

ALISON VAN DER LINDEN DE ALMEIDA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-HÍDRICA DE
NEOSSOLOS REGOLÍTICOS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO**

GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL

JULHO - 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-HÍDRICA DE
NEOSSOLOS REGOLÍTICOS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO

ALISON VAN DER LINDEN DE ALMEIDA

SOB ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR
MARCELO METRI CORRÊA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção agrícola, para obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL

JULHO - 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-HÍDRICA DE
NEOSSOLOS REGOLÍTICOS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO

ALISON VAN DER LINDEN DE ALMEIDA

GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL

JULHO - 2014

Ficha Catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

A447c Almeida, Alison Van Der Linden de
Caracterização morfológica, química e físico-hídrica
de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de
Pernambuco / Alison Van Der Linden de Almeida.-
Garanhuns, 2014.

75 f.
Orientador: Marcelo Metri Corrêa
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) -
Universidade Federal Rural de Pernambuco –
Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2014.
Inclui bibliografias

CDD: 634.1

1. Lamelas
 2. Solos arenosos - Pernambuco
 3. Micromorfologia
- I. Corrêa, Marcelo Metri
 - II. Título

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-HÍDRICA DE
NEOSSOLOS REGOLÍTICOS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO**

ALISON VAN DER LINDEN DE ALMEIDA

APROVADO EM: 08 DE JULHO DE 2014

ANTÔNIO C. DANTAS ANTONINO
(UFPE-DEN)

EDUARDO SOARES DE SOUZA
(UFRPE-UAST)

MARCUS METRI CORRÊA
(UFRPE-DTR)

MARCELO METRI CORRÊA
(UFRPE-UAG)

Ao Senhor JESUS CRISTO, o meu escudo e a minha fortaleza...

Ao meu PAI, exemplo de caráter...

À minha MÃE, exemplo de amor e dedicação...

À minha NAMORADA, pelo carinho e incentivo...

Aos PARENTES e AMIGOS, por acreditarem em mim...

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, simplesmente por ser único, perfeito e misericordioso, por me dar amor, sabedoria e a oportunidade de desfrutar de uma vida cheia de bênçãos e milagres.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e o Curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola pela oportunidade de me proporcionar experiências únicas durante mais de 7 anos.

Ao professor-orientador Marcelo Metri Corrêa, pelos ensinamentos e inúmeras horas de paciência prestadas durante a realização desta obra. Muito obrigado professor!

Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola e Coorientador José Romualdo de Sousa Lima pela oportunidade e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Antônio C. Dantas Antonino, Eduardo Soares de Souza e Marcus Metri Corrêa pelos conhecimentos transmitidos, contribuindo para o enriquecimento do presente trabalho.

A USP/ESALQ pela confecção das lâminas e disponibilidade do Laboratório de Micropedologia para a realização das análises durante o estágio de pós-doutorado do professor Marcelo Metri Corrêa.

A CAPES, pela concessão da bolsa que possibilitou a minha dedicação exclusiva ao Curso de Mestrado e conclusão dessa obra.

Aos meus pais, José Alaim de Almeida Júnior e Ana Cristina Van Der Linden de Almeida, pelo carinho, educação e construção da minha índole, por estarem presentes em todas as etapas da minha vida.

À minha namorada e futura esposa, Pricila Maria Lira Barros, pelo apoio, incentivo e amor incondicional nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos, José Alaim de Almeida Neto e Charlene Cristina Van Der Linden, por serem sempre um pedaço de mim.

À minha avó, Lenice de Freitas Van Der Linden, pelo carinho e por ser essa pessoa tão importante e especial.

Aos amigos-irmão: José Jairo, Jéssyca Dellinhares, Jorge Bernardo, Abraão Cícero, Luan Danilo e Pedro Campos.

Ao pessoal responsável pelos laboratórios de Física e Classificação dos Solos e Química e Fertilidade do Solo, pela ajuda nas análises, especialmente a Luiz Anibal, Aline Oliveira e Karoline Padilha.

Aos donos das propriedades de Paratama, Timóteo e Severino, e São João, José Cícero, que disponibilizaram suas áreas como fonte de estudo para pesquisa e elaboração das análises.

Aos familiares, amigos, professores e colegas de Mestrado que não citados nominalmente, porém fundamentais na construção da minha pessoa e do meu conhecimento.

BIOGRAFIA

ALISON VAN DER LINDEN DE ALMEIDA, filho de José Alaim de Almeida Júnior e Ana Cristina Van Der Linden de Almeida, nascido em Garanhuns, Estado de Pernambuco, no dia 15 de abril de 1988.

Em 2005 finalizou o ensino médio no Colégio Monsenhor Ademar da Mota Valença (CMA) na cidade de Garanhuns, estado de Pernambuco.

Em 2007 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG), graduando-se em 2011.

Em 2012 ingressou no Curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG).

Em Julho de 2014 submeteu-se à banca para a defesa da Dissertação.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| LISTA DE FIGURAS..... | 11 |
| LISTA DE TABELAS..... | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 2.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS..... | 20 |
| 2.2. DESCRIÇÃO DOS PERFIS E COLETA DAS AMOSTRAS..... | 22 |
| 2.3. ATRIBUTOS FÍSICOS..... | 23 |
| 2.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS..... | 24 |
| 2.5. ATRIBUTOS HÍDRICOS..... | 24 |
| 2.6. MINERALOGIA DA FRAÇÃO AREIA E MICROMORFOLOGIA..... | 26 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 3.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS..... | 27 |
| 3.2. ATRIBUTOS FÍSICOS..... | 32 |
| 3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS..... | 39 |
| 3.4. ATRIBUTOS HÍDRICOS DOS SOLOS..... | 43 |
| 3.4.1. CURVA DE RETENÇÃO DOS NEOSSOLOS REGÓLITICOS..... | 43 |
| 3.4.2. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS..... | 49 |
| 3.5. MINERALOGIA E MICROMORFOLOGIA..... | 55 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 70 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 71 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Distribuição geográfica dos perfis de Neossolos Regolíticos nos municípios de Caetés, Paratama e São João.20
- Figura 2. Trincheiras dos perfis de Neossolos Regolíticos analisados. A = P1 (Caetés); B = P2 (Paratama); C = P3 (São João).23
- Figura 3. (A) Lamelas distribuídas ao longo do horizonte C1 do P3. (B) Bloco retirado do P3 contendo lamelas.31
- Figura 4. Curvas de retenção dos perfis de Neossolos Regolíticos de Caetés (P1), Paratama (P2) e São João (P3), localizados no Agreste Meridional de Pernambuco.45
- Figura 5. Densidade de fluxo dos horizontes do Neossolo Regolítico localizado em Paratama (P2), estado de Pernambuco.51
- Figura 6. Densidade de fluxo dos horizontes do Neossolo Regolítico localizado em São João (P3), estado de Pernambuco.52
- Figura 7. Difractogramas de Raio X da fração areia do P2 e P3.55
- Figura 8. Micrografias do material grosso dos solos estudados. (a) quartzo policristalino interlobado; (b) quartzo com deformação sintectônica; (c) quartzo fraturado com preenchimento de material hematítico; (d) feldspato com geminação tartan (microclina); (e) fragmento de rocha; (f) plagioclásio; (g) mica, provavelmente biotita em ppl, com manchas vermelhas (h) foto anterior em xpl.59
- Figura 9. Micrografias do horizonte C1 do P3. (a) representação das zonas da lâmela e inter-lamelas; (b) distribuição dos componentes da zona inter-lamelas; (c) distribuição dos componentes da zona da lamela em ppl; (d) foto anterior em xpl. Re: Revestimento; Pe: Preenchimento; Po: Pontes.61
- Figura 10. Micrografias da microestrutura grãos compactos na forma de empacotamento aglomerático denso do C2 (Setas vermelhas = cavidades irregulares; setas amarelas = zonas empacotadas).63
- Figura 11. Micrografias em luz negra (ultravioleta) dos solos estudados. (a) horizonte C1 do P3; (b) horizonte C3 do P3; (c) horizonte AC do P2; (d) horizonte C2 do P2. Seta vermelha destaca revestimento de material fino em grãos de quartzo. Qz: Quartzo, P: Poro; Re: Revestimento de argila; Pn: Pontes.64
- Figura 12. Micrografias binarizadas dos perfis de São João (P3) e Paratama (P2) e distribuição da porosidade total por área e número de poros, quanto ao tamanho e formato. Peq.: pequeno, Méd.: médio, Gra.: grande, Arred.: arredondado, Along.: alongado, Comp.: complexo e PT: Porosidade Total.67

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Localização e descrição simplificada dos locais dos perfis estudados. | 22 |
| Tabela 2. Atributos morfológicos dos Neossolos Regolíticos estudados. | 28 |
| Tabela 3. Atributos físicos dos Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco. | 33 |
| Tabela 4. Fracionamento da areia dos Neossolos Regolíticos. | 38 |
| Tabela 5. Atributos químicos dos Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco. | 40 |
| Tabela 6. Capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível de Neossolos Regolíticos localizados no Agreste de Pernambuco. | 47 |
| Tabela 7. Distribuição do tamanho dos poros (%) nos horizontes dos perfis de Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco. | 54 |
| Tabela 8. Atributos micromorfológicos dos horizontes do perfil 2 (Paranatama) e 3 (São João), ambos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco. | 56 |

RESUMO

No Agreste Meridional de Pernambuco os Neossolos Regolíticos são utilizados em diversas atividades agrícolas, onde se destaca a produção de feijão. O potencial produtivo desses solos pode ser diferente entre os municípios de ocorrência em virtude do comportamento físico-hídrico apresentado por esses solos, ou pela ocorrência de lamelas em algumas áreas, que podem contribuir para uma maior produção. Objetivou-se no presente estudo analisar as características morfológicas, químicas e físico-hídricas de Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco com a finalidade de se entender o comportamento da água nesses solos. Foram analisados os atributos morfológicos, físicos, químicos, hídricos, mineralógicos e micromorfológicos de três perfis, sendo P1 (Caetés), P2 (Paranatama) e P3 (São João). Foram encontradas lamelas nos horizontes C1 e C2 do P3, que podem estar ligadas a um aumento da retenção de água nesse perfil. Os atributos morfológicos e químicos não mostraram diferenças que justificassem um diferencial produtivo de feijão entre os perfis. O estudo hídrico e micromorfológico mostrou que o P3 apresenta maior capacidade de retenção de água, melhor distribuição dos diâmetros de poros, além de possuir uma porosidade e empacotamento do material que favorece uma maior retenção de água que os P1 e P2, principalmente nos horizontes C2 e C4. Essas características do P3 fazem com que esse perfil apresente um maior potencial produtivo que os perfis P1 e P2.

Palavras-chave: Lamelas, Solos arenosos, Micromorfologia.

ABSTRACT

In the meridional agreste of Pernambuco, the Regolithic Neosol are used in various agricultural activities, which includes the production of beans. The productive potential of these soils may be different between the municipalities of occurrence due to the physical-hydric behavior exhibited by these soils, or the occurrence of lamellae in some areas, which may contribute to greater production. The objective of this study was to investigate the morphological, chemical and hydro-physical characteristics of Regolithic Neosol located in the meridional agreste of Pernambuco in order to understand the behavior of water in these soils. Morphological, physical, chemical, water, mineralogical and micromorphological attributes of three profiles, being P1 (Caetés), P2 (Paranatama) and P3 (São João) were analyzed. Lamellae were found in horizons C1 and C2 of P3, which may be related to an increase in water retention profile. The morphological and chemical characteristics showed no differences to justify a differential productive bean between profiles. The micromorphology and hydric study showed that P3 has greater capacity to retain water, better distribution of pore diameters, and has a porosity and packaging material that promotes increased water retention than P1 and P2, mainly in C2 horizons and C4. The characteristics of P3 make this profile presents a higher yield potential than the profiles P1 and P2.

Keywords: Lamellae, Sandy soils, Micromorphology.

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Sistema de Informação Territorial (SIT) do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), o Agreste Meridional de Pernambuco está geograficamente localizado entre a Zona da Mata e o Sertão pernambucano, situando-se sobre o Planalto da Borborema em uma altitude média de 400-800 metros, podendo chegar a 1000 metros na microrregião de Garanhuns. Abrange uma área de aproximadamente 13.153,50 km², sendo constituído por 20 municípios, dentre eles: Caetés, Paranatama e São João. O clima varia bastante em decorrência do relevo, podendo ter áreas com temperaturas mais amenas e índices pluviométricos mais satisfatórios, assim como áreas com clima mais quente e árido. De forma geral, mostra-se como uma área de transição, apresentando clima semi-úmido, com período de chuvas concentrados nos meses de abril a julho (Arcoverde, 2007; SIT, 2011).

As áreas rurais do Agreste Meridional Pernambucano são reconhecidas economicamente pela presença marcante da pecuária leiteira, com a produção de leite e derivados de forma artesanal e industrial, sendo considerada a bacia leiteira do estado. Entretanto, a agricultura também é muito difundida, mais notadamente por pequenos produtores, que exploram principalmente as culturas do feijão, do milho e da mandioca. É responsável por 59,7% da produção de feijão do estado, sendo que o município de São João se destaca como maior produtor de Pernambuco, produzindo mais de 24% do total produzido no estado (SIT, 2011).

De acordo com o levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco (Embrapa, 2006) os principais solos que ocorrem nos municípios pertencentes à mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco são Neossolos Regolíticos e Argissolos Vermelho-Amarelo, podendo ocorrer também outros tipos de solos.

Segundo Stümer (2008), o comportamento da água no solo é determinado principalmente pelos potenciais gravitacional, matricial, osmótico e de pressão da água. Assim, a água que chega a superfície do solo pela precipitação e/ou irrigação é armazenada no solo pelas forças de adesão ou atração entre as moléculas de água e as partículas do solo,

ou seja, pelo potencial matricial. Essa água pode ser percolada no perfil do solo ou não ser infiltrada e levada por escoamento superficial devido ao potencial gravitacional. O potencial osmótico está relacionado à presença de solutos no solo e o potencial de pressão é importante quando existe uma lâmina de água no solo que proporciona uma carga hidráulica.

O solo é um fator de extrema importância e que influencia diretamente no crescimento e desenvolvimentos das plantas. Assim, suas características físicas, químicas, biológicas e mineralógicas atuam favorecendo ou dificultando o potencial produtivo dos vegetais. Ou seja, a densidade, porosidade, compactação, fertilidade, aeração, infiltração e armazenamento de água, composição mineralógica, pH, teor de matéria orgânica, dentre outras características do solo possuem relativa importância para as plantas, atuando diretamente sobre o comportamento e potencial produtivo das mesmas.

Para Dexter (2004), a qualidade de um solo está relacionada às características físicas, químicas e biológicas inerentes ao mesmo. Assim, um solo com características físicas boas, do ponto de vista agrícola e ambiental, apresenta uma infiltração e retenção de água adequada, boa porosidade e aeração, ou seja, características que permitam o enraizamento das plantas de forma que elas possam expressar seu potencial produtivo.

A textura do solo é uma propriedade que interfere na capacidade de retenção e na taxa de infiltração de água. Assim, nos solos de textura mais arenosa, a infiltração irá ocorrer de maneira mais rápida, havendo uma menor retenção de água ocasionada pelo espaço poroso com predomínio de macroporos que facilitará a drenagem livre dessa água. Por outro lado, de modo geral, nos solos de textura mais argilosa a infiltração geralmente é mais lenta, ocorrendo uma maior retenção de água no perfil do solo, proporcionada pela maior presença de microporos (Azevedo et al., 2007).

O fluxo de água e a capacidade de aeração são fatores importantes ligados a estruturação dos solos e que se relacionam diretamente ao suprimento de água e ar às raízes das culturas. Assim, a curva de retenção, que é a relação entre o conteúdo de água no solo e a energia que retém essa água, é um parâmetro essencial para descrever a dinâmica da água nos solos, bem como a disponibilidade dessa água para as plantas (Abreu et al., 2004).

A permeabilidade do solo depende, segundo Beutler et al. (2001), da quantidade, continuidade e do tamanho dos poros, sendo que a compactação e a descontinuidade dos poros são responsáveis pela redução de forma significativa da permeabilidade do solo a água, como também ao ar. Já Fontanela (2008) cita que a distribuição e a forma das partículas do solo, a distribuição dos tamanhos dos poros, a tortuosidade e a superfície específica são características que interferem na permeabilidade do solo ao ar.

A porosidade do solo influencia na aeração, condução e retenção de água e na resistência à penetração das raízes no solo (Tognon, 1991). Os poros dos solos são a região onde ocorrem os processos dinâmicos de água e ar (Hillel, 1972), constituindo a fração volumétrica ocupada por ar e pela solução do solo (água e nutrientes). Para Marques (2000), os poros são representados por cavidades de diferentes formatos e tamanhos, que por sua vez são influenciados pelo arranjo das partículas sólidas. Assim, um solo ideal do ponto de vista agrícola é aquele que apresenta volume e dimensão de poros que favoreçam a entrada, movimentação e retenção de água, e desta forma, contribuam de maneira eficiente para o desempenho produtivo das culturas.

Segundo Rolim Neto (1991), podem ocorrer nos perfis de Neossolos Regolíticos a presença de lamelas, que são camadas pouco espessas de ocorrência comum em muitos solos, principalmente os arenosos. São constituídas por concentração de argilas, associada ou não com óxidos de ferro, carbonatos e/ou matéria orgânica. Possuem origem geológica, ou podem ser oriundas de processos pedogenéticos, ou ainda, possuem origem mista ou desconhecida. Sua formação pode está relacionada também com o movimento de água, no sentido vertical para baixo ao longo do perfil, ocasionando uma estratificação textural do material de origem e deposição gravitacional da argila dentro dos poros.

Cordeiro Santos & Castro (2006) dizem que as lamelas vêm sendo estudadas desde o início do século XX e conhecidas com essa denominação desde a década de 1960. Correspondem a faixas de concentração de frações finas, basicamente argilas, siltes ou óxido-hidróxidos de ferro, sendo em geral de espessura centimétrica. São pequenas camadas de conformação ondulada, encontradas normalmente em horizontes superiores de solos arenosos.

Segundo a Embrapa (2013), o nome Neossolo surge do grego “néos”, que significa solo novo ou moderno, ou seja, solos jovens em início de formação. Esses solos podem ser subdivididos no 2º nível categórico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), em Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Regolíticos. De forma geral, são solos de constituição predominantemente mineral, podendo ter material orgânico pouco espesso (menos que 30 cm de espessura). Caracteriza-se por não apresentar horizonte B diagnóstico, possuindo poucas alterações expressivas com relação ao material de origem, justificado pela baixa intensidade da ação dos processos pedogenéticos. Possuem sequência de horizontes A-R, A-C-R, A-Cr-R, A-Cr, A-C, O-R ou H-R.

Os Neossolos Regolíticos possuem horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr e contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm, podendo apresentar horizonte Bi (incipiente) com menos de 10 cm de espessura, além de possuírem 4% ou mais de minerais primários de fácil intemperização na fração areia total e/ou no cascalho nos primeiros 150 cm do solo. São solos com baixo teor de matéria orgânica e fósforo, com alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água. Podem ser eutróficos ou distróficos, com fragipã e/ou caráter solódico, resultando em diferentes características físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas decorrentes de sua gênese (Jacomine, 1996; Embrapa, 2013).

Segundo Santos et al. (2012), os Neossolos Regolíticos são formados a partir de gnaisses e granitos, ocorrem em relevos variando de planos a ondulados, com textura variando de areia a franco-arenosa e estrutura de grãos simples a maciça, além de ser solos com CTC baixa e constituição mineralógica predominantemente composta de quartzo, sempre com ocorrência de feldspatos.

Os Neossolos ocorrem praticamente em todas as regiões brasileiras, entretanto não apresentam elevada representatividade espacial no país, ocorrendo geralmente de forma dispersa em ambientes específicos. No caso dos Neossolos Regolíticos, os mesmos são encontrados principalmente nas zonas do semiárido nordestino e no Mato Grosso do Sul, estando presente, em menores concentrações, em alguns pontos da região serrana do Sudeste. Dentre os principais tipos de solos encontrados no estado de Pernambuco, 27%

são Neossolos Regolíticos, que são muito utilizados em atividades agrícolas, especialmente pela agricultura familiar, onde o feijão destaca-se como sendo uma cultura bastante difundida (Embrapa, 2006; Embrapa, 2013).

Objetivou-se no presente estudo analisar os atributos morfológicos, físicos, químicos, hídricos, mineralógicos e micromorfológicos de Neossolos Regolíticos do Agreste Meridional de Pernambuco, bem como da ocorrência de lamelas e influência das mesmas no comportamento hídrico desses solos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS

O estudo foi realizado em três propriedades localizadas em municípios distintos, ambos pertencentes à mesorregião do Agreste Meridional de Pernambuco. A seleção das áreas foi baseada no Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco (Embrapa, 2006), onde se verificou a ocorrência de Neossolos Regolíticos em várias regiões do estado. Dessa forma, foram selecionadas áreas de Neossolos Regolíticos nos municípios de Caetés (P1), Paratama (P2) e São João (P3), onde posteriormente foram selecionados os perfis (Figura 1).

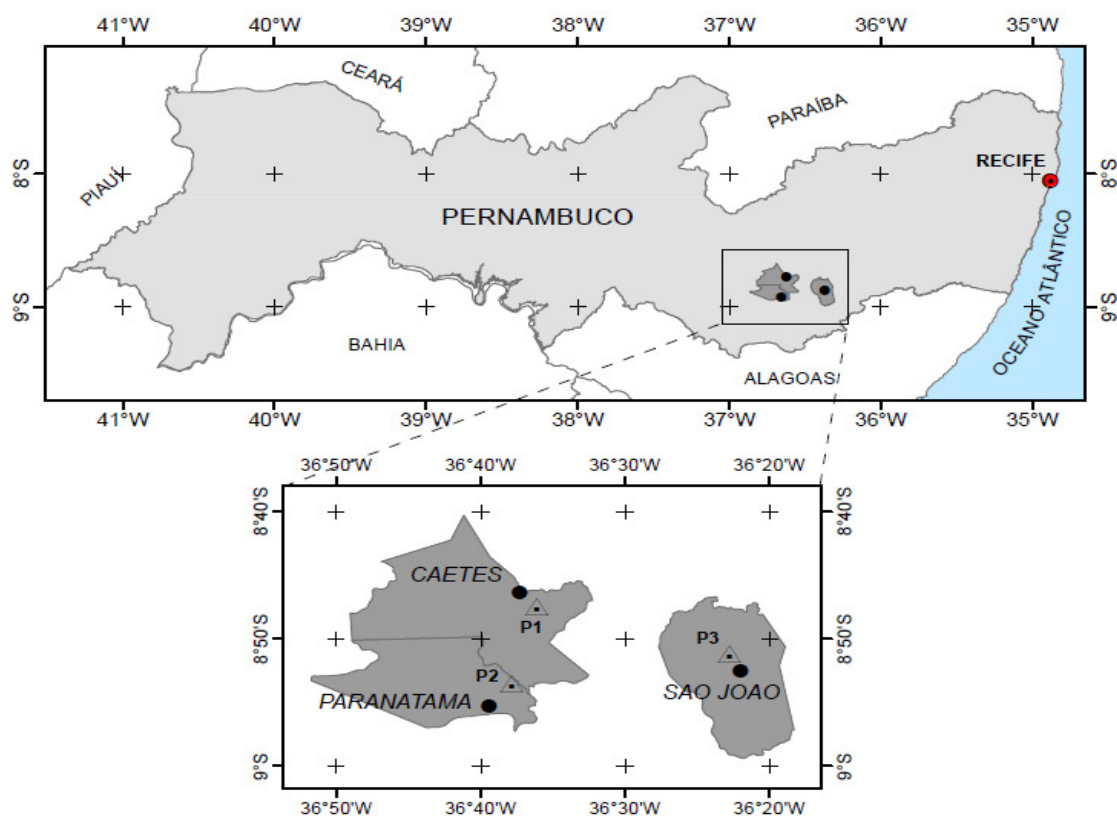


Figura 1. Distribuição geográfica dos perfis de Neossolos Regolíticos nos municípios de Caetés, Paratama e São João.

Os pontos selecionados para a abertura dos perfis foram definidos pela realização de sondagens com o uso de um trado, onde se observou a profundidade e a presença de minerais (Quartzo e Feldspato) que enquadrasse aquele determinado solo como Neossolo Regolítico. Os pontos escolhidos para abertura das trincheiras foram georreferenciados com o auxílio de um GPS, onde se verificou as coordenadas geográficas dos três perfis estudados.

O Perfil 1 (Caetés) está localizado no km 71 da BR 424 sentido Garanhuns-PE – Caetés-PE, com coordenadas $08^{\circ} 47' 27,5''$ S / $36^{\circ} 36' 09,9''$ W, sendo o perfil oriundo de um corte de barranco às margens da respectiva BR. A área apresenta relevo suave ondulado, com declividade entre 2,5 – 5,0 %, altitude de 855 m, erosão não aparente e drenagem forte, sem pedregosidade ou rochiosidade. O local encontrava-se em pousio durante a descrição e coleta das amostras.

Já o perfil 2 (Paranatama) localiza-se no Sítio Mocós, no município de Paranatama, com coordenadas de $08^{\circ} 53' 31, 2''$ S / $36^{\circ} 37' 53,1''$ W, altitude de 801 m, com perfil aberto em trincheira em elevação com declividade entre 2,5 – 5,0 %. O local apresenta relevo suave ondulado, boa drenagem, ausência de pedregosidade ou rochiosidade, não apresentando indícios de erosão, sendo uma área em pousio, anteriormente cultivado com feijão e milho.

O perfil 3 (São João) está localizado no Sítio Várzea do Barro, pertencente ao município de São João, com coordenadas de $08^{\circ} 51' 11''$ S / $36^{\circ} 22' 49,1''$ W. Perfil aberto em trincheira em elevação com declividade entre 2,5 – 5,0 % e altitude de 721 m. A área apresenta relevo suave ondulado, ausência de pedregosidade ou rochiosidade, drenagem forte e erosão não aparente. Área com plantio de mandioca, anteriormente cultivado com feijão e milho.

Com relação à localização topográfica, todas as áreas em que foram abertas as trincheiras estão localizadas em meia encosta. O manejo utilizado nas três propriedades é o mesmo, sendo caracterizado por duas gradagens, sendo que após a primeira é feita uma adubação orgânica, na maioria das vezes utilizando-se cama de aviário. Posteriormente é feita a segunda gradagem e plantio do feijão. Não se utiliza adubação química, apenas em casos extremos por falta de chuva, o que dificulta a decomposição do esterco aviário, é que

se faz uso da adubação química. É comum também a utilização de herbicidas no intuito de controlar as ervas invasoras.

A vegetação primária dos locais escolhidos é a Caatinga Hipoxerófila, que se caracteriza por ser mais úmida que a Caatinga Hiperxerófila e por possuir os três estratos de vegetação: herbáceo, arbustivo e arbóreo (SAGRI, 2013).

As informações da localização e descrição sumária dos pontos escolhidos podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1. Localização e descrição simplificada dos locais dos perfis estudados.

| Perfil | Município | Coordenadas do perfil | PPT* (mm) | Altitude (m) | Vegetação Primária | Uso Atual |
|--------|------------|--|-----------|--------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Caetés | 08° 47' 27,5" (S) / 36° 36' 09,9" (W) | 747 | 855 | Caatinga hipoxerófila | Feijão e milho |
| 2 | Paranatama | 08° 53' 31, 2" (S) / 36° 37' 53,1" (W) | 781 | 801 | Caatinga hipoxerófila | Feijão e milho |
| 3 | São João | 08° 51' 11" (S) / 36° 22' 49,1" (W) | 806 | 721 | Caatinga hipoxerófila | Feijão e mandioca |

*Média referente aos últimos 40 anos.

2.2. DESCRIÇÃO DOS PERFIS E COLETA DAS AMOSTRAS

A descrição morfológica dos perfis, assim como a coleta das amostras foram feitas conforme Santos et al. (2013). Foram determinados em campo, os seguintes atributos morfológicos: Cor, através da Carta de Munsell; Profundidade; Textura; Estrutura; Consistência (seca, úmida e molhada); e Transição entre horizontes. Coletaram-se amostras deformadas de todos os horizontes para realização das análises físicas e químicas de caracterização. Já para as análises mineralógicas foram retiradas amostras deformadas dos Horizontes Ap e C2 de cada perfil. Além disso, coletaram-se caixas de Kubiena a 35 cm e 100 cm (centro da Kubiena) para caracterização micromorfológica dos perfis. Ainda, foram coletadas amostras não deformadas de cada horizonte para realização das curvas de retenção. Para a caracterização física e química, além das amostras deformadas de cada horizonte, foi coletada amostra deformada apenas das lamelas, localizadas no horizonte C1

do perfil de São João. Imagens das trincheiras dos três perfis utilizados para as análises encontram-se na figura 2.

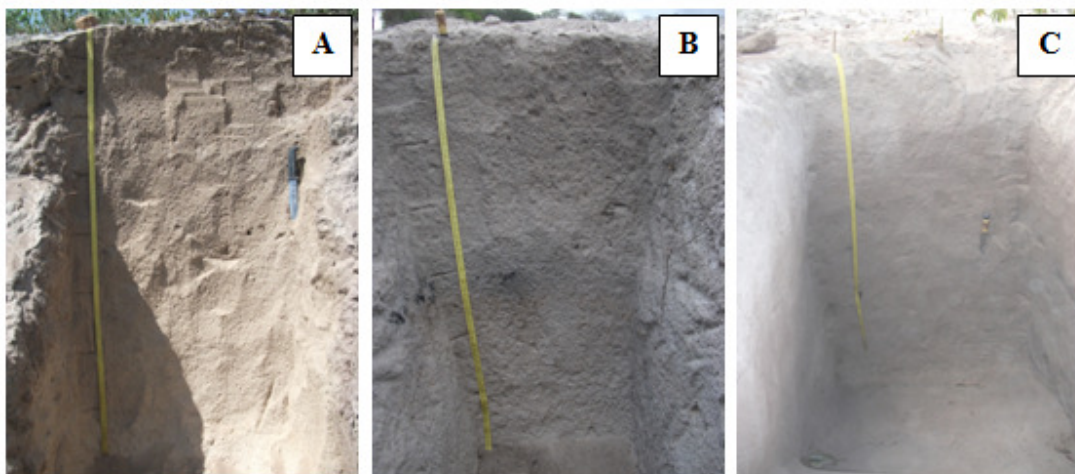


Figura 2. Trincheiras dos perfis de Neossolos Regolíticos analisados. A = P1 (Caetés); B = P2 (Paranatama); C = P3 (São João).

2.3. ATRIBUTOS FÍSICOS

As análises físicas foram realizadas segundo metodologia da Embrapa (1997) e realizadas no CENLAG (Central de Laboratórios de Garanhuns) da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE). Os parâmetros físicos estudados foram: Granulometria; Densidade do Solo (D_s), pelo método do anel volumétrico; Densidade da Partícula (D_p), pelo método do balão volumétrico; e Argila Dispersa em Água, pelo método do densímetro. Foi realizado o fracionamento da areia por agitação seca das peneiras, onde a mesma foi subdividida em muito grossa (1,0 mm), grossa (0,5 mm), média (0,25 mm), fina (0,106 mm) e muito fina (0,053 mm), considerando esses valores como sendo a espessura da malha das peneiras na qual os solos ficaram retidos.

2.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS

As análises químicas de caracterização foram feitas também conforme a metodologia da Embrapa (1997) e realizadas no CENLAG (Central de Laboratórios de Garanhuns) da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE). Os atributos químicos avaliados foram: pH em água, carbono orgânico total (COT), fósforo disponível, cátions trocáveis e acidez potencial (H + Al). Com esses resultados e juntamente com alguns resultados dos atributos físicos, foram calculados: soma de bases, CTC, saturação por bases, saturação por sódio, grau de flocculação, porosidade total e relação silte/argila.

2.5. ATRIBUTOS HÍDRICOS

A curva de retenção dos perfis foi obtida com o uso do Extrator de Richards, cujo princípio é o de colocar amostras de solo saturadas em placas de cerâmica e submetê-las a determinada pressão, até que atinja a drenagem máxima da água contida nos seus poros, correspondentes a tensão aplicada, determinando-se assim, a umidade da amostra (Embrapa, 1997). Utilizaram-se as seguintes tensões em bar: 0,1; 0,33; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; 15,0.

Primeiramente coletaram-se amostras não deformadas de cada horizonte com o auxílio de um amostrador de solo do tipo Uhland, onde cada amostra ficou retida num tubo cilíndrico de PVC com 50 mm de diâmetro e 5 cm de altura (volume de 98,125 cm³). Logo após, essas amostras foram saturadas e levadas para o Extrator de Richards. Em cada perfil utilizou-se 3 repetições de cada horizonte, onde após cada tensão utilizada, as amostras foram pesadas e posteriormente recolocadas no extrator e ajustada as tensões seguintes. Depois de submetidas à tensão de 15 bar, as amostras foram colocadas em estufa por 24 horas a 105°C, sendo posteriormente retiradas e pesadas para obtenção do peso seco de cada amostra. Por se tratar de solos arenosos, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) foram obtidos com as umidades das amostras submetidas às tensões de 0,1 bar e 15 bar, respectivamente.

Além do Extrator de Richards, também foi utilizada a Mesa de Tensão para obtenção da umidade das amostras. Assim, as mesmas amostras utilizadas no Extrator de

Richards foram saturadas e colocadas sobre a mesa, com uma tensão de 60 cm de coluna de água. Logo após a completa sucção, as amostras foram retiradas da mesa de tensão e pesadas. Posteriormente foram colocadas em estufa por 24 horas a 105°C. Com esses dados foi possível calcular a microporosidade de cada horizonte, e por diferença da porosidade total, previamente calculada pela densidade do solo e densidade da partícula, determinou-se a macroporosidade de cada camada. A densidade do solo foi calculada pelo volume do cilindro utilizado, juntamente com o peso seco de cada amostra.

As curvas características de retenção de água no solo $\theta(h)$ foram ajustadas pelo modelo de van Genuthen (1980):

$$\left(\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r}\right) = \left[1 + \left(\frac{h}{h_g}\right)^n\right]^{-m} \quad \text{com} \quad m = 1 - \frac{2}{n} \quad (\text{BURDINE, 1953})$$

sendo θ a umidade volumétrica [$L^3 L^{-3}$]; θ_s e θ_r as umidades volumétricas saturada e residual [$L^3 L^{-3}$], respectivamente; h o potencial matricial [L]; h_g [L] um valor de escala de h ; m e n são parâmetros de forma. Utilizou-se a rotina Solver do Excel para realização dos cálculos.

O cálculo da lâmina de água disponível (AD) às plantas foi realizado através dos dados de umidade obtidos nas curvas de retenção equivalente a capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) avaliados em amostras indeformadas em laboratório.

A fórmula utilizada no cálculo da AD (%) de cada horizonte foi a seguinte:

$$[AD \text{ (mm)}] = [(CC - PMP) D_s Z]/10$$

sendo D_s ($g \text{ cm}^{-3}$) a densidade do solo e Z (cm) a espessura do horizonte.

Além disso, foi calculada a porcentagem de poros quanto a 8 classes de diâmetro, utilizando-se como parâmetro as curvas características de retenção.

A condutividade hidráulica $K(\Theta)$ foi obtida através de ensaios de infiltração realizados em campo com o auxílio de um infiltrômetro de anel simples de 15 cm de diâmetro. Foram realizados ensaios nos perfis de Paranatama (P2) e São João (P3), onde se efetuou 4 repetições em cada horizonte dos respectivos perfis. Os ensaios consistiram em se anotar o tempo em que volumes constantes de água (100 ml) adicionados continuamente no anel, levavam para serem infiltrados, encerrando-se quando o fluxo atingisse o regime

permanente. Durante a realização de cada teste, foram coletadas amostras deformadas para determinação das umidades inicial (Θ_0) e final (Θ_s) e da densidade do solo (D_s).

Com o uso dos dados relativos aos ensaios de infiltração fizeram-se os gráficos de densidade de fluxo (q) de cada horizonte dos perfis de Paranatama (P2) e São João (P3).

2.6. MINERALOGIA DA FRAÇÃO AREIA E MICROMORFOLOGIA

A mineralogia foi realizada no Laboratório de Solos da UFRPE em Recife através de análises por DRX (Difratometria de Raios X) em equipamento Shimadzu DRX 6000. Utilizaram-se para determinação da mineralogia amostras deformadas da fração areia dos horizontes A e C2 dos perfis 2 (Paranatama) e 3 (São João).

Para os estudos micromorfológicos foram coletadas amostras indeformadas de cada perfil (Caetés, Paranatama e São João), sendo uma amostra de um horizonte mais superficial e uma amostra de um horizonte mais subsuperficial, nas profundidades (centro da caixa de Kubiena), de 35 cm e 100 cm, respectivamente. Posteriormente, foram coletadas mais 2 amostras (C2 e C4) do perfil de São João (P3). Todas as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Micropedologia da USP/ESALQ em Piracicaba, onde foram preparadas as lâminas delgadas com a impregnação de resina de poliéster, conforme recomendado por Murphy (1986).

Um pigmento fluorescente foi adicionado para distinguir o espaço poroso da matriz do solo. A forma (alongado, arredondado e complexo) e o tamanho (pequeno, médio e grande) dos poros foram definidos de acordo com Cooper et al. (2005). A resolução das imagens foi de 1024×768 pixels e as microfotografias foram obtidas com ampliação de 10x. Através do software Visilog foi possível determinar o percentual de poros quanto ao tamanho (Pequeno, médio e grande) e formato (Arredondado, alongado e complexo). Considerando poros pequenos, médios e grandes aqueles com tamanho entre $0,0016 - 0,016 \text{ mm}^2$, $0,016 - 0,16 \text{ mm}^2$ e maior que $0,16 \text{ mm}^2$, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS

De acordo com os atributos morfológicos (Tabela 2), os perfis, de modo geral, apresentaram colorações com tons que variaram do cinzento a tons ligeiramente amarelados, sem grandes alterações entre os horizontes dos perfis estudados. As colorações acinzentadas foram observadas na grande maioria dos horizontes de todos os perfis e deve-se à constituição mineralógica típica de Neossolos, formada principalmente por quartzo e feldspato e a baixíssima concentração de óxidos de ferro (hematita) e alumínio (goethita) que poderiam ocasionar uma coloração mais avermelhada ou amarelada, respectivamente.

Com relação à profundidade dos perfis, houve pouca variação, sendo o perfil de São João (P3) o que apresentou a maior profundidade com 165 cm. Para os perfis de Caetés (P1) e Paratama (P2), a profundidade foi, respectivamente, de 150 cm e 130 cm. Essa pouca variação se justifica pelo fato de ambas as áreas estarem localizadas em regiões de clima, litologia, relevo e vegetação semelhantes, refletindo aproximadamente na mesma intensidade de intemperização.

O perfil 1, localizado no município de Caetés-PE, foi classificado como Neossolo Regolítico eutrófico sódico, apresentando sequência de horizontes Ap-AC-C1-C2-C3 e C4, com profundidade superior a 150 cm. O horizonte AP é moderado, com textura areia, mesma textura dos demais horizontes do respectivo perfil. Com relação à estrutura, de maneira geral o perfil apresentou estruturas que variaram de fraca pequena granular e grãos simples (Ap), grãos simples e fraca pequena e média blocos subangulares (AC e C1), fraca pequena e média blocos subangulares com partes maciça fracamente coesa (C2 e C3), até maciça fracamente coesa (C4). Além disso, o perfil apresentou consistência de macia (Ap, AC e C1) a dura (C3 e C4), não plástica e não pegajosa e uma ótima friabilidade em todos os horizontes. A transição entre horizontes variou de clara/plana a gradual/plana.

Tabela 2. Atributos morfológicos dos Neossolos Regolíticos estudados.

| Hor. | Prof. (cm) | Cor | Text. | Estrutura | Consistência | Transição |
|--|------------------------|-----------------------------|-------|---|---------------------------------------|-----------------|
| P1 - (Caetés): Neossolo Regolítico eutrófico solódico | | | | | | |
| Ap | 0 - 15 | 10YR 5/1 (Seca) 10YR 4/2 | A | Frc. Peq. Gran. Gr. Simples | Solta Ma., não Plt., não Peg. | Clara e Plana |
| AC | 15 - 35 | 10YR 4/3 | A | Gr. Simples. Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. | Ma., Mt. Fri., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C1 | 35 - 60 | 10YR 4/3 | A | Gr. Simples. Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. | Ma., Mt. Fri., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C2 | 60 - 90 | 10YR 4/4 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. | Lig. Dr., Mt. Fri., não Plt. não Peg. | Clara e Plana |
| C3 | 90 - 130 | 10YR 5/4 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. Mc. Fra. Coesa | Dr., Mt. Fri., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C4 | 130 - 150 ⁺ | 10YR 6/4 | A | Mac. Fra. Coesa | Dr., Mt. Fri., não Plt. não Peg. | - |
| P2 - (Paranatama): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | |
| Ap | 0 - 16 | 10YR 5/2 (Seca) 10YR 3/2 | A | Gr. Simples | Solta, não Plt. não Peg. | Clara e Plana |
| AC | 16 - 42 | 10YR 3/2 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. Mc. Fra. Coesa | Lig. Dr., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C1 | 42 - 75 | 10YR 4/2 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. Mc. Fra. Coesa | Lig. Dr., não Plt. não Peg. | Clara e Plana |
| C2 | 75 - 103 | 10YR 5/2 10YR 4/6 (Mos.) | A | Mac. Mod. Coesa | Lig. Dr., não Plt. não Peg. | Clara e Plana |
| Cr | 103 - 130 ⁺ | 10YR 5/2 | A | Mac. Mod. Coesa | Lig. Dr., não Plt. não Peg. | - |

P3 - (São João): Neossolo Regolítico eutrófico típico

| | | | | | | |
|---------|------------------------|-----------------------------|-----|--|--------------------------------|------------------|
| Ap | 0 - 20 | 10 YR 6/1(Seca) 10YR 4/2 | A | Gr. Simples. Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. | Mt. Fri., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C1 | 20 - 55 | 10YR 4/3 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. Mc. Fra. Coesa | Fri., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C2 | 55 - 88 | 10YR 4/3 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. Mc. Fra. Coesa | Fri., não Plt. não Peg. | Gradual e Plana |
| C3 | 88 -125 | 10YR 4/2 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. | Mt. Fri., não Plt. não Peg. | Difusa e Gradual |
| C4 | 125 - 165 ⁺ | 10YR 4/3 | A | Frc. Peq. Md. Blc. Sb. Ag. | Mt. Fri., não Plt. não Peg. | - |
| Lamelas | C1 e C2 | 10 YR 3/2 | A-F | - | - | - |

Hor.: Horizonte; Prof.: Profundidade; Text.: Textura; Lam.: Lamelas; A: Areia; F: Franca; Frc.: Fraca; Peq.: Pequena; Gran.: Granular; Gr.: Grãos; Ma.: Macia; Plt.: Plástica; Peg.: Pegajosa; Md.: Média; Blc.: Bloco; Sb.: Sub; Ag.: Angular; Mt.: Muito; Fri.: Friável; Mc.: Maciça; Fra.: Fracamente; Mod.: Moderadamente; Dr.: Dura.

Situado no município de Paranatama-PE, o perfil 2 apresentou sequência de horizontes Ap-AC-C1-C2 e Cr, sendo caracterizado como Neossolo Regolítico eutrófico típico. Apresentou profundidade superior a 130 cm, e o Cr ocorrendo a uma profundidade de 103 cm. Todos os horizontes apresentaram textura areia (verificada pelo triângulo textural). Com exceção do horizonte Ap que apresentou uma estrutura de grão simples (falta de agregação), todos os demais horizontes apresentaram agregação com estrutura do tipo maciça fracamente coesa e fraca pequena e média blocos subangulares (AC, C1 e C2) e maciça moderadamente coesa (Cr). Apresenta consistência não plástica e não pegajosa, solta (Ap) a ligeiramente dura (AC, C1, C2 e Cr). A transição entre os horizontes variou de clara/plana a gradual/plana.

Ainda com relação ao perfil 2, no horizonte C2 verificou-se a presença de pequenos mosqueados de coloração bruno-amarelado-escuro, disperso principalmente no topo do horizonte, sugerindo variação sazonal do lençol freático, além da ocorrência de carvão também localizado no topo do referido horizonte. Na base do horizonte Cr observou-se uma grande presença de cascalhos e calhaus angulosos de composição essencialmente quartzosa. Além disso, a resistência à penetração da faca se mostrou mais elevada nos horizontes C2 e Cr. Outra característica observada foi a presença de muitas raízes finas no horizonte Ap, comuns e finas nos horizontes AC e C1, pouquíssimas raízes no horizonte C2 e raras no horizonte Cr.

O perfil 3 foi classificado como Neossolo Regolítico eutrófico típico e está localizado em São João-PE. Apresenta sequência de horizontes Ap, C1, C2, C3 e C4, profundidade superior a 165 cm. O horizonte superficial é do tipo A moderado com estrutura em grãos simples e fraca pequena e média blocos subangulares, com textura areia em todos os horizontes. De maneira geral, a consistência apresenta-se como friável, não plástica e não pegajosa, apresentando transição entre horizontes que varia de gradual/plana a difusa/gradual.

Um característica de grande importância verificada no perfil 3 (São João) e não observada nos demais perfis, foi a ocorrência de grande quantidade de lamelas no horizonte C1 (Figuras 3A e 3B) e em menor quantidade no horizonte C2. A soma total da espessura das lamelas (C1 e C2) foi inferior a 15 cm, limite este utilizado para identificação de

horizonte B textural e que enquadraria o perfil na classe dos Argissolos, segundo o atual SiBCS (Embrapa, 2013). Entretanto, o perfil estudado foi enquadrado como Neossolo Regolítico, pois apresentou soma total da espessura das lamelas inferior a 15 cm. A textura das lamelas é franco-arenosa, diferenciando-se da textura da região entre as lamelas e dos demais horizontes, que possuem textura areia.



Figura 3. (A) Lamelas distribuídas ao longo do horizonte C1 do P3. (B) Bloco retirado do P3 contendo lamelas.

As lamelas são longas e contínuas, não planas e em algumas vezes fragmentadas. Apresentam, de forma geral, espessura de até 4 mm e espaçamento entre lamelas que varia de 2 a 5 cm, com ocorrência de 7-8 lamelas no horizonte C1, que são de mais fácil visualização que as lamelas presentes no horizonte C2. De acordo com Paisani (2004), as lamelas podem ser originadas da sedimentação de argilas mais grossas que poderiam preencher a porosidade existente. Tal fato poderia justificar a presença de umidade a partir do horizonte C1 e presença de muitas raízes no horizonte Ap, comuns no Horizonte C1, poucas raízes no horizonte C2, raríssimas no horizonte C3 e ausentes no Horizonte C4.

Para Ferreira & Dias Júnior (2001), em solos arenosos, a fração areia é solta, com grãos simples, não plástica, indeformável, não pegajosa, não higroscópica, com

predominância de grandes poros em sua massa, sem coesão, com pequena superfície específica e capacidade de troca de cátions praticamente ausente.

As semelhanças nos atributos morfológicos entre os perfis podem ser explicadas pelo fato das condições climáticas e natureza dos materiais de origem dos Neossolos Regolíticos serem semelhantes ao longo do Agreste Meridional de Pernambuco, onde os perfis estão localizados. Entretanto, essas características diferem dos Neossolos Regolíticos de textura média localizados no estado de Mato Grosso do Sul, que foram desenvolvidos em condições litológicas e climáticas distintas dos solos estudados no presente trabalho, que estão localizados no Nordeste do Brasil (BRASIL, 1969).

As características morfológicas demonstradas não justificam a diferença no potencial produtivo observado nos P1, P2 e P3, uma vez que se apresentaram muito semelhantes. Porém, as lamelas, encontradas unicamente no P3, podem estar relacionadas à maior capacidade de produção do Neossolo Regolítico de São João, uma vez que as argilas presentes nessas camadas (lamelas) favoreceriam uma maior retenção de água e quebra de capilaridade (redução da evaporação da água dos horizontes abaixo das lamelas).

3.2. ATRIBUTOS FÍSICOS

Os resultados referentes aos atributos físicos dos Neossolos Regolíticos obtidos no presente estudo encontram-se na Tabela 3. Quanto à composição granulométrica relacionada à TFSA (Terra fina seca ao ar), observa-se que houve o predomínio da fração areia total (AT) sobre as frações silte e argila, ao longo dos três perfis analisados, com teores que variaram entre 813 e 904 g kg⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2014) com Neossolos Regolíticos localizados no município de São João (PE), onde relataram valores elevados de areia (764,1 a 876,5 g kg⁻¹). Santos et al. (2012) estudando 5 perfis de Neossolos Regolíticos localizados em Pernambuco, também obtiveram em seus estudos predomínio da fração areia e valores muito próximos que variaram entre 713 e 902 g kg⁻¹. Pedron et al. (2011) encontraram na granulometria de Neossolos Regolíticos localizados em Santa Maria (RS) teores elevados de areia (533 a 805 g kg⁻¹).

Tabela 3. Atributos físicos dos Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco.

| Hor. | Casc. | TFSA —%— | Granulometria (g kg ⁻¹) | | | S/A | ADA g kg ⁻¹ | GF % | Ds —g cm ⁻³ — | Dp | PT | Ma ——%—— | Mi |
|--|-------|-------------|--|-------|--------|-----|---------------------------|---------|-----------------------------|------|----|-------------|----|
| | | | Areia | Silte | Argila | | | | | | | | |
| P1 - (Caetés): Neossolo Regolítico eutrófico solódico | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 7 | 93 | 857 | 113 | 30 | 3,8 | 0 | 100 | 1,27 | 2,53 | 50 | 43 | 7 |
| AC | 6 | 94 | 863 | 107 | 30 | 3,6 | 0 | 100 | 1,31 | 2,52 | 48 | 43 | 5 |
| C1 | 7 | 93 | 871 | 90 | 40 | 2,2 | 25 | 38 | 1,34 | 2,75 | 51 | 47 | 4 |
| C2 | 8 | 92 | 856 | 109 | 35 | 3,1 | 13 | 64 | 1,47 | 2,73 | 46 | 42 | 5 |
| C3 | 8 | 92 | 904 | 66 | 30 | 2,2 | 25 | 17 | 1,53 | 2,59 | 41 | 36 | 5 |
| C4 | 6 | 94 | 831 | 149 | 20 | 7,5 | 0 | 100 | 1,63 | 2,63 | 38 | 32 | 6 |
| P2 - (Paranatama): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 8 | 92 | 880 | 95 | 25 | 3,8 | 0 | 100 | 1,27 | 2,57 | 51 | 44 | 7 |
| AC | 12 | 88 | 872 | 98 | 30 | 3,3 | 0 | 100 | 1,30 | 2,57 | 49 | 44 | 5 |
| C1 | 9 | 91 | 894 | 86 | 20 | 4,3 | 0 | 100 | 1,29 | 2,46 | 48 | 42 | 6 |
| C2 | 13 | 87 | 880 | 101 | 20 | 5,0 | 13 | 38 | 1,27 | 2,73 | 53 | 46 | 7 |
| Cr | 32 | 68 | 837 | 133 | 30 | 4,4 | 13 | 58 | 1,40 | 2,51 | 44 | 37 | 7 |
| P3 - (São João): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 6 | 94 | 880 | 100 | 20 | 5,0 | 0 | 100 | 1,52 | 2,66 | 43 | 37 | 6 |
| C1 | 7 | 93 | 871 | 89 | 40 | 2,2 | 25 | 38 | 1,57 | 2,69 | 42 | 34 | 7 |
| C2 | 5 | 95 | 852 | 88 | 60 | 1,5 | 25 | 58 | 1,54 | 2,66 | 42 | 28 | 14 |
| C3 | 5 | 95 | 842 | 98 | 60 | 1,6 | 25 | 58 | 1,44 | 2,61 | 45 | 38 | 7 |
| C4 | 9 | 91 | 813 | 127 | 60 | 2,1 | 25 | 58 | 1,26 | 2,62 | 52 | 32 | 21 |
| Lamelas | 6 | 94 | 850 | 30 | 120 | 0,2 | 50 | 58 | 1,46 | 2,64 | 45 | 34 | 11 |

Hor.: Horizonte; Casc.: Cascalho; TFSA: Terra Fina Seca ao Ar; S/A: Silte/Argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade da partícula; PT: Porosidade total; Ma: Macroporosidade; Mi: Microporosidade.

Os Neossolos Regolíticos, principalmente os localizados na região Nordeste, são geralmente caracterizados por apresentar predomínio da fração areia (Oliveira, 2008). O maior teor de areia nesses tipos de solos pode ser explicado por seu material de origem (granito ou gnaiss), que apresentam em sua constituição predominância de quartzo, o mesmo acontecendo ao longo da assembleia mineralógica da fração areia (ver item 3.5). Santos et al. (2012) relacionam o predomínio de areia em Neossolos Regolíticos localizados no estado de Pernambuco, ao material de origem formado essencialmente de quartzo.

Já os teores de argila situaram-se entre 20 e 120 g kg⁻¹, sendo que o P3 apresentou teores de argila superiores aos P1 e P2, principalmente nas lamelas (120 g kg⁻¹). Para Hillel (1998, citado por Santos et al., 2012) baixos valores de argila são de ocorrência comum para solos novos ou de pequeno desenvolvimento pedogenético, principalmente quando são oriundos da alteração de rochas cristalinas, como é o caso do solos estudados no presente trabalho. Porém, estudos realizados por Pedron et al. (2011) mostraram teores de argila em Neossolos Regolíticos de Santa Maria (RS), superiores ao presente trabalho, que variaram entre 100 e 150 g kg⁻¹.

Com relação aos valores de silte encontrados, verifica-se que os mesmos variaram entre 30 e 149 g kg⁻¹, sendo que as lamelas, presentes no P3, apresentaram o menor valor, bem abaixo dos demais horizontes estudados, com um teor de 29 g kg⁻¹. Isso pode ser explicado pelo fato das lamelas, apesar de terem valores semelhantes da fração areia, apresentarem maiores teores da fração argila (120 g kg⁻¹), superior a todos os valores da fração argila encontrados nos demais horizontes. Segundo Dijkerman et al. (1967, citado por Rolim Neto, 1991), essa característica é típica das lamelas, que na sua própria formação acumulam argila. Essa característica é extremamente importante, principalmente em se tratando de solos arenosos, pois as lamelas, por possuírem uma maior concentração de argila, podem atuar como camada de retenção de umidade, e assim, favorecer o armazenamento dessa água, que poderá ser utilizada pelas plantas posteriormente.

A relação silte/argila apresentou valores que variaram entre 1,47 e 7,46, com menores valores para o P3. Os perfis 1 e 2 apresentaram resultados semelhantes, porém o horizonte C4 do P1 mostrou o maior valor de silte/argila com 7,46. De forma geral, todos

os perfis possuem relação silte/argila considerada alta (superiores a 0,7) pelo SiBCS (Embrapa, 2013), o que significa que são solos pouco influenciados pelos processos pedogenéticos, sendo assim, considerados solos jovens. Santos et al. (2012), estudando Neossolos Regolíticos, encontraram valores da relação silte/argila superiores a 1,4 nos cinco perfis estudados. Isso se justifica, segundo os mesmos autores, pelo fato desses solos serem formados a partir de rochas cristalinas e conseqüentemente, o pequeno desenvolvimento pedogenético dos mesmos fica evidente na relação silte/argila.

Outro atributo físico analisado nos perfis foi a argila dispersa em água (ADA), cujos valores também estão expressos na tabela 3. Observa-se que os valores variaram entre 0 e 50 g kg⁻¹ de solo, onde o maior valor encontrado foi nas lamelas devido a maior quantidade de argila presente nesta camada. Por outro lado, a maioria dos horizontes apresentaram valores de ADA entre 0 e 25 g kg⁻¹ de solo, ou seja, metade do encontrado para as lamelas, o que é justificado pela menor quantidade de argila nesses horizontes, se comparados com a camada das lamelas. De forma geral, o perfil de São João foi o que apresentou os maiores valores de ADA (25 a 50 g kg⁻¹), onde apenas o horizonte Ap apresentou 0 g kg⁻¹ de solo.

O grau de floculação (GF) indica a proporção da fração argila que se encontra floculada e informa sobre o grau de estabilidade dos agregados (Embrapa, 2011). Observa-se que os valores encontrados situaram-se entre 17% e 100%, onde se observa que os horizontes superficiais são os que apresentam maior estabilidade, se comparado com os horizontes mais subsuperficiais. Porém, o horizonte C4 do perfil de Caetés apresentou um grau de floculação de 100%. Por outro lado, o menor valor encontrado foi de 17%, no horizonte C3 do perfil, indicando que esse horizonte possui baixa estabilidade de agregados. Estudos feitos com Neossolos Regolíticos no estado do Rio Grande do Sul verificaram valores de GF relativamente altos, acima de 70% e conseqüentemente, baixos teores de ADA.

Com relação à densidade do solo (Ds) pode-se observar que houve pouca variação entre os perfis 1, 2 e 3, com densidades que variaram entre 1,26 e 1,63 g cm⁻³, valores estes geralmente encontrados para solos arenosos (Melo & Alleoni, 2009). De forma geral, os menores valores de Ds foram encontrados nos horizontes superficiais, o que está associado aos maiores teores de carbono orgânico total presentes nesses horizontes (Tabela 5). O horizonte C4 do P1 foi o que apresentou a maior densidade (1,63 g cm⁻³), enquanto que o horizonte C4 do P3 foi o que obteve o menor valor, com uma densidade de 1,26 g cm⁻³.

Já a densidade da partícula (Dp) variou entre 2,46 e 2,75 g cm⁻³, estando segundo Santos et al. (2012), dentro dos limites desses solos, devido à natureza litológica e a composição mineralógica presente, com predominância de quartzo e feldspatos. Nahon (1991) cita que em solos com baixos teores de matéria orgânica, a densidade da partícula está diretamente relacionada com a composição mineralógica constituinte. O menor valor de Dp foi encontrado no horizonte C1 do P2, enquanto que o maior valor foi do horizonte C1 do P1. Valores semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2014), que apresentaram valores de Dp, em Neossