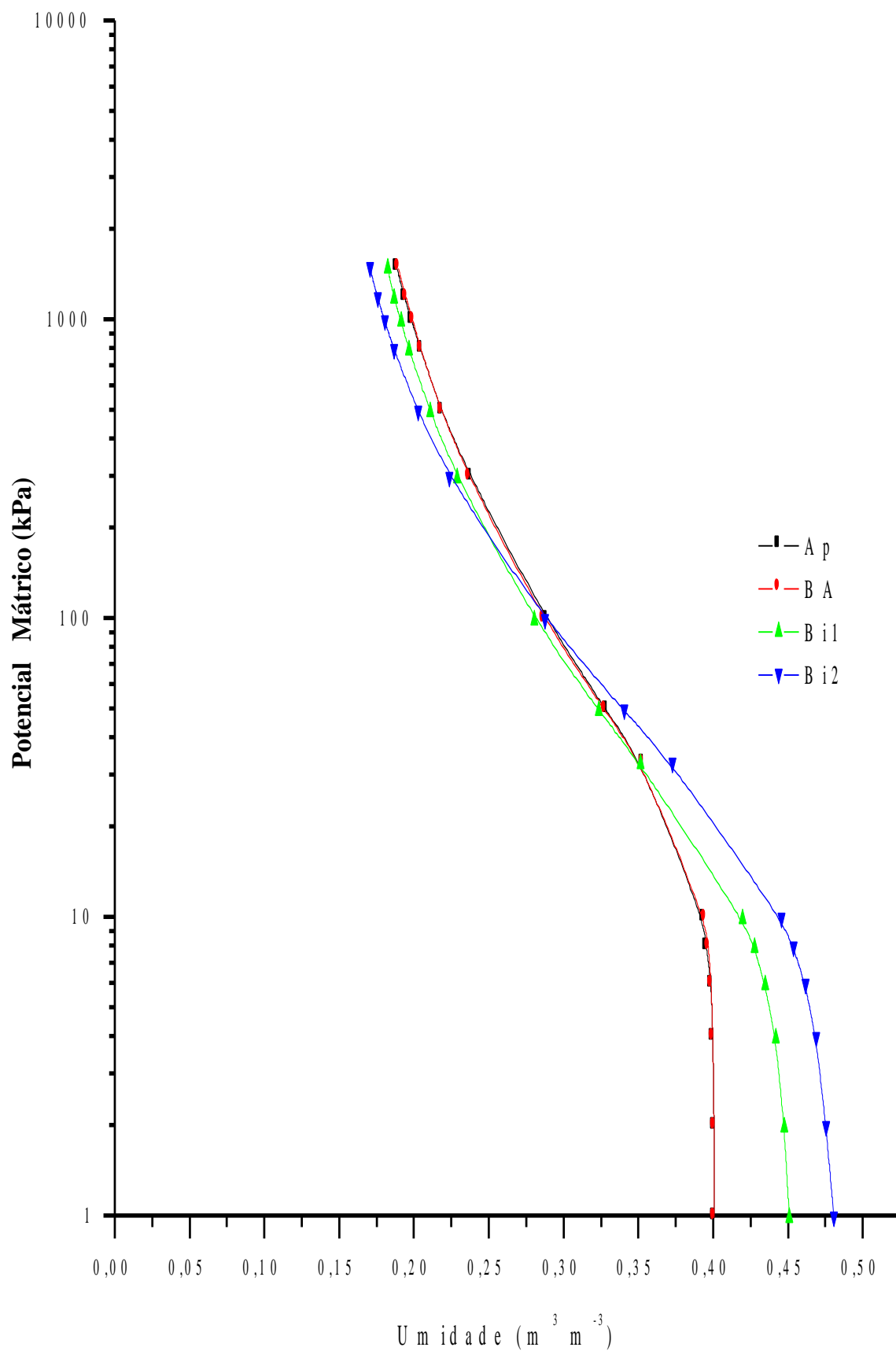


Figura 04 - Curvas de retenção de água do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico.

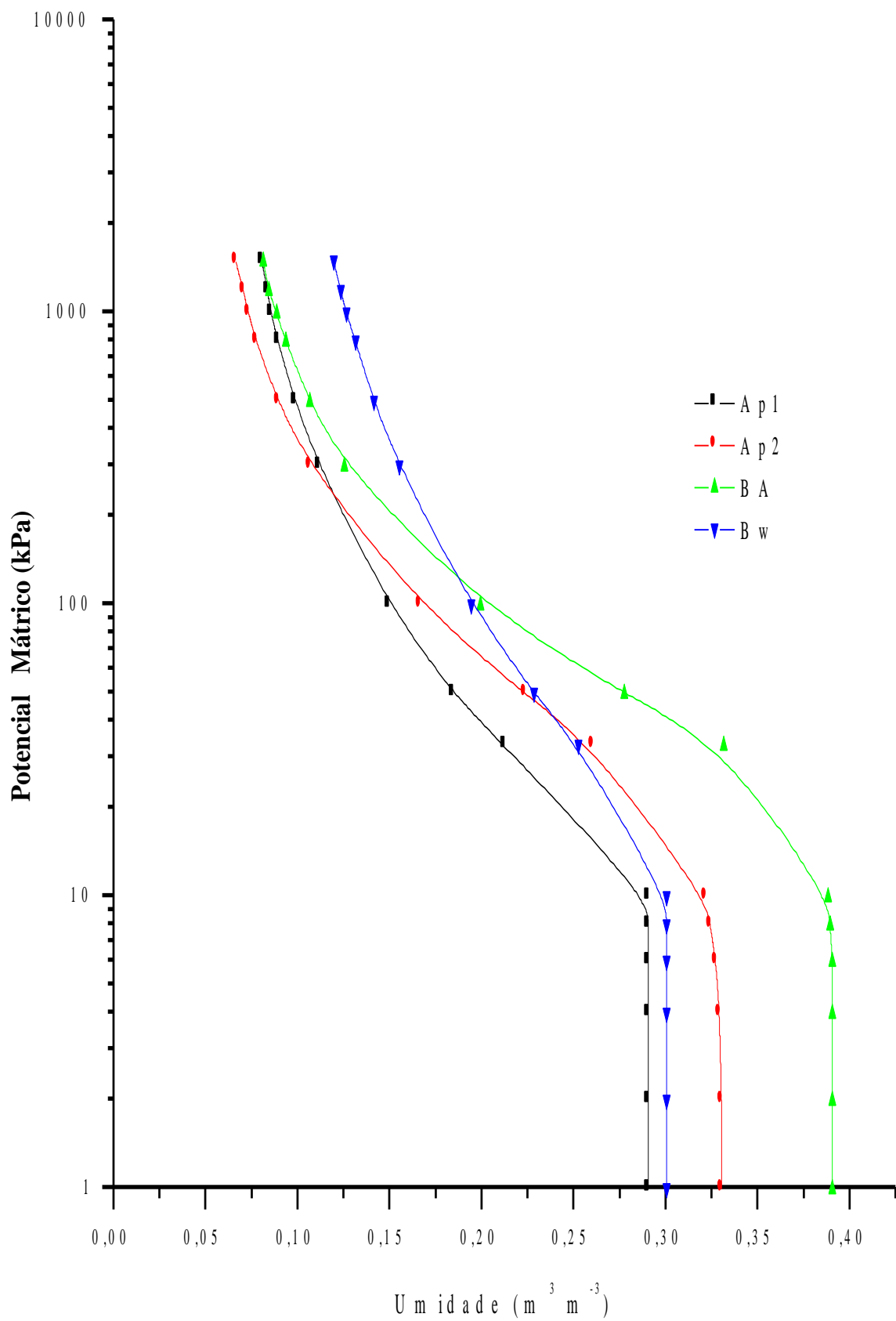


Figura 05 - Curvas de retenção de água do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico.

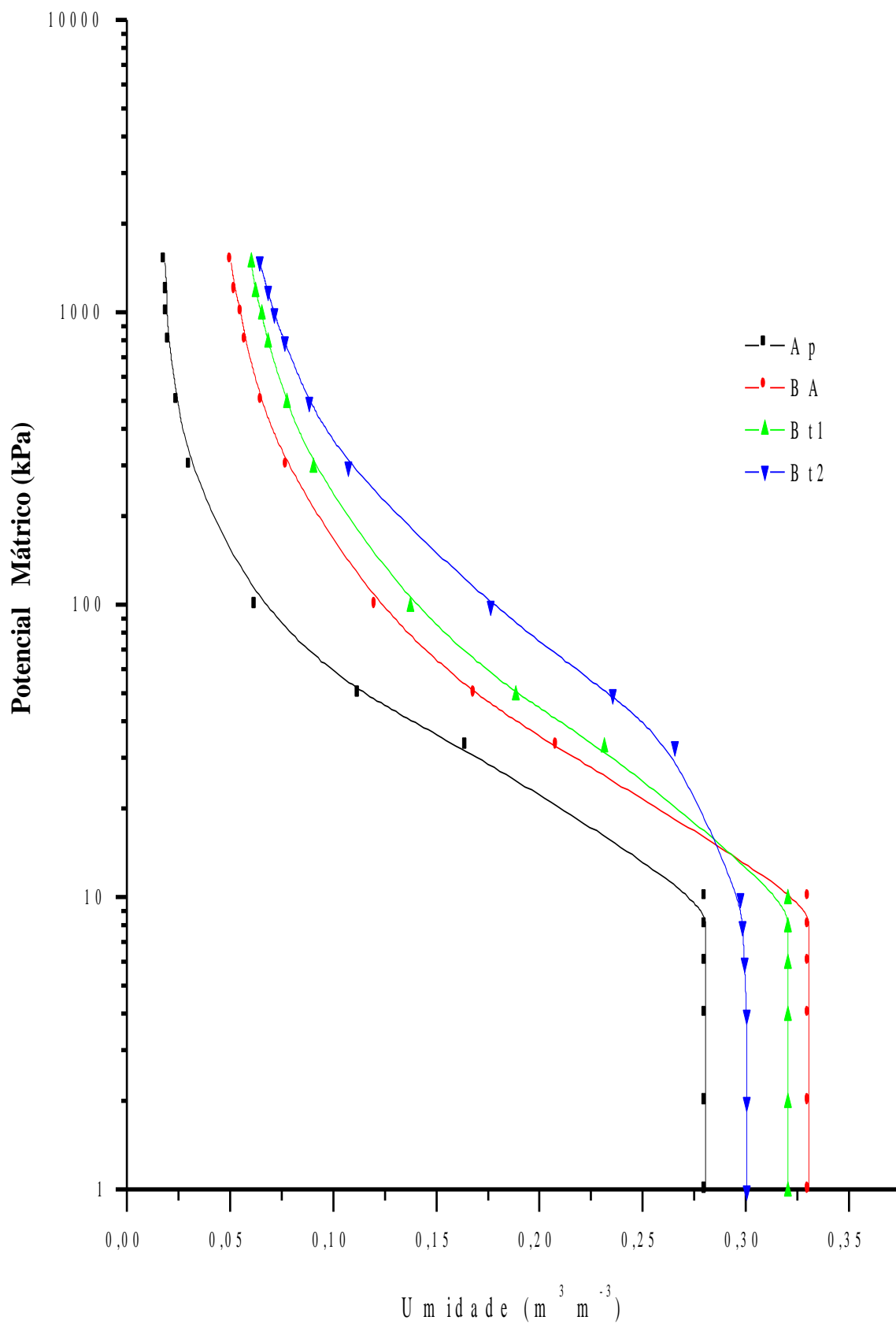


Figura 06 - Curvas de retenção de água do Argissolo Vermelho distrófico arênico.

4.2. Atributos Químicos

Os dados da tabela 04 referem-se aos principais atributos químicos dos três perfis estudados e refletem feições bastante diferentes, notadamente no contraste do perfil 1 (CXve) com os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd).

Com relação aos valores de pH em água verificou-se que o perfil 1 (CXve) apresenta alcalinidade moderada a neutra na superfície e tendência à acidez moderada nos horizontes mais profundos. É que em superfície, como se pode observar na mesma tabela, há maior conteúdo dos íons cálcio e magnésio, reconhecidamente de caráter alcalino, que terminam por influenciar em valores mais elevados de pH. Os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) apresentam forte acidez em todos os horizontes estudados, exceto o horizonte superficial do perfil 2, que apresenta neutralidade em função da correção da acidez para o cultivo do mesmo. Quanto aos valores de pH em KCl todos os horizontes dos perfis estudados apresentam acidez, tanto mais pronunciada à medida que se vai aprofundando no perfil. Alencar (2002), encontrou em ambos os métodos de determinação resultados idênticos, isto é, que nos horizontes de superfície os valores de pH são sempre maiores, fato que o autor atribuiu à reciclagem de nutrientes pela vegetação. Os valores de ΔpH sempre negativos nos perfis indicam o predomínio de cargas negativas, evidenciando a predominância de argilominerais.

Quanto à condutividade elétrica, os valores observados em todos os horizontes indicam baixa concentração de sais solúveis, caracterizando os três perfis como isentos de riscos potenciais de salinidade, desde que não hajam restrições à drenagem livre. Há vários critérios de classificação da salinidade mas, conforme classificação da EMBRAPA (1999b), o solo só apresenta caráter salino quando a condutividade elétrica é maior ou igual a 4 dS m^{-1} .

Em relação aos conteúdos de carbono e matéria orgânica, os dados encontrados são baixos, especialmente quanto mais distante for da superfície do solo, e refletem a média dos valores geralmente encontrados em solos dessas regiões semi-áridas (Alves, 1986; Alencar, 2002). É que a baixa densidade de vegetação, aliada às elevadas temperaturas, tem se constituído fator limitante ao aporte de compostos orgânicos ao sistema. Destarte, é imprescindível a interferência antrópica no sentido de promover um balanço líquido positivo de material orgânico ao sistema, garantindo não só a manutenção original das propriedades físicas e químicas mas, acima de tudo, melhorando-as.

Em se tratando dos teores de fósforo assimilável constatou-se que os mesmos são baixos em todos os horizontes dos perfis estudados, exceto nos horizontes superficiais dos perfis 1 (CXve) e 2 (LVAe). Diversas literaturas corroboram os resultados obtidos (Santos & Vasconcelos, 1987; Resende, 1989; Souza et al., 1993; Lemos et al., 1997; Soares, 2001; Vitorino, 2001; Alencar, 2002; Romero, 2003). A baixa disponibilidade de fósforo nos solos da região é resultante da pobreza do elemento no material de origem e, ainda, pela pequena quantidade existente estar muitas vezes formando combinações não assimiláveis com outros elementos tais como cálcio, ferro, alumínio e manganês, dependendo de como esteja se comportando o pH do solo.

Não obstante à pobreza do material parental em fósforo, o fato de os horizontes de superfície dos perfis 1 (CXve) e 2 (LVAe) terem apresentado maiores valores de fósforo assimilável tem explicação nas constantes adubações fosfatadas que são feitas visando suprir a demanda do nutriente pela cultura do melão. Como o perfil 3 (PVD) há muito tempo não tem recebido o mesmo tratamento, a distribuição do elemento é uniforme em todo o perfil. Apesar dos valores mais elevados na superfície dos perfis 1 e 2, Corrêa et al. (2003) salientam que os mesmos nem sempre significam disponibilidade do elemento para as plantas, pois, em solos alcalinos e com alto teor de cálcio, o elemento encontra-se na forma de fosfatos policálcicos, facilmente atacados pelo extrator Mehlich-1. Portanto, boa parte do fósforo embutida nesses valores pode ser oriunda da dissociação dos referidos fosfatos, daí o porquê da necessidade de um monitoramento sério no que se refere ao suprimento adequado do elemento às culturas.

Os dados referentes aos cátions trocáveis indicam que o perfil 1 (CXve) apresenta uma riqueza considerável de bases, característica típica de solo jovem que sofreu baixo grau de intemperismo (EMBRAPA, 1999b). Por outro lado, os perfis 2 (LVAe) e 3 (PVD) são constituídos por baixos conteúdos de bases trocáveis, portanto quimicamente pobres, considerando que na relação solo-planta esta requer quantidades consideráveis de elementos essenciais ao seu desenvolvimento.

Em todos os perfis o cálcio, seguido pelo magnésio, predomina em relação aos demais elementos, refletindo a riqueza do material originário dos solos nos dois elementos. Resultados idênticos foram obtidos por Alves (1986) e Alencar (2002) em solos da mesma região.

O sódio do complexo de troca foi encontrado com teores baixos em todos os perfis, conforme dados da saturação pelo elemento na mesma tabela, não conferindo aos solos o caráter solódico ou sódico (EMBRAPA 1999b).

O potássio apresentou-se com teores relativamente elevados no perfil 1 (CXve), principalmente na superfície, em virtude das adubações para o suprimento do nutriente na cultura do melão. Além disso, Lemos et al. (1997), estudando dois Cambissolos na região, consideraram que a reciclagem da vegetação se constitui em um fator de grande importância para o acúmulo de potássio na superfície. Já nos outros dois perfis os conteúdos são médios a baixos em função da lixiviação intensa porque passaram aqueles solos.

Os valores de $H^+ + Al^{3+}$ refletem que a acidez potencial no perfil 1 (CXve) é devida praticamente ao hidrogênio, já que os valores de alumínio são baixos. Por outro lado, dado o elevado grau de maturidade destes solos, a contribuição do alumínio na acidez potencial dos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVD) é bem mais expressiva.

Com a grande contribuição dos cátions básicos (valor T), a saturação por bases (valor V) em todos os horizontes do perfil 1 (CXve) supera os 50%, imprimindo ao solo o caráter eutrófico (EMBRAPA, 1999b). Quanto ao perfil 2 (LVAe) o caráter eutrófico é manifestado em todos os horizontes, exceto no B latossólico. O perfil 3 (PVD), seguindo os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1999b), apresenta características distróficas condizentes com os intensos processos de perdas de bases ao longo do perfil. É interessante salientar que os dados de capacidade de troca de cátions guardam uma estreita relação com o estágio de intemperismo dos solos, isto é, valores mais elevados se relacionam com solos relativamente jovens, enquanto valores mais baixos refletem uma evolução mais acentuada dos mesmos.

Quanto à saturação por alumínio (m), dentre os perfis estudados, apenas os dois horizontes mais profundos do perfil 2 (LVAe) e os horizontes Ap, Bt1 e Bt2 do perfil 3 (PVD) apresentam riscos iminentes de atingirem níveis críticos de saturação pelo elemento (50%). Considerando que a camada superficial é a que mais interessa do ponto de vista da exploração agrícola, é indispensável o monitoramento intenso, no sentido de elevar o pH do perfil 3 (PVD), com a finalidade de manter o alumínio em formas menos solúveis e com poucos riscos de toxicidade às culturas que venham a ser exploradas.

Concernente à atividade da fração argila, sem correção para o carbono, verificou-se que no perfil 1 (CXve), com exceção do horizonte Bi1, as argilas apresentam atividade alta, uma vez que atendem ao limite mínimo estabelecido pela EMBRAPA (1999b), 27 cmol/kg, para serem classificadas como tal. Quanto aos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVD) apenas os horizontes de superfície em ambos os perfis apresentam atividade elevada.

Tabela 04 - Ambitos químicos dos perfis estudados

Hor	Prof cm	pH(1:2,5)		CE ⁽¹⁾ dS m ⁻¹	CO ⁽²⁾ g kg ⁻¹	MO ⁽²⁾ mg kg ⁻¹	Complexo Sorativo										V	Sat. Sódio %	m	Atividade da argila cmol.kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ⁺⁺	SB	T						
P1: Cambissolo Haplco Ta eutrófico típico - CNAe																				
Ap	0-10	7,6	6,1	-1,5	0,2	9,77	16,85	28	7,6	2,2	0,21	0,73	0,9	0,0	10,7	11,7	92	2	0	51
BA	10-32	6,8	5,5	-1,3	0,1	2,94	5,07	4	5,2	1,8	0,12	0,33	1,2	0,0	7,5	8,7	86	1	0	29
Bi1	32-48	6,5	5,3	-1,2	0,1	2,41	4,15	3	4,8	1,4	0,13	0,27	1,1	0,1	6,6	7,7	85	2	1	25
Bi2	48-115	5,9	4,8	-1,1	0,0	3,08	5,30	4	3,8	2,3	0,21	0,21	1,8	0,1	6,5	8,4	77	2	2	28
BC	115-163+	6,0	5,0	-1,0	0,1	2,81	4,84	6	4,1	2,8	0,23	0,13	1,5	0,1	7,3	8,9	82	3	1	45
P2: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe																				
Ap1	0-28	7,0	5,7	-1,3	0,0	2,54	4,38	19	2,2	0,8	0,04	0,26	1,4	0,1	3,3	4,8	69	1	3	32
Ap2	28-63	5,4	4,5	-0,9	0,0	2,00	3,44	7	1,0	0,8	0,03	0,20	1,0	0,2	2,0	3,2	65	1	7	22
BA	63-180	4,4	3,9	-0,5	0,1	1,44	2,49	4	0,9	0,4	0,03	0,07	0,6	0,8	1,4	2,8	51	1	35	13
Bw	180-200+	4,5	3,8	-0,7	0,0	1,70	2,94	3	0,6	0,2	0,03	0,05	1,0	0,9	0,9	2,8	33	1	48	11
P3: Argissolo Vermelho distrófico arenico - PVA																				
Ap	0-19	4,2	4,1	-0,1	0,1	7,34	12,66	4	0,9	0,5	0,07	0,05	0,9	0,9	1,5	3,3	45	2	38	77
BA	19-85	5,4	3,8	-1,6	0,0	1,18	2,04	5	0,8	0,4	0,03	0,10	1,1	0,2	1,3	2,6	51	1	13	18
Bi1	85-166	4,5	3,9	-0,6	0,0	0,52	0,90	4	0,6	0,2	0,03	0,06	0,4	0,7	0,9	2,0	43	2	45	11
Bi2	166-210+	4,5	3,7	-0,8	0,0	1,31	2,26	4	0,6	0,2	0,03	0,07	0,3	0,7	1,0	2,0	48	2	43	12

⁽¹⁾ condutividade elétrica, ⁽²⁾ carbono orgânico, ⁽³⁾ matéria orgânica; SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

☒

Na tabela 05 estão contidos os dados relativos aos óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico. Considerando que o ácido sulfúrico ataca somente a fração argila (Verdade, 1972), verificou-se que os teores de SiO_2 e Al_2O_3 nos três perfis estudados se correlacionam muito bem com os conteúdos de argila da tabela 01. Alencar (2002) e Romero (2003) também verificaram o mesmo comportamento entre as variáveis, quando estudaram solos da Chapada do Apodi e de Tabuleiros Costeiros, respectivamente.

Os teores de Fe_2O_3 são relativamente baixos e estão dentro dos valores encontrados normalmente em solos afins (Resende, 1989; Ferreira et al., 1999; Nunes et al., 2001; Alencar, 2002; Romero, 2003), caracterizando o perfil 1 (CXve) como mesoférrico e os perfis 2 (LV Ae) e 3 (PVd) como hipoférricos (EMBRAPA, 1999b).

Os outros óxidos (P_2O_5 , TiO_2 e MnO) apresentam uma distribuição relativamente uniforme dentro de cada perfil e os baixos teores refletem a pobreza do material de origem nos elementos.

Em linhas gerais, o perfil 1 (CXve) apresenta uma quantidade maior de óxidos quando contrastado com os perfis 2 (LV Ae) e 3 (PVd) o que sugere, segundo Nunes et al. (2001) e Corrêa et al. (2003), uma diferenciação do material de origem quanto possíveis mudanças nos pedoambientes.

A relação sílica/alumina (índice K_i) maior que 2, exceto para os horizontes BA e Bw do perfil 2 (LV Ae), indica menor solubilização e saída de sílica do sistema, não por drenagem deficiente, mas por precipitação pluviométrica baixa e temperatura e evapotranspiração elevadas. O índice $K_i > 2$ indica a presença de minerais do tipo 2:1 e é possível que os valores mais elevados estejam associados à presença da illita. Além disso, os conteúdos elevados de areia fina (Tabela 01) podem contribuir para uma elevação desse índice. No caso dos horizontes BA e Bw do perfil 2 (LV Ae), os valores de K_i indicam a presença de minerais do grupo da caulinita, típicos de horizontes B latossólicos. Os valores do índice K_r , sempre superiores a 0,75, sugerem que os três perfis sejam enquadrados na categoria de solos cauliníticos (EMBRAPA, 1999b), fato que se confirma nos difratogramas de raios-X a serem discutidos posteriormente.

Tabela 05 - Teores de óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico e índices Ki e Kr

Horizonte	Profundidade	Óxidos						Ki	Kr
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO		
	cm	----- g kg ⁻¹ -----							
P1: Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico - CXve									
Ap	0-10	239,5	163,30	123,2	0,20	16,31	0,67	2,49	1,68
BA	10-32	258,5	177,79	113,1	0,12	18,29	0,68	2,47	1,76
Bi1	32-48	259,1	179,34	111,7	0,12	20,02	0,74	2,46	1,76
Bi2	48-115	250,0	180,90	112,1	0,13	18,78	0,62	2,35	1,68
BC	115-163+	232,3	179,34	103,9	0,11	13,84	0,42	2,20	1,61
P2: Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico argissólico - LVAe									
Ap1	0-28	95,5	68,71	19,5	0,05	6,18	0,09	2,36	2,00
Ap2	28-63	92,1	71,04	16,9	0,03	6,18	0,07	2,20	1,91
BA	63-180	113,2	102,22	21,2	0,04	6,67	0,10	1,88	1,66
Bw	180-200+	132,9	127,33	26,0	0,06	6,92	0,16	1,77	1,57
P3: Argissolo Vermelho Distrófico arênico - PVd									
Ap	0-19	62,2	36,14	10,8	0,05	5,68	0,09	2,93	2,46
BA	19-85	84,4	54,60	19,2	0,06	9,89	0,09	2,63	2,15
Bt1	85-166	96,6	70,07	22,3	0,08	9,14	0,11	2,34	1,95
Bt2	166-210+	93,1	72,20	22,9	0,08	9,89	0,11	2,19	1,82

Os dados da tabela 06 referem-se aos teores de ferro extraídos na fração argila por citrato-ditionito (formas cristalinas) e oxalato de amônio (formas amorfas), bem como às relações entre ambos.

Considerando as três extrações sucessivas com citrato-ditionito, observou-se que os perfis 1 (CXve) e 3 (PVd) apresentam quantidades semelhantes de ferro cristalino, exceto no horizonte superficial, e superam os conteúdos encontrados para o perfil 2 (LVAe). No geral, os teores de Fe₂O₃ extraídos pelo método do citrato-ditionito foram baixos, corroborando as informações de Corrêa et al. (2003) para solos de zonas áridas e semi-áridas.

Os óxidos de ferro amorfos (extração única) apresentam valores baixos, notadamente no perfil 2 (LVAe), indicando a existência quase que exclusiva de ferros de elevada cristalinidade.

O fato de o perfil 3 (PVd) apresentar um somatório de ferro cristalino com ferro amorfo maior que o ferro total (Tabela 05), vai de encontro com a maioria dos trabalhos que tratam sobre o assunto na literatura. Entretanto, Rodrigues & Klamt (1978) verificaram em cinco, de seis solos estudados no Distrito Federal, a ocorrência do mesmo fato. Os autores atribuíram os resultados à baixa eficiência na extração do ferro total, pelo método do ataque sulfúrico, para os solos estudados.

A relação Fe_o/Fe_d é baixa em todos os horizontes dos três perfis, evidenciando o predomínio de óxidos de ferro de alta cristalinidade nas argilas do solo, e reflete as condições de drenagem e aeração nos ambientes estudados. Conforme Kämpf & Schwertmann (1983), a relação Fe_o/Fe_d menor que 0,05 indica o predomínio de óxidos de ferro cristalino na fração argila.

Tabela 06 - Teores de ferro extraídos por ditionito e oxalato e suas relações

Horizonte	Profundidade	Fe_d	Fe_o	Fe_o/Fe_d
	cm	----- g kg ⁻¹ -----		
P1: Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico - CXve				
Ap	0-10	26,72	0,89	0,033
BA	10-32	30,86	1,13	0,037
Bi1	32-48	34,74	1,31	0,038
Bi2	48-115	30,10	1,09	0,036
BC	115-163+	22,67	0,52	0,023
P2: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe				
Ap1	0-28	15,50	0,50	0,032
Ap2	28-63	13,76	0,46	0,033
BA	63-180	19,39	0,64	0,033
Bw	180-200+	22,88	0,50	0,022
P3: Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd				
Ap	0-19	8,85	0,51	0,058
BA	19-85	27,68	1,33	0,048
Bt1	85-166	35,70	1,27	0,036
Bt2	166-210+	32,81	1,63	0,050

4.3. Atributos Mineralógicos

4.3.1. Mineralogia da Fração Areia

Os principais componentes da fração areia dos três perfis estudados podem ser identificados pelos picos característicos de cada mineral, expressos nos difratogramas das figuras 07, 08 e 09. Em linhas gerais, os minerais facilmente decomponíveis já não estão presentes na referida fração, uma vez que já sofreram alteração, restando apenas os mais resistentes ao intemperismo, os chamados minerais índices.

Os difratogramas da figura 07 evidenciam a similaridade da composição mineralógica entre os horizontes do perfil 1 (CXve). O quartzo é o mineral predominante, acompanhado da goethita que vem em segundo plano. Há também a ocorrência de hematita e magnetita. Moreira (2000), estudando um Cambissolo Háplico da Chapada do Apodi, encontrou minerais de quartzo predominando em relação à ortoclásio, piroxênio e ilmenita além de pequenas quantidades de caulinita, hematita e goethita.

A figura 08 contém os difratogramas inerentes ao perfil 2 (LVAe). A mineralogia é muito uniforme em todo o perfil e é composta essencialmente por quartzo, que predomina em relação aos demais elementos. A ilmenita, óxido de ferro e titânio, ocorre em segundo plano, além de magnetita e goethita como recobrimento dos grãos.

A mineralogia do perfil 3 (PVd), figura 09, é muito semelhante à do perfil 2, com a ocorrência do quartzo, ilmenita, magnetita e goethita em todos os horizontes dando uma configuração bastante semelhante aos difratogramas.

Uma análise mais detalhada deve revelar a existência de outros minerais que ocorrem em pequenas quantidades e que não podem ser detectados pela difratometria de raios-X. Alencar (2002), utilizando técnicas mais apuradas para a identificação de minerais em solos da Chapada do Apodi, na porção localizada no Estado do Ceará, registrou a ocorrência de outros minerais como zircônio, rutilo, concreções ferruginosas e minerais opacos na fração areia.

É interessante salientar que os minerais de todos os horizontes estudados nos três perfis são muito bem cristalizados, haja vista os difratogramas apresentarem picos bem pontiagudos.

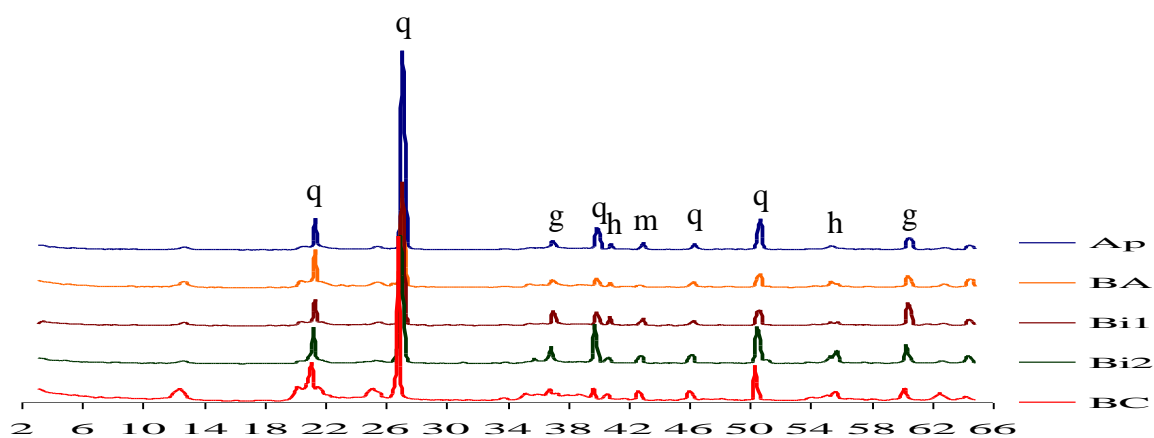


Figura 07 - Difratoogramas de raios-X da fração areia do Cambissolo Háplico Ta eutrófico t (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (g = goethita; h = hematita; m = magnetita; q = quartzo).

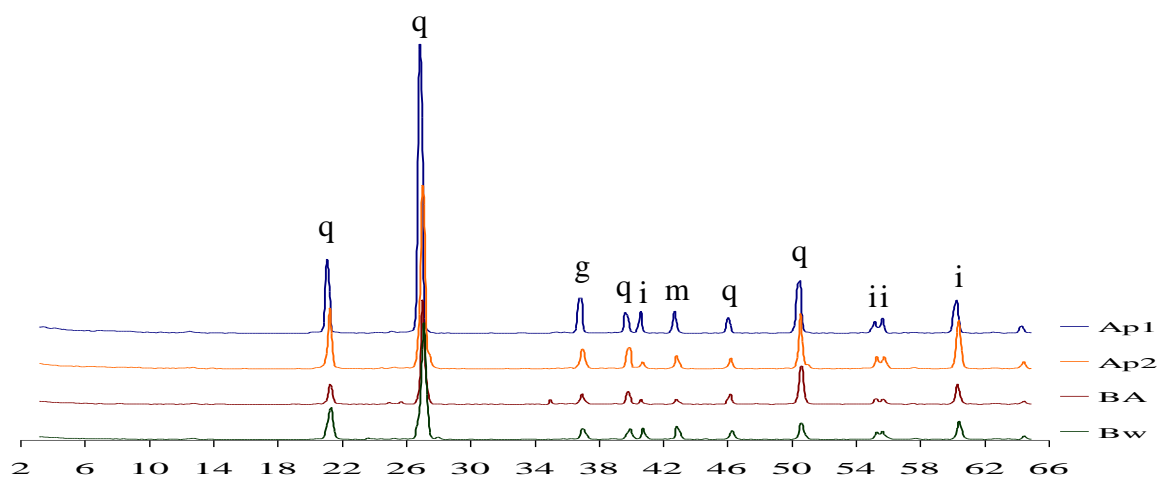


Figura 08 - Difratoogramas de raios-X da fração areia do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (g = goethita; i = ilmenita; m = magnetita; q = quartzo).

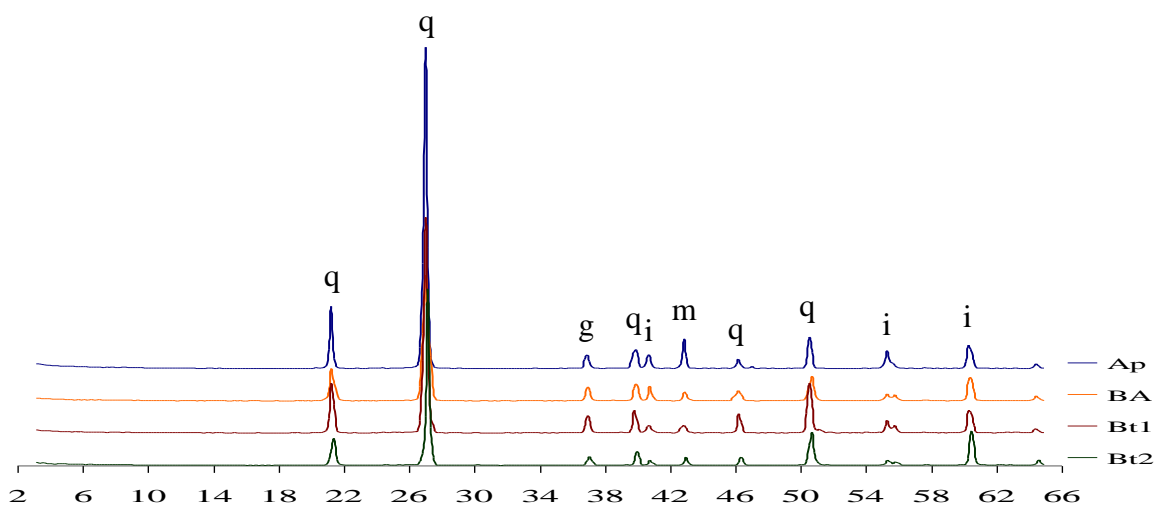


Figura 09 - Difratoogramas de raios-X da fração areia do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVD), irradiada de 3 a 65° 2θ (g = goethita; i = ilmenita; m = magnetita; q = quartzo).

4.3.2. Mineralogia da Fração Silte

Os minerais referentes à fração silte dos três perfis estão expressos nos difratogramas das figuras 10, 11 e 12. A mineralogia é muito parecida com a encontrada na fração areia mas difere por apresentar minerais silicatados já bastante intemperizados, de natureza secundária, como é o caso da caulinita.

Genericamente, a mineralogia da fração silte dos três pedons é praticamente a mesma e é composta predominantemente por quartzo. Além disso há também a ocorrência de muscovita, caulinita e goethita. Alencar (2002), encontrou para os mesmos solos quartzo e, em menor proporção, mica, atribuindo a esta a possibilidade de ser muscovita. Moreira (2000), em Cambissolo Háplico, registrou a ocorrência de caulinita e goethita em silte fino como pseudomorfos e recobrimento.

A uniformidade no sentido superfície-profundidade em todos os perfis é bem nítida, o que evidencia não haver descontinuidade litológica, ou seja, o material de origem é o mesmo para todos os horizontes, fato que fora confirmado também pela mineralogia da fração areia.

Assim como na fração areia, os minerais que compõem a fração silte apresentam elevado grau de cristalinidade como pode ser comprovado pelos picos pontiagudos dos difratogramas.

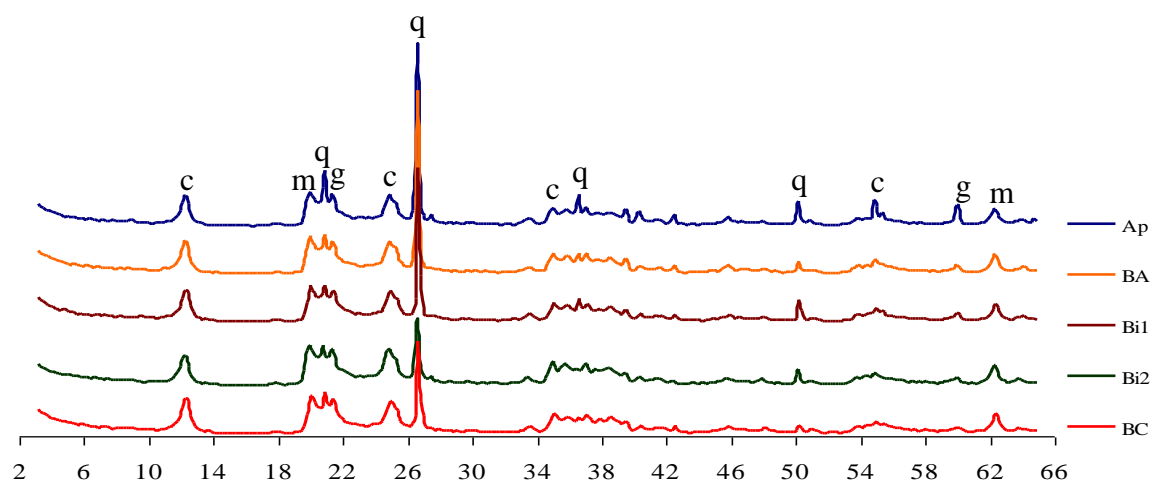


Figura 10 - Difratogramas de raios-X da fração silte do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c= caulinita; g = goethita; m = muscovita; q = quartzo).

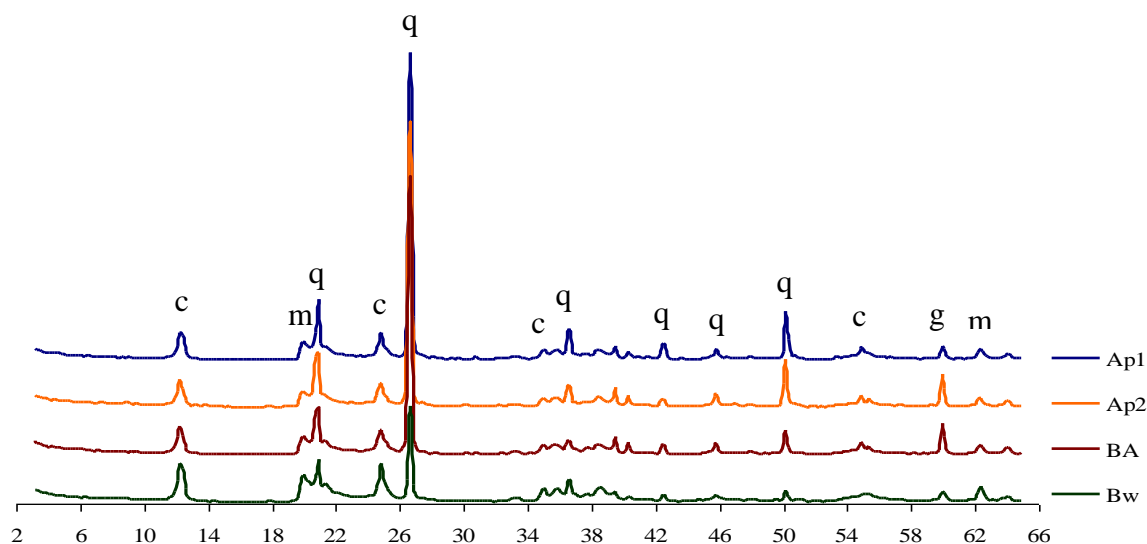


Figura 11 - Difratomogramas de raios-X da fração silte do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (c= caulinita; g = goethita; m = muscovita; q = quartzo).

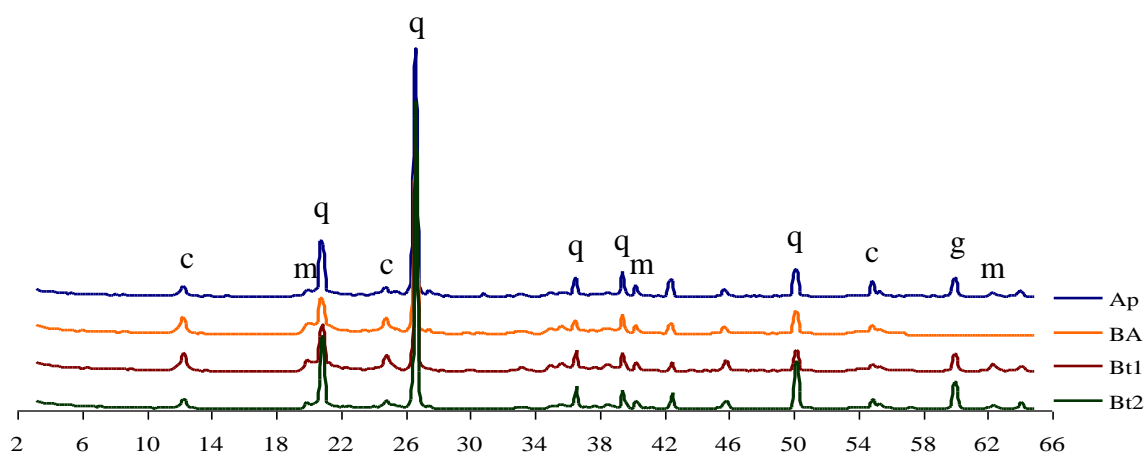


Figura 12 - Difratomogramas de raios-X da fração silte do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVd), irradiada de 3 a 65° 2θ (c= caulinita; g = goethita; m = muscovita; q = quartzo).

4.3.3. Mineralogia da Fração Argila

Os difratogramas da fração argila de todos os horizontes dos perfis, com todos os tratamentos aplicados, são apresentados nas figuras 13 a 25.

Para o perfil 1 (CXve), figuras 13 a 17, os minerais identificados pelos picos característicos nos difratogramas indicam ser a caulinita o mineral dominante, seguido de illita em menor proporção. A caulinita está bem caracterizada pela eliminação dos picos a 550 °C dentre os quais destacam-se os de espaçamento (d) de 0,718 nm, 0,357 nm, 0,256 nm, 0,238 nm, 0,199 nm, 0,179 nm e 0,166 nm. A illita, argilomineral 2:1 não

expansivo e derivado de mica, por exemplo da muscovita (identificada na fração silte), foi constatada pela permanência de picos em todos os tratamentos correspondentes aos seus espaçamentos como, por exemplo, os de 0,99 nm e 0,49 nm. O anatásio (TiO_2) foi identificado pelo pico característicos de 0,352 nm. Em que pese a resistência do quartzo ao intemperismo, o mineral foi encontrado na fração argila em tamanho coloidal, evidenciando efeitos de forças mecânicas que destroem os minerais maiores, reduzindo-os ao tamanho da fração argila sem, contudo, provocar alterações químicas. Moreira (2000) e Rebouças (2001), também encontraram quartzo coloidal na fração argila.

Estimativa baseada na análise semiquantitativa dos argilominerais encontrados indica haver aproximadamente 90% de caulinita e 10% de illita, corroborando dados obtidos por Moreira (2000) em Cambissolo, também na Chapada do Apodi. Alencar (2002), em Cambissolo Háplico da Chapada do Apodi, também encontrou caulinita dominando em relação a mica. Apesar de o material de origem ser o mesmo, o tipo e quantidade de argilominerais formados depende das peculiaridades de cada ambiente.

Em todos os horizontes, assim como ocorreu nas frações areia e silte, os argilominerais não sofreram variação com a profundidade e apresentam elevado grau de cristalinidade.

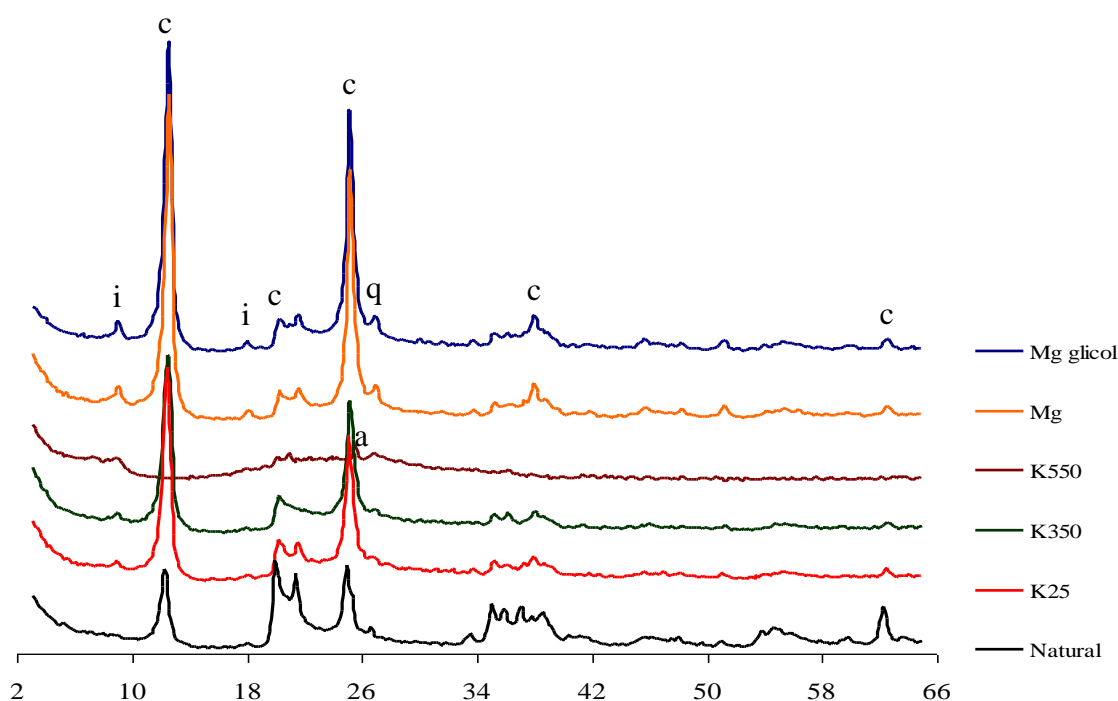


Figura 13 - Difratoformas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = illita; a = anatásio; q = quartzo).

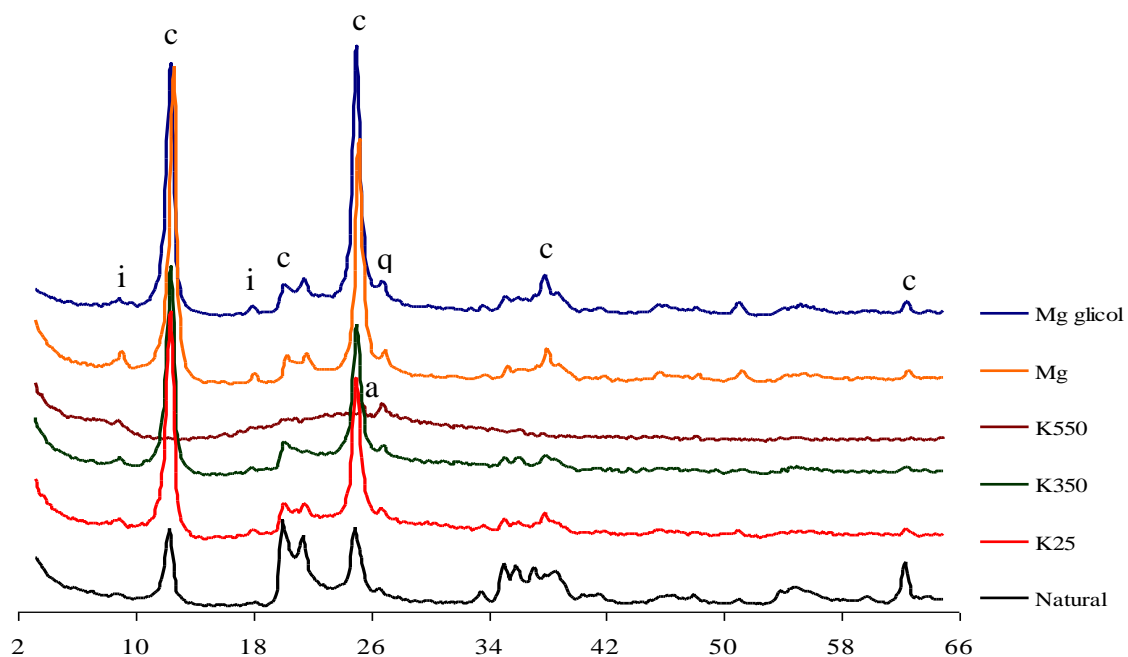


Figura 14 - Difratoogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BA do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

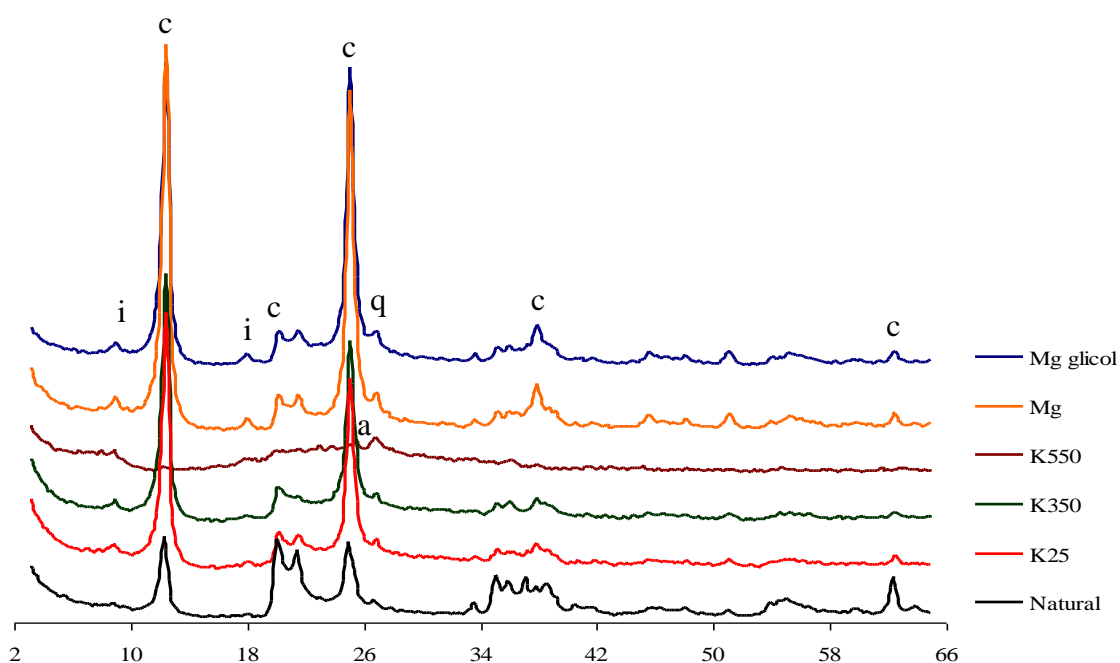


Figura 15 - Difratoogramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bi1 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

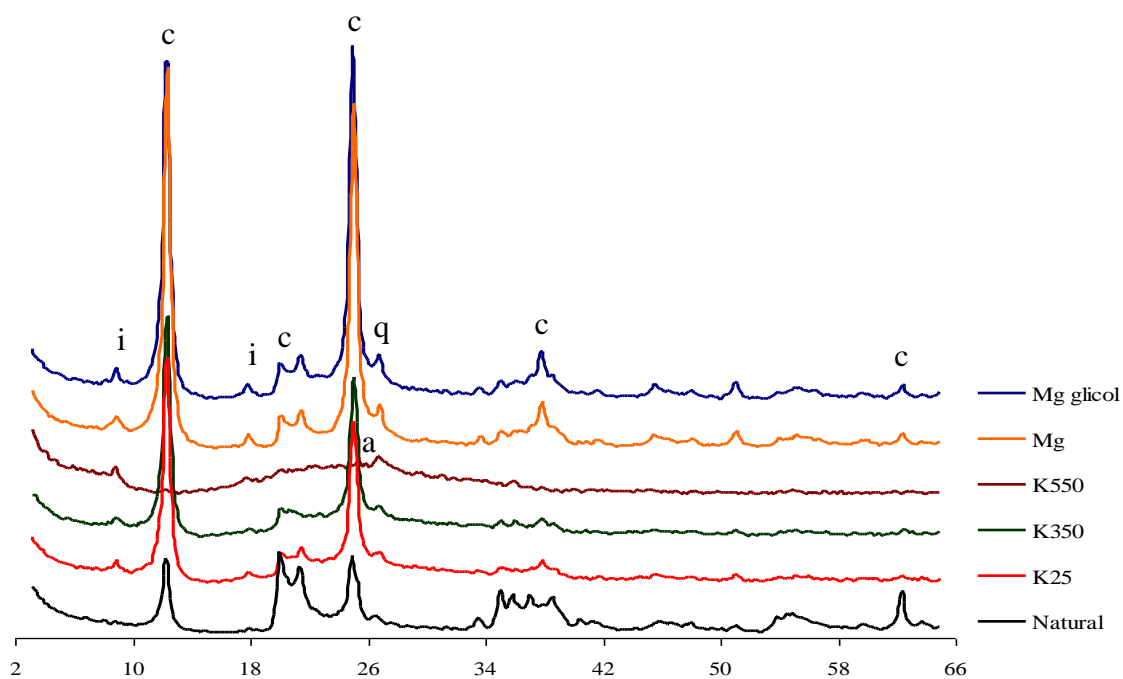


Figura 16 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bi2 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

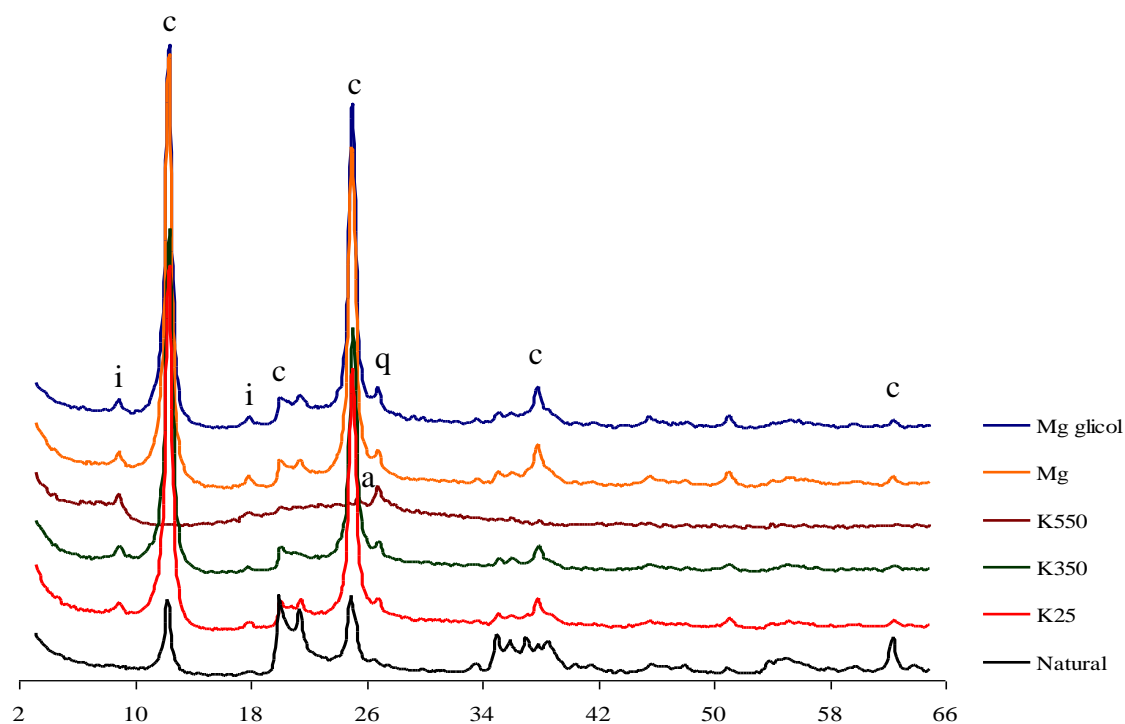


Figura 17 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BC do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

Quanto ao perfil 2 (LVAe), figuras 18 a 21, a mineralogia é a mesma encontrada no perfil 1, ou seja, predomina caulinita com ilita em segundo plano. Todos os minerais apresentam alto grau de cristalinidade e se distribuem de modo bem semelhante em todos os horizontes. A diferença para o perfil 1 é que pela análise semiquantitativa a caulinita representa cerca de 95% dos minerais encontrados, enquanto a ilita corresponde a apenas 5%.

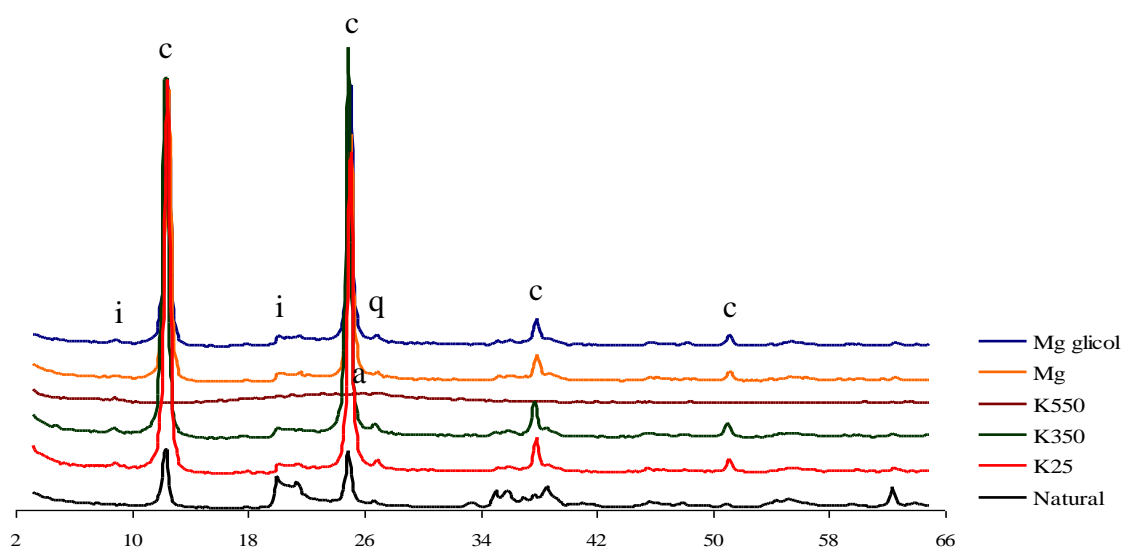


Figura 18 - Difratoformas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap1 do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

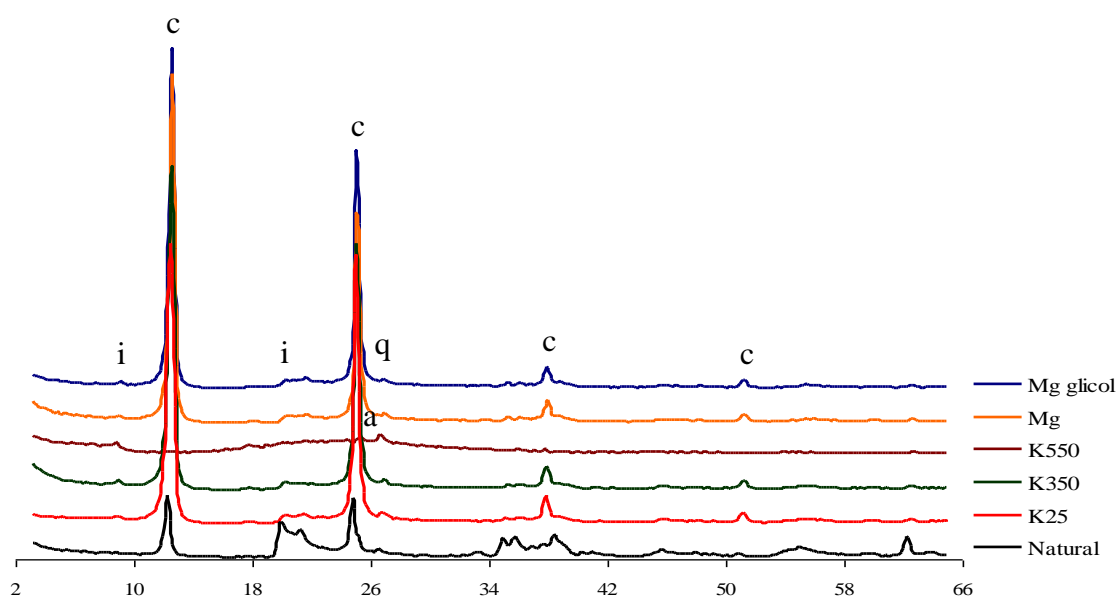


Figura 19 - Difratoformas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap2 do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

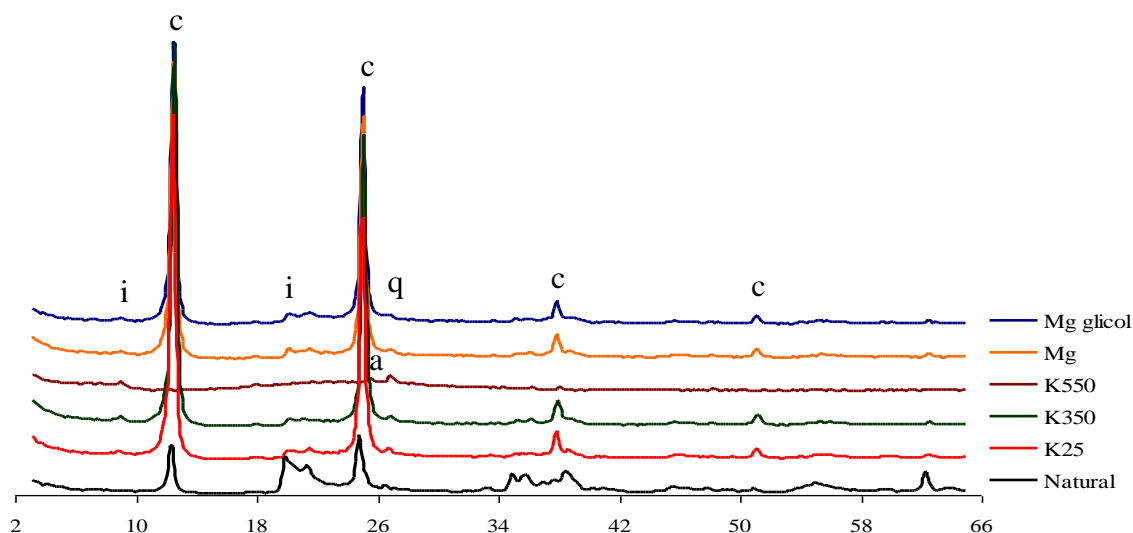


Figura 20 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BA do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

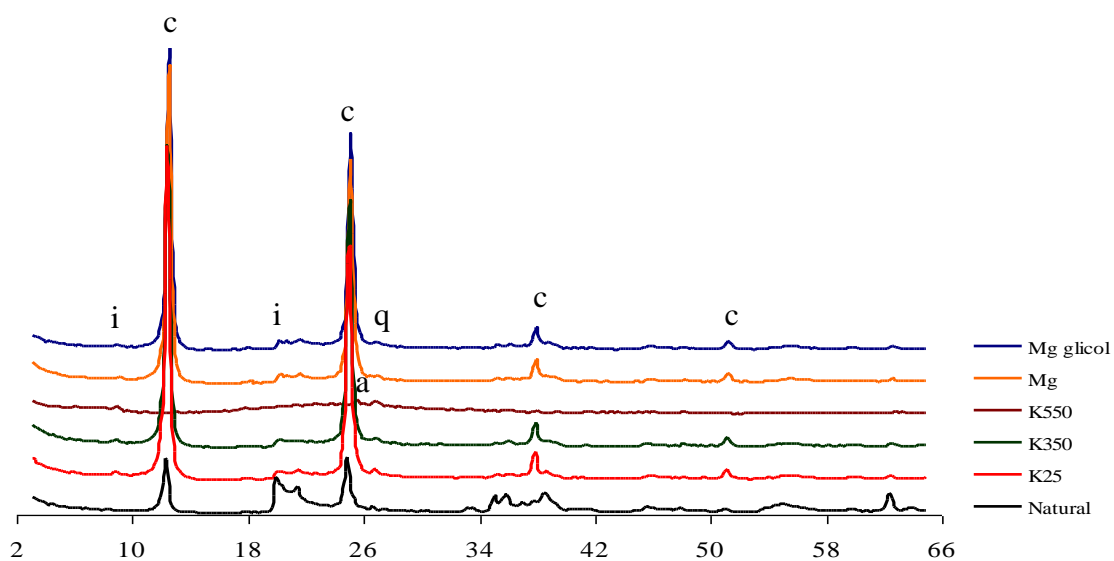


Figura 21 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bw do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

A mineralogia do perfil 3 (PVd), figuras 22 a 25, é constituída pelos mesmos minerais que compõem a mineralogia dos perfis 1 e 2, isto é, apresenta a caulinita como mineral dominante (cerca de 90%) e ilita como mineral de segundo plano (cerca de 10%). Como se verificou nos outros perfis, os minerais ocorrem distribuídos uniformemente dentro do perfil e com elevado grau de cristalinidade.

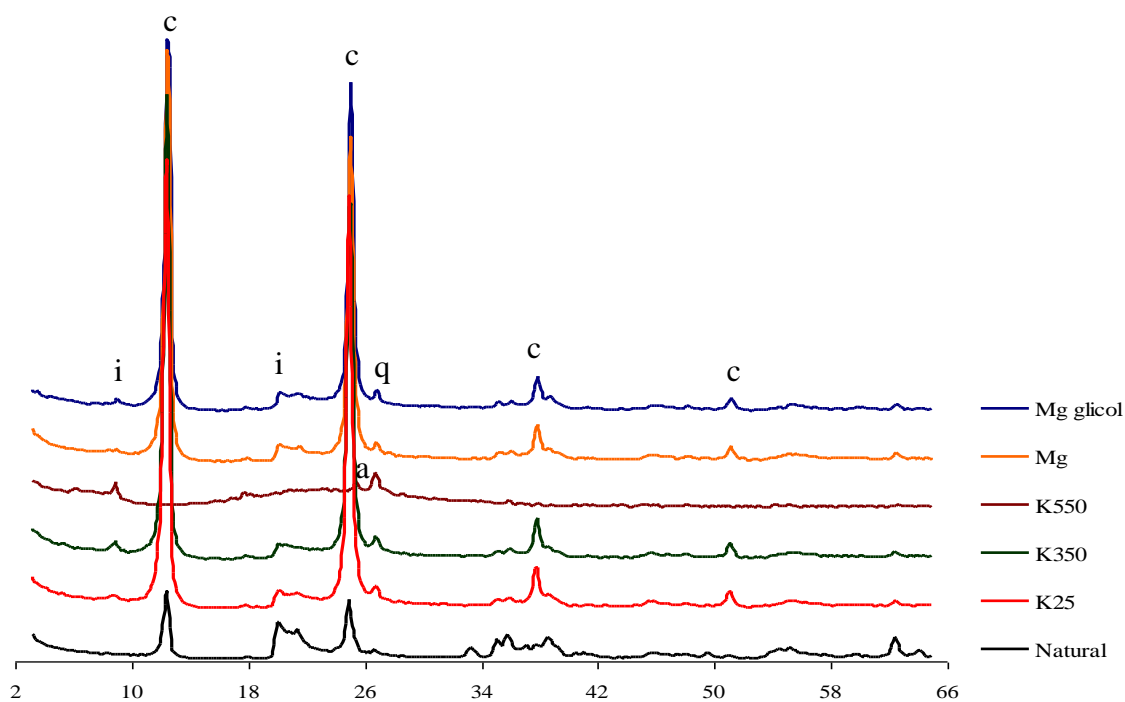


Figura 22 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Ap do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVD), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

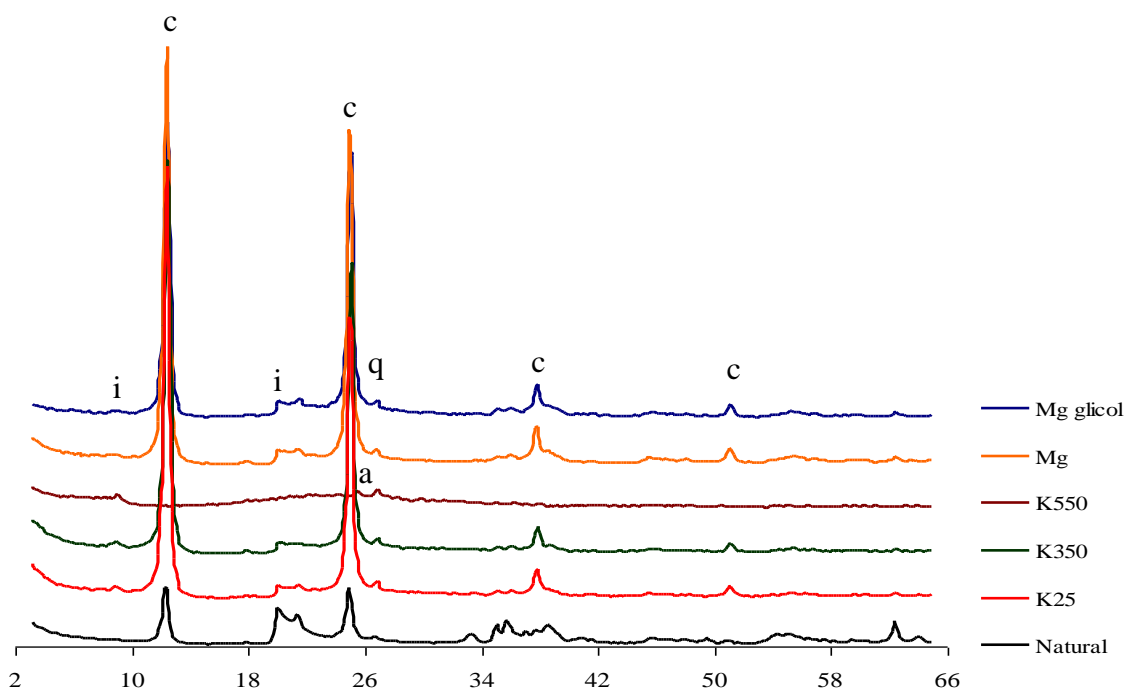


Figura 23 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte BA do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVD), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

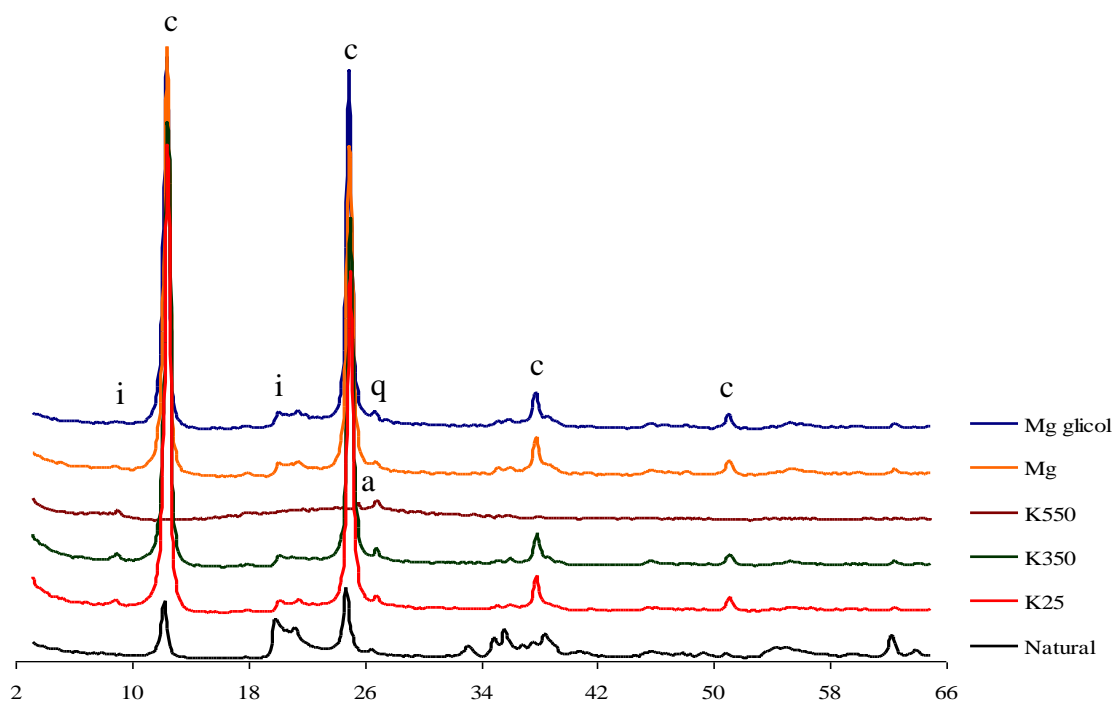


Figura 24 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bt1 do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVD), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

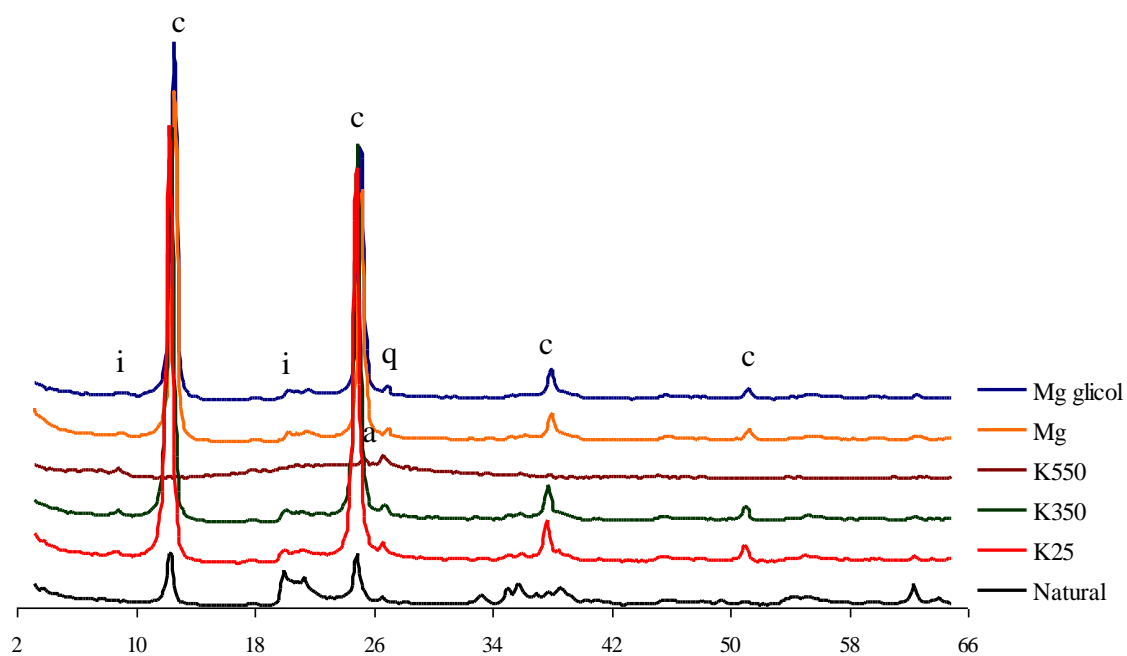


Figura 25 - Difratoigramas de raios-X da fração argila, com todos os tratamentos, do horizonte Bt2 do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVD), irradiada de 3 a 65° 2θ (c = caulinita; i = ilita; a = anatásio; q = quartzo).

O domínio da caulinita na fração argila em todos os horizontes dos perfis estudados sugere, segundo Alencar (2002), uma transformação quase que direta da mica em caulinita (fato que se caracteriza bem tipicamente no perfil 1), ou seja, os argilominerais não passaram pelo estágio 2:1 que compreende a formação de vermiculita ou esmectita. Como se pode constatar, a presença da illita (argilomineral 2:1) é ínfima em relação à caulinita.

O fato da presença de caulinita em solo jovem, como é o caso do perfil 1 (CXve), parece estranho pois, segundo Resende (1989), era de se esperar a formação bem mais intensa de argilominerais 2:1, fato não confirmado pelas análises de difratometria de raios-X. Destarte, o autor desenvolveu uma hipótese para explicar o domínio da caulinita nestes solos. É que a presença de muscovita no resíduo do material de origem, a rocha calcária, e a maior solubilização da sílica em pH elevado, associadas ao equilíbrio da relação entre as atividades dos íons K^+ e $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, favorecem a rápida formação da caulinita mesmo na ausência de lixiviação pronunciada.

Posto isto, o solo do perfil 1 (CXve) estudado na Chapada do Apodi, apesar de atender a todos os requisitos que o configuram como um solo ainda em fase de formação (inclusive com um horizonte B incipiente, química de solo pouco intemperizado), apresenta mineralogia de solos altamente intemperizados. Em síntese, é um solo jovem com mineralogia de solo bem evoluído. Quanto aos perfis 2 (LVAe) e 3 (PVd) a mineralogia é coerente com o estágio de evolução que os solos apresentam.

4.4. Microscopia Eletrônica de Varredura em Amostras Indeformadas

A microscopia eletrônica é uma das poucas ferramentas disponíveis que permite a observação de minerais separadamente, apresentando a vantagem de os constituintes encontrarem-se em sua condição estrutural natural.

As figuras 26 a 29 são fotomicrografias obtidas em amostras indeformadas (torrões). Como as frações areia, silte e argila não foram observadas separadamente, a identificação de minerais isolados ficou bastante dificultada, uma vez que estas partículas se agregam formando microconcreções constituídas por minerais bastante diversificados. No entanto, os processos de alteração ou pseudomorfose de alguns argilominerais puderam ser visualizados, inclusive com o espectrograma identificando os constituintes do mineral formado ou em processo de alteração/pseudomorfose.

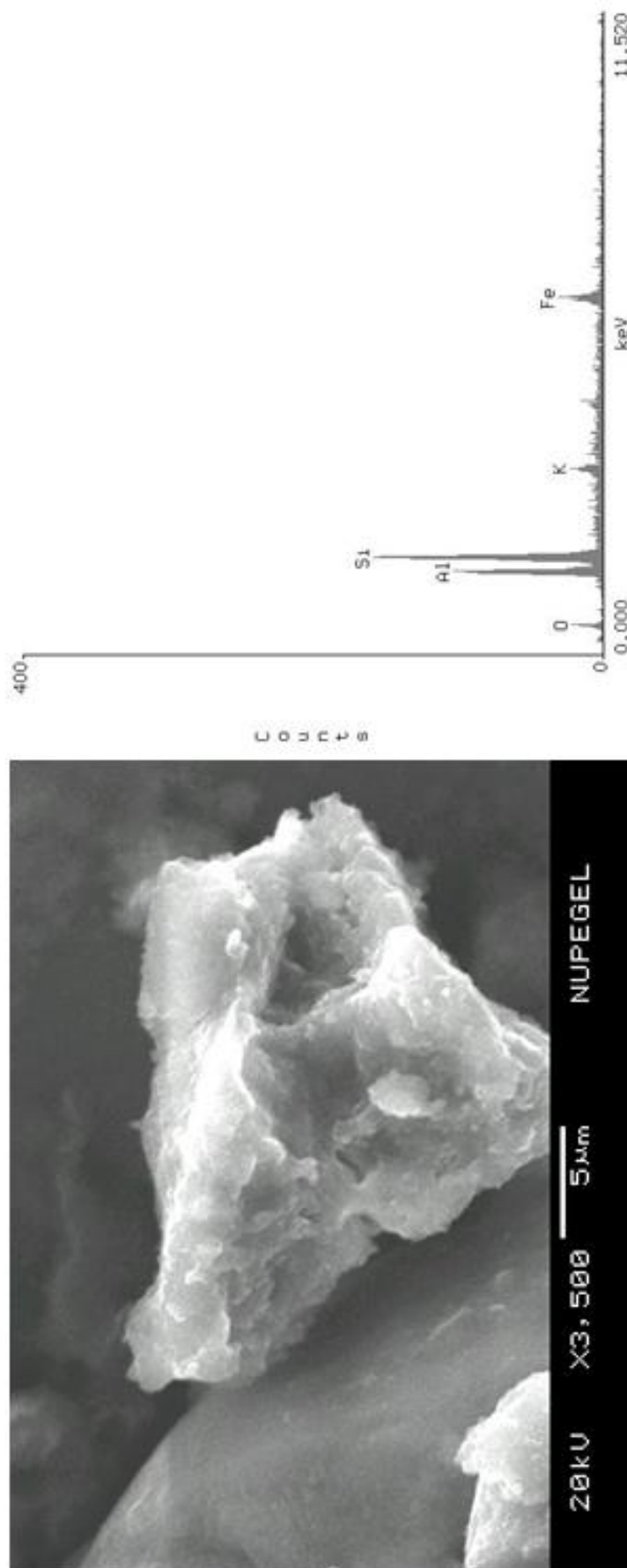


Figura 26 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Ap do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve).

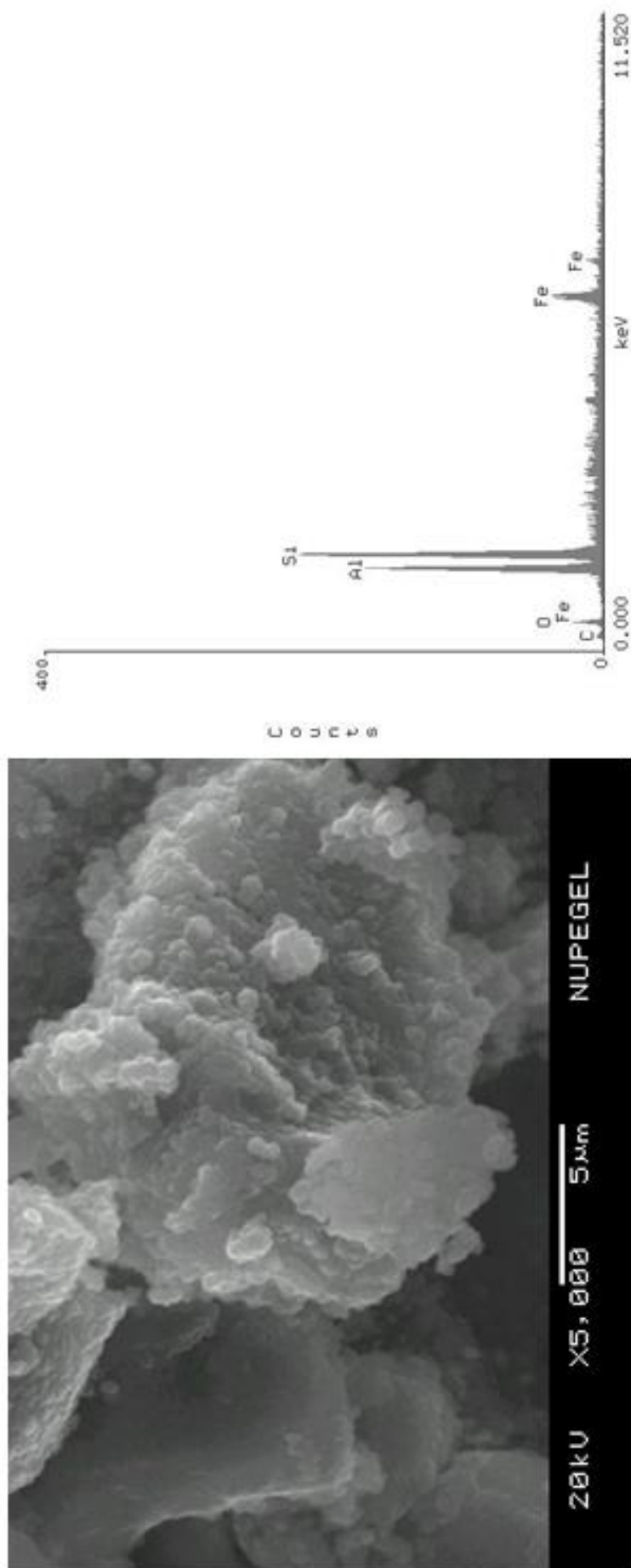


Figura 27 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte B_{il} do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXXxe).

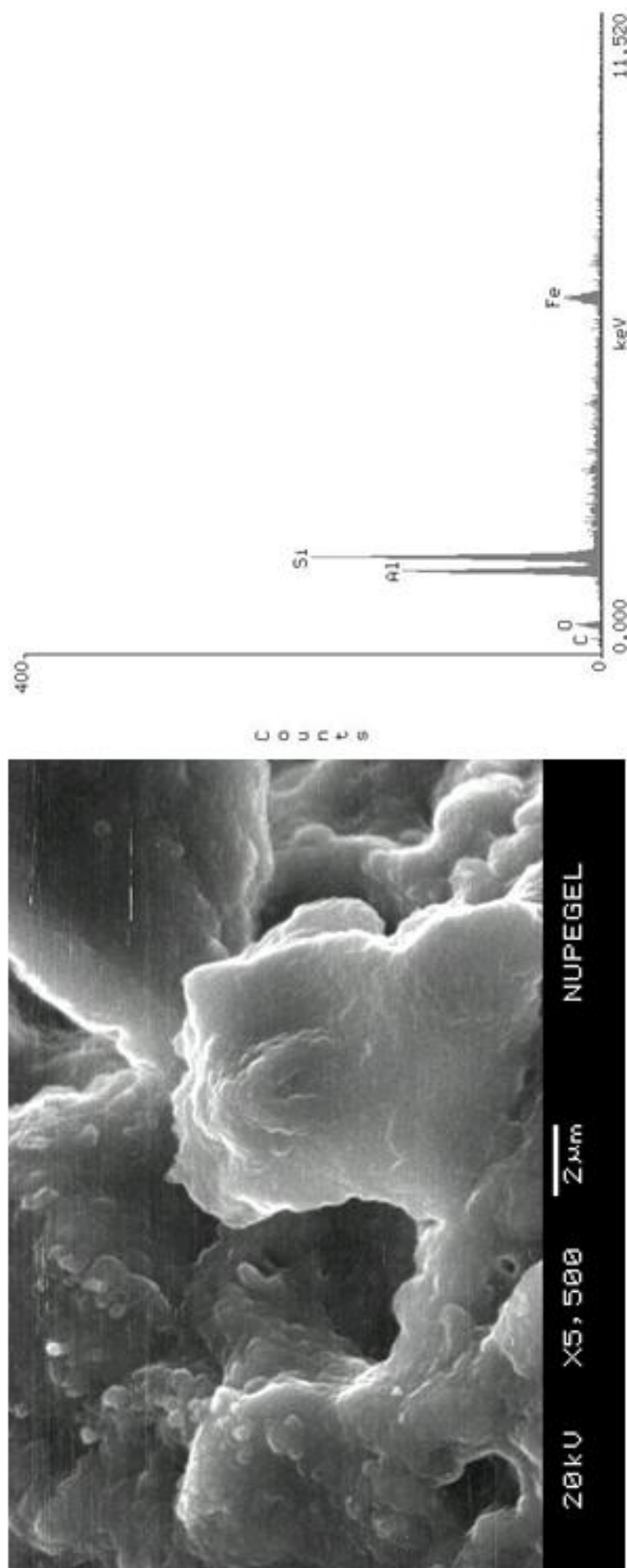


Figura 28 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Ap1 do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LV Ae).

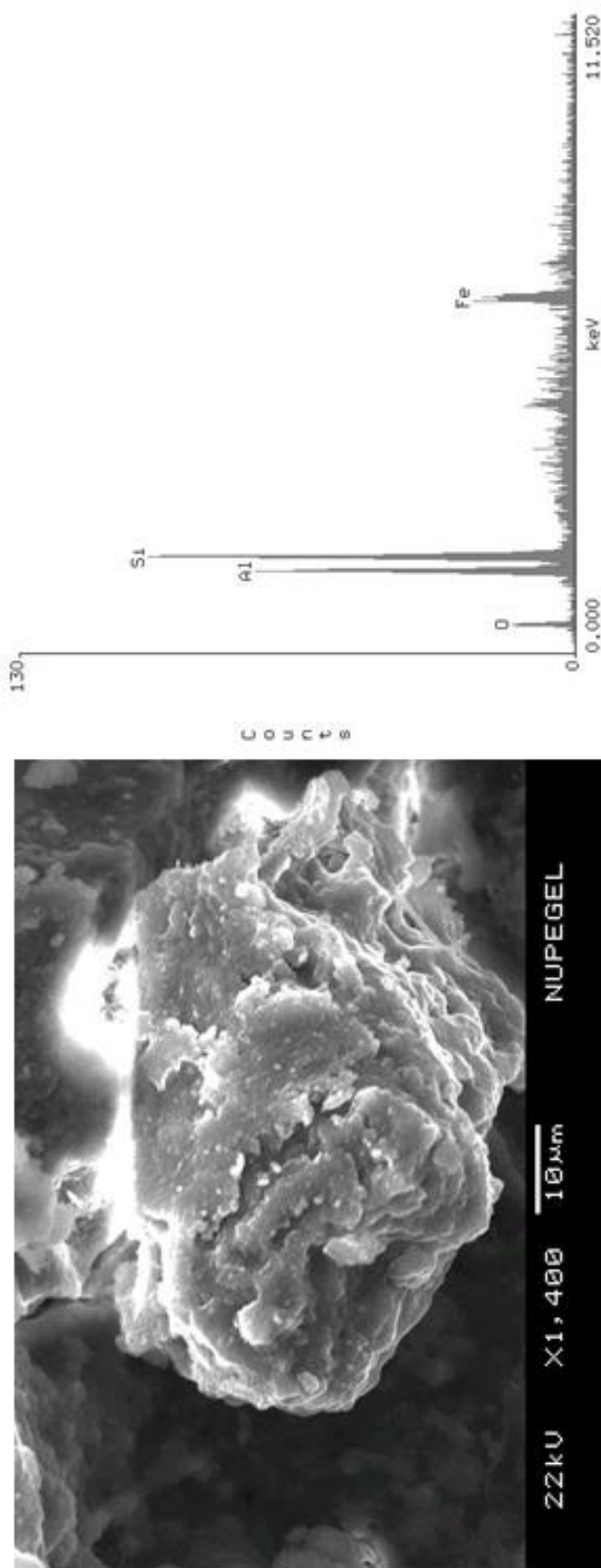


Figura 29 - Fotomicrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura e o espectrograma geral de mica em processo de alteração para caulinita, no horizonte Bw do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LV Ae).

4.5. Classificação Taxonômica

Os três solos foram classificados por três sistemas de classificação, a saber: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), Soil Taxonomy e FAO-UNESCO. A nomenclatura dos horizontes diagnósticos de superfície, subsuperfície e a classificação taxonômica encontram-se, respectivamente, nas tabelas 07, 08 e 09.

Tabela 07 - Horizontes diagnósticos de superfície dos perfis estudados

Perfil	SBCS	SOIL TAXONOMY	FAO-UNESCO
1	A moderado	Epipedon ócrico	A ócrico
2	A moderado	Epipedon ócrico	A ócrico
3	A moderado	Epipedon ócrico	A ócrico

Tabela 08 - Horizontes diagnósticos de subsuperfície dos perfis estudados

Perfil	SBCS	SOIL TAXONOMY	FAO-UNESCO
1	B incipiente	Horizonte câmbico	B câmbico
2	B latossólico	Horizonte kândico	B ferrálico
3	B textural	Horizonte kândico	B árgico

Tabela 09 - Classificação taxonômica dos perfis estudados

Perfil	SBCS	SOIL TAXONOMY	FAO-UNESCO
1	Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico	Typic Haplocambids	Cambissolo êtrico
2	Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico	Typic Eutrotorrox	Ferralsolo xântico
3	Argissolo Vermelho distrófico arênico	Arenic Kandiuults	Acrissolo férrico

5. CONCLUSÕES

- a) Quanto à física do solo, os perfis apresentam densidade acima dos valores normais para solos afins, com maiores agravantes para os perfis 2 (LV Ae) e 3 (PVd), que se refletem na porosidade total e no desbalanço da proporção macro:microporosidade. A estabilidade de agregados em água é relativamente boa em todos os perfis. A capacidade de retenção de água é baixa nos perfis 2 e 3.
- b) Em relação à química, o perfil 1 (CXve) apresenta uma disponibilidade de nutrientes muito maior que os perfis 2 (LV Ae) e 3 (PVd). Nas condições atuais de exploração, o risco de saturação por sódio é desprezível em todos os perfis. Considerando a camada arável do solo, apenas o perfil 3 (PVd) apresenta o risco iminente de problemas com toxidez por alumínio;
- c) A composição mineralógica é semelhante nos perfis estudados, sendo que o quartzo predomina nas frações areia e silte, enquanto a fração argila é constituída predominantemente por caulinita;
- d) O perfil 1 (CXve), em contraste com os outros dois perfis, é o menos evoluído na escala pedogenética. Os perfis 2 (LV Ae) e 3 (PVd) apresentam praticamente a mesma maturidade, muito embora o perfil 2 seja um pouco mais evoluído;
- e) O fato de o perfil 1 (CXve) apresentar química de solo jovem e mineralogia de solo muito evoluído revela a incoerência entre os atributos químicos e mineralógicos daquele solo;
- f) Pelas condições de semi-aridez do local em que os três perfis estão inseridos, o domínio da caulinita na fração argila, principalmente no perfil 1 (CXve), sugere que

os solos foram originados em condições climáticas diferentes das atuais, provavelmente mais úmidas, ou que os mesmos tenham se desenvolvido a partir de um material pré-intemperizado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, E.L.L. de. Química e mineralogia de três pedons originários de calcário da Chapada do Apodi - CE. Fortaleza: UFC, 2002. 61p. (Dissertação de mestrado).
- ALENCAR, G.V. de. Compactação e/ou adensamento de solos cultivados com melão em litossequência na região da Chapada do Apodi - RN. Fortaleza: UFC, 2000. 75p. (Dissertação de mestrado).
- ALLEN, B.L. & HAJEK, B.F. Mineral occurrence in soil environments. In: J.B. Dixon e S.B. Weed (ed.) Minerals in soil environments. 2.ed., Madison, Wiscosin, USA: Soil Science Society of American, p.199-278, 1989.
- ALMEIDA, J.A.; KÄMPF, N.; ALMEIDA, R. Caracterização mineralógica de Cambissolos originados de rochas pelíticas nos patamares do alto rio Itajaí e no planalto de Lages (SC). R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 21:181-190, 1997.
- ALVES, J.S. Características morfológicas, físicas e químicas de dois solos representativos do município de Mossoró - RN. Fortaleza: UFC, 1986. 49p. (Dissertação de mestrado).
- AMARO FILHO, J. Contribución al estudio del clima del Rio Grande do Norte. Madrid: ETSIA/UPM, 1991. 311p. (Tese de doutorado).
- AMARO FILHO, J.; MOTA, J.C.A.; SALDANHA, T.R.F. da C.; SILVEIRA, C.C. da. Monitoramento da solução do solo, em cultivo de melão fertirrigado no período da estação chuvosa, em Mossoró – RN. Científica Rural, Bagé, 7:8-16, 2002.
- ARCA, M.N. & WEED, S.B. Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxide and clay. Soil Science, 101:164-170, 1966.

- ASSIS JÚNIOR, R.N. de. Física do solo. Fortaleza: UFC/DCS, 1999. 52p. (Apostila).
- AYERS, R.S. A qualidade da água na agricultura. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. XXVIII, 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado I).
- BATISTA, M. de; J. NOVAES, F. de; SANTOS, D.G. dos. Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. 2.ed., Brasília: CODEVASF, 2002. 216p. (Série Informes Técnicos).
- BAVER, L.D. & FARNSWORTH, R.B. Soil structure effects on the growth of sugar beets. Soil Science American Proceedings. 5:45-48, 1940.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil physics. 4.ed., New York: John Wiley & Sons, 1972. 498p.
- BERNARDI, A.C. de C.; MACHADO, P.L.O. de A.; SILVA, C.A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E. de; PERES, J.R.R. (ed.) Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, p.61-77, 2002.
- BEURLEN, K. Geologia da região de Mossoró. Rio de Janeiro: Pongetti. Coleção Mossoroense, Série C, v. XVIII, 1967. 173p.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986a. pt. 1, p.363-375. (Agronomy Monography, 9).
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986b. pt. 1, p.377-382. (Agronomy Monography, 9).
- BODMAN, G.B. & CONSTANTIN, G.K. Influence of particle size distribution in soil compactation. Hilgardia, 36:567-591, 1965.
- BRINDLEY, G.W. Identification of clay minerals by X-ray diffraction analysis. In: Nat. Conf. on Clays and Clay Technology, 1th. Proceedings. San Francisco, Department of Natural Resources, 1955. p.119-129.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. Trad. de A.B. de Figueiredo Filho. 7.ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 594p.
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCracken, R.J.; SOUTHARD, R.J. Soil genesis and classification. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1989. 527p.
- CAPUTO, H.P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 3.ed., Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. v.1, 1973. 242p.

- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 14:99-105, 1990.
- CASANELLAS, J.P.; REGUERÍN, M.L.; LABURU, C.R. de. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2.ed., Madrid: Mundi-Prensa, 1999. 849p.
- CASTRO, E.B. Diagnose da salinidade de solos empregando extratos aquosos diluídos (1:5) em bacias hidrográficas do semi-árido do Nordeste do Brasil. Mossoró: ESAM/CEID, 1992. 54p. (Monografia de especialização).
- CHAGAS, F.C. das. Normais climatológicas para Mossoró-RN (1970-1996). Mossoró – RN: ESAM, 1997. 40p. (Monografia de graduação).
- CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; RUIZ, H.A.; BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). R. Bras. Ci. Solo, 27:311-324, 2003.
- CORRECHEL, V. Densidade do solo: influência da posição relativa à linha de plantio em dois sistemas de preparo do solo. Piracicaba: USP/ESALQ, 1998. 35p. (Dissertação de mestrado).
- CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. 2.ed., São Paulo: Nobel, 1983. 337p.
- DANIELSON, R.E. & SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. pt. 1, p.443-461. (Agronomy Monography, 9).
- DEMATTÊ, J.L.I. Zircônio e titânio da fração areia de solos. R. Bras. Ci. Solo, 2:74-77, 1978.
- DEMATTÊ, J.L.I. & MARCONI, A. A drenagem na mineralogia de solos desenvolvidos de diabásio em Piracicaba (SP). R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 15:1-8, 1991.
- DNOCS. Plano diretor para o aproveitamento dos recursos de solo e água do Vale do Apodi - Rio Grande do Norte. São Paulo: Hidroservice/Ministério do Interior/DNOCS (3ª Diretoria Regional), v. I, Tomo 1, 1978.
- DUARTE, M.N.; CURI, N.; PÉREZ, D.V.; KÄMPF, N.; CLAESSEN, M.E.C. Mineralogia, química e micromorfologia de solos de uma microbacia nos tabuleiros costeiros do Espírito Santo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:1237-1250, 2000.
- DUSI, A.N. Melão para exportação: Aspectos técnicos da produção. Brasília: DENACOOP, 1992. 38p. (Série Publicações Técnicas DENACOOP n.001/92).

- ELSON, J. & LUTZ, J.F. Factors affecting aggregation of cecil soils and effect of aggregation on run-off and erosion. *Soil Science*, Baltimore, 3:265-275, 1940.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999a. 370p.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999b. 412p.
- EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Disponível em <<http://www.cdbrasil.cnpem.br/rn>>. Acesso em 16 jan. 2004.
- ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.R.A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo na retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 20:159-162, 1996.
- ERNESTO SOBRINHO, F. Caracterização, Gênese e Interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. Viçosa: UFV, 1980. 133p. (Dissertação de mestrado).
- FAO/UNESCO/ISRIC. Mapa dos solos do mundo. Roma: FAO/UNESCO/ISRIC, 1997. 142p. (Relatório dos Recursos de Solos do Mundo).
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudoeste do Brasil, *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, 23:507-514, 1999.
- FONTES, M.P.F. Mineralogia do Solo (Versão Resumida). Viçosa: DS/UFV, 2002. np. (Apostila).
- FREIRE, J.C. Retenção de umidade em um perfil Oxissol do município de Lavras, Minas Gerais. Piracicaba: USP/ESALQ, 1975. 76p. (Dissertação de mestrado).
- FRUTISÉRIES. FrutiSéries Ceará Melão. Brasília: MI/SIH/DDH, set. 2003. 12p.
- GAVANDE, S.A. Física de suelos: principio y aplicaciones. México: Programex, 1972. 351p.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. pt. 1, p.383-411. (Agronomy Monography, 9).
- GOMES, A.S. & CABEDA, M.S.V. Consistência de solos argilosos-escuros do Rio Grande do Sul e sua importância agrônômica. In.: Congresso Brasileiro de Ciência

- do Solo, 15°, Santa Maria, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.50.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do estado de São Paulo. *Bragantia*. Campinas, 21:319-327, 1960.
- GROHMANN, F. Estrutura. In: *Elementos de Pedologia*. São Paulo: Polígono, p.101-110, 1972.
- HILLEL, D. *Soil and water: physical principles and processes*. New York: Academic Press, 1971. 288p.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited, 1967. 498p.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis. Advanced course*. 2.ed. Madison: University of Wisconsin, 1969. 895p.
- JACOMINE, P.K.T.; SILVA, F.B.R. e; FORMIGA, R.A.; ALMEIDA, J.C.; BELTRÃO, V. de A.; PESSOA, S.C.P.; FERREIRA, R.C. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: DPP/DA. Convênio MA/DNPEA/SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1971. 531p. (Boletim Técnico nº 21).
- JONES, C.A. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. *Soil Science Society of America Journal*, 47:1208-1211, 1983.
- JONHS, W.D.; GRIM, R.E.; BRADLEY, W.F. Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. *Journal Sedimentary Petrology*, 24:242-251, Dec., 1954.
- JORGE, J.A. Fósforo. In: MONIZ, A.C. (ed.) *Elementos de Pedologia*. São Paulo: Polígono, p.191-197, 1972.
- JORGE, J.A. Influência da subsolagem e gradagem do solo na dinâmica da água no perfil. Piracicaba: USP/ESALQ, 1983. 64p. (Tese de doutorado).
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. Relações entre óxidos de ferro e a cor em solos caulíníticos do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:27-31, 1983.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogenéticos e geoquímicos. In: R.F. de Novais, V.H. Alvarez e C.E.G.R. Schaefer (ed.) *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1:107-138, jul. 2000.
- KEMPER, W.D. & ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (ed.) *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison, American Society of

- Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. pt. 1, p.425-442. (Agronomy Monography, 9).
- KER, J.C. & RESENDE, M. Caracterização química e mineralógica de solos brunos subtropicais do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 14:215-225, 1990.
- KIEHL, E. J. Manual de Edafologia: relação solo-planta. Piracicaba: Ceres, 1979. 262p.
- KIEHL, J. de C. & LAMBAIS, M.R. Fertilidade do solo. Piracicaba: USP/ESALQ, 1994. 94p.
- KINJO, T. Capacidade de troca de cátions em relação ao pH do solo. Piracicaba: USP/ESALQ, 1967. 49p. (Dissertação de mestrado).
- KLEIN, V.A. & LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo, 26:857-867, 2002.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. pt. 1, p.635-662. (Agronomy Monography, 9).
- KORNDÖRFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H.; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. R. Bras. Ci. Solo, 23:101-106, 1999.
- LEMOS, M. do S. da S.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G. de S. e M.; ERNESTO SOBRINHO, F. Evaluation of characteristics of Cambisols derived from limestone in low tablelands in Northeastern Brazil: Implications for management. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 32:825-834, 1997.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. dos. Manual de descrição e coleta do solo no campo. Campinas: SBCS/SNLCS, 1984. 46p.
- LEPSCH, I.F.; MONIZ, A.C.; ROTTA, C.L. Evolução mineralógica de solos derivados da Formação Bauru em Echaporã, São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 1:38-43, 1977.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba: o autor, 2000. 509p.
- LIMA, D. de A. Notas para a fitogeografia de Mossoró, Grossos e Areia Branca. Mossoró: Coleção Mossoroense, v.27, 1974. 48p.
- LIMA, D. de A. Plantas das Caatingas. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243p.
- LIMA, J.M. de. Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG). Lavras: UFLA, 1987. 86p. (Dissertação de mestrado).

- MACHADO, M.I.C. da S. O fósforo nos solos da região sul do Rio Grande do Sul – Formas, capacidade máxima de adsorção e poder tampão. Pelotas: UFPEL, 1992. 100p. (Dissertação de mestrado)
- MAFRA, R.C. Agricultura de sequeiro no trópico semi-árido: um delineamento de compromisso para a realização da pesquisa. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1981. 59p.
- MANRIQUE, L.A. & JONES, C.A. Bulk density of soil in relation to soil physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 55:476-480, 1991.
- MELLO, J.W.V. de. Química do ferro. Viçosa: UFV/DCS, 199-?, 17p. (Nota de aula).
- MELO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J. de C. Fertilidade do solo. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.
- MELO, V.F.; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G.R. Características dos óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solos. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:19-32, 2001.
- MENDES, A.C.T. Identificação das argilas do solo por difração do raio X. Piracicaba: USP/ESALQ/DSG, 1972. 34p.
- MENEZES, J.B.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MAIA, C.E.; ANDRADE, G.G. de; ALMEIDA, J.H.S. de; VIANA, F.M. Características do melão para exportação In: Manual de melão para exportação – Procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, p.12-21, 2000.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/sarc/profruta/pdf/exportacao/frutas_agosto_03.pdf> . Acesso em 15 out. 2003.
- MIYAZAKI, T. Water Flow in soils. New York: Marcel Dekker, Inc., 1993. 296p.
- MONIZ, A.C. Evolução de conceitos no estudo da gênese de solos. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 20: 349-362, 1996.
- MORAIS, F.A. de S.L. Estudos de perfis representativos do município de Mossoró - RN. Mossoró: ESAM, 1998. 55p. (Monografia de graduação).
- MOREIRA, F.L.M. Influência de atributos físicos, químicos e mineralógicos sobre a capacidade de adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. Fortaleza: UFC, 2000. 68p. (Dissertação de mestrado).
- MOTA, F.O.B. Retenção de água em um perfil Alfissol do município de Mossoró – RN. Piracicaba: USP/ESALQ, 1976. 70p. (Dissertação de mestrado).

- MOTA, F.O.B.; OLIVEIRA, J.B.; GEBHARDT, H. Mineralogia de um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e de um Planossolo Háptico Eutrófico solódico numa toposseqüência de gnaiss no sertão central do Ceará. R. Bras. Ci. Solo, 26:607-618, 2002.
- MOTA, J.C.A. & AMARO FILHO, J. Determinação de fertilização do meloeiro. Científica Rural, Bagé, 7:17-20, 2002.
- NEGREIROS, R.F.D. de; MOTA, J.C.A.; AMARO FILHO, J. Efeito da adição de compostos orgânicos na retenção de umidade em areias quartzosas. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 53ª, Salvador/BA, 2001.
- NEPTUNE, A.M.L. Fertilidade do solo – II Parte. Piracicaba: USP/ESALQ/DSG/CES, 1976. 203p.
- NÓBREGA, J.C.A. Adição de fosfato e de micorriza na estabilidade de agregados em amostras de Latossolos cultivados e não cultivados. Lavras: UFLA, 1999. 64p. (Dissertação de mestrado).
- NOY, J. Micronutrients for plants. Israel: Haifa, s. d., 13p.
- NUNES, W.A.G.A.; KER, J.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; GOMES, F.H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do "Mar de Morros", Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 25:341-354, 2001.
- OLIVEIRA, J.B. de. Fatores de Formação. In: MONIZ, A.C. (ed.) Elementos de Pedologia. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., cap. 23, p.275-88, 1975.
- OLIVEIRA, M. de. Comportamento de características e propriedades físicas de um Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivo na região de Lavras, Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1979. 136p. (Dissertação de mestrado).
- OLIVEIRA, M. de.; CURI, N.; FREIRE, J.C. Influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa de região de Lavras (MG). R. Bras. Ci. Solo, 7:317-322, 1983.
- PALADINI, F.L.S. & MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 15:135-140, 1991.
- PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; SILVA, J.B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. R. Bras. Ci. Solo, 23:189-195, 1999.

- PEDROSA, J.F. Cultura do melão. 4.ed., Mossoró: ESAM, 1997. 51p. (Notas de aulas).
- PEDROTTI, A.; FERREIRA, M.M.; CURI, N.; SILVA, M.L.N.; LIMA, J.M.; CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. R. Bras. Ci. Solo, 27:1-9, 2003.
- PRATT, P.F. Química do solo. Trad. de A. Nascimento e L. Vettori. n.1, convênio MA/DPFS – USAID/BRASIL, fev. 1966. 88p.
- RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. Campinas: IAC, 1967. 67p. (Tese de doutorado).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C.A. de. Os métodos de análise química do sistema IAC de análise de solo no contexto nacional. In: van Raij, J.C. de Andrade, H. Cantarella e J.A. Quaggio (ed.) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, p.5-39, 2001.
- RANDO, E.M. Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo Distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional. Lavras: ESAL, 1981. 161p. (Dissertação de mestrado).
- RANZANI, G. Origem e desenvolvimento do solo. Piracicaba: o autor, 1969. 217p.
- REBOUÇAS, H.G. de P. Adensamento ou compactação de Argissolos do município de Pacajús - Ceará. Fortaleza: UFC, 2001. 78p. (Dissertação de mestrado).
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4.ed., Fundação Cargill, 1985. 445p.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Editora Manole Ltda., 1990. 188p.
- REICHERT, J.M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros do solo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 17:283-290, 1993.
- RESENDE, M. Pedologia. Viçosa: UFV, 1982. 100p.
- RESENDE, M. Nordeste: Ambiente agrícolas, problemas e sugestões de pesquisa. Mossoró: Coleção Mossoroense, Série A, n. XXIX, 1989.
- RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.C.D.; FERREIRA, M. da G. de V.X. Caracterização e gênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do sertão de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 15:75-81, 1991.
- ROBINSON, F.E. Required per cent air space for normal growth of sugar cane. Soil Science. Baltimore, 98:206-207, 1964.

- RODRIGUES FILHO, F. Rendimento e qualidade do melão híbrido Gold mine adubado mineral e organicamente. Mossoró: ESAM, 1998. 62p. (Dissertação de mestrado).
- RODRIGUES, T.E. & KLAMT, E. Mineralogia e gênese de uma seqüência de solos do Distrito Federal. R. Bras. Ci. Solo, 2:132-139, 1978.
- ROMANELLI, T.L. & RODELLA, A.A. Relações entre capacidade de troca catiônica e pH do solo com outros atributos do mesmo. In.: Simpósio de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, 6º, Ribeirão Preto, 1998. Anais..., 1998. p.518.
- ROMERO, R.E. Gênese e degradação de duripãs em uma toposseqüência dos tabuleiros costeiros, Conde - BA. Piracicaba: USP/ESALQ, 2003. 144p. (Tese de doutorado).
- SANTOS, H.L. dos & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 11:97-100, 1987.
- SCARDUA, R. Porosidade livre de água de dois solos do município de Piracicaba – SP. Piracicaba: USP/ESALQ, 1972. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- SENA, A.E.S. de. Levantamento, Classificação taxonômica e de Capacidade de uso dos solos da Estação Florestal Experimental (EFLEX) do IBAMA, Sobral-Ceará. Fortaleza: UFC, 1994. 132p. (Dissertação de mestrado).
- SERHID. Bacia 01 - Apodi-Mossoró. Disponível em <<http://www.serhid.rn.gov.br//detalhe.asp?IdPublicacao=137>>. Acesso em 22 ago. 2001.
- SHARMA, M.L. & UEHARA, G. Influence of soil structure on water relations in Low Humic Latosols. Soil Science American Proceedings. Madison, 32 (6):765-770, 1968.
- SOARES, M.R. Atributos químicos da fração grosseira de alguns solos do sudoeste brasileiro. Piracicaba: USP/ESALQ, 2001. 105p. (Dissertação de mestrado).
- SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy, 5th edition, United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. SMSS Technical Monograph 19. Pocahontas Press Inc. Blacksburg, Virginia, 1992. 541p.
- SOLIS, F.A.M. Fixação de fósforo em solos que receberam quantidades variáveis das argilas vermiculita e caulinita. Piracicaba: USP/ESALQ, 1981. 88p. (Dissertação de mestrado).
- SOPRANO, E. & KOLLER, O.L. Efeito de níveis de pH do solo sobre o crescimento de porta-enxerto de citros. In.: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 23º, Porto Alegre, 1991. Anais, 1991. p.230.

- SOUZA, E.A. de; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, M. da G. de V.X. Caracterização e gênese de solos do baixio de Irecê (BA). R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 17:89-97, 1993.
- SOWERS, G.F. Consistency. In: KLUTE, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1965. pt. 1, p.545-566. (Agronomy Monography, 9).
- TEDROW, J.C.F. Properties of sand and silt fractions in New Jersey soils. Soil Science, 101:24-30, 1966.
- THURLER, A. de M. Estimativa da macro e da microporosidade através da granulometria e densidades de partículas e do solo. Piracicaba: USP/ESALQ, 1989. 66p. (Dissertação de mestrado).
- U. S. SALINITY LABORATORY STAFF. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. L.A. Richards (ed.) Agriculture Handbook, n.60. USDA, Washington D. C., 1960. 160p.
- VAN GENUCHTEN, M.TH. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-897, 1980.
- VERDADE, F. da C. Análise química total. In: MONIZ, A.C. (ed.) Elementos de Pedologia. São Paulo: Polígono, p.209-221, 1972.
- VIEIRA, L.S. Manual de ciência do solo com ênfase aos solos tropicais. 2.ed., São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1988. 463p.
- VITORINO, A.C.T. Relação da mineralogia e química do solo com a dispersão de argila e estabilidade de agregados do tamanho de silte. Lavras: UFLA, 2001. 79p. (Tese de doutorado).
- WUTKE, A.C.P. Acidez. In: MONIZ, A.C. (ed.) Elementos de Pedologia. São Paulo: Polígono, p.149-168, 1972.

ANEXO A



Figura 01 - Perfil do Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (CXve).



Figura 02 - Perfil do Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAe).



Figura 03 - Perfil do Argissolo Vermelho distrófico arênico (PVD).

ANEXO B

Perfil N.º 1

Data: 07/09/2002

CLASSIFICAÇÃO - Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico - CXve.

LOCALIZAÇÃO: Estado do Rio Grande do Norte, município de Baraúna, Faz. Vila Nova, a 250 m da estrada vicinal interna.

SITUAÇÃO: Trincheira aberta em área explorada com a cultura do melão nas coordenadas S 5° 04,882' WO 37° 41,717'.

ALTITUDE: 128 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Calcário Jandaíra.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Calcário Jandaíra.

RELEVO LOCAL E REGIONAL: Plano.

PEDREGOSIDADE: Ausente.

EROSÃO: Ligeira.

DRENAGEM: Boa.

VEGETAÇÃO LOCAL E REGIONAL: Caatinga hiperxerófila.

USO ATUAL: Exploração da cultura do melão.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

- Ap 0-10cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, seco), bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco-argiloarenoso; fraca pequena blocos subangulares; macio, muito friável, plástico, pegajoso; transição plana e clara.
- BA 10-32cm; vermelho-amarelado (5YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); franco-argiloarenoso; fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico, pegajoso; transição plana e clara.
- Bi1 32-48cm; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco), bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); franco-argiloarenoso; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; transição plana e gradual.
- Bi2 48-115cm; bruno-forte (7,5YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); franco-argiloarenoso; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; transição plana e abrupta.
- BC 115-163cm+; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, seco), amarelo-brunado

(10YR 6/8, úmido); franco-argiloarenoso; moderada média blocos subangulares; macio, muito friável, plástico, pegajoso.

CONCREÇÕES: Presença de cascalho no horizonte BC.

RAÍZES: Muitas no Ap e BA, comuns no Bi1, Bi2 e BC.

EXAMINADORES: Amaro Filho, J.; Assis Júnior, R. N. de; Mota, J. C. A.

Perfil N.º 2

Data: 21/09/2002

CLASSIFICAÇÃO - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico - LVAe.

LOCALIZAÇÃO: Estado do Rio Grande do Norte, município de Mossoró, a 300 m da BR 304, km 0, à esquerda no sentido Mossoró/Fortaleza.

SITUAÇÃO: Trincheira aberta em área explorada com a cultura do melão nas coordenadas S 4° 52,929' WO 37° 26,808'.

ALTITUDE: 46 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos do Grupo Barreiras.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Calcário Fossilífero referente ao Cretáceo.

RELEVO LOCAL E REGIONAL: Plano.

PEDREGOSIDADE: Ausente.

EROSÃO: Ligeira.

DRENAGEM: Boa.

VEGETAÇÃO LOCAL E REGIONAL: Caatinga hiperxerófila.

USO ATUAL: Exploração da cultura do melão.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

- Ap1 0-28cm; vermelho (2,5YR 5/6, seco), vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-arenoso; forte pequena e média blocos angulares e subangulares; extremamente duro, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e abrupta.
- Ap2 28-63cm; vermelho (2,5YR 5/6, seco), vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-arenoso; fraca pequena e média blocos angulares e subangulares; macio, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.
- BA 63-180cm; vermelho-amarelado (5YR 5/6, seco), vermelho-amarelado (5YR 4/8, úmido); franco-argiloarenoso; fraca pequena e média blocos angulares e subangulares; macio, muito friável, plástico, pegajoso; transição plana e clara.
- Bw 180-200cm+; vermelho (2,5YR 4/8, seco), vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-argiloarenoso; forte pequena e média blocos angulares e subangulares; duro, friável, plástico, pegajoso.

RAÍZES: Comuns em Ap1, Ap2 e BA e raras em Bw.

EXAMINADORES: Amaro Filho, J.; Assis Júnior, R. N. de; Mota, J. C. A.

Perfil N.º 3

Data: 21/09/2002

CLASSIFICAÇÃO - Argissolo Vermelho distrófico arênico - PVd.

LOCALIZAÇÃO: Estado do Rio Grande do Norte, município de Mossoró, a 300 m da sede da fazenda "Rafael Fernandes".

SITUAÇÃO: Trincheira aberta em área explorada com a cultura do cajueiro nas coordenadas S 5° 3,646' WO 37° 24,005'.

ALTITUDE: 46 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Sedimentos do Grupo Barreiras.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Calcário Fossilífero Cretáceo.

RELEVO LOCAL E REGIONAL: Plano.

PEDREGOSIDADE: Ausente.

EROSÃO: Ligeira.

DRENAGEM: Boa.

VEGETAÇÃO LOCAL E REGIONAL: Caatinga hiperxerófila.

USO ATUAL: Exploração da cultura do cajueiro anão precoce.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

- Ap 0-19cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco), vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); areia; fraca pequena blocos subangulares; solto, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.
- BA 19-85cm; vermelho (2,5YR 4/8, seco), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido); areia franca; fraca pequena e média blocos subangulares; solto, muito friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e gradual.
- Bt1 85-166cm; vermelho (2,5YR 4/6, seco), vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-arenoso; fraca pequena blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- Bt2 166-210cm+; vermelho (10R 4/8, seco), vermelho-escuro (10R 3/6, úmido); franco-arenoso; fraca pequena e média blocos subangulares; solto, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

RAÍZES: Comuns em Ap e BA e poucas em Bt1 e Bt2.

EXAMINADORES: Amaro Filho, J.; Assis Júnior, R. N. de; Mota, J. C. A.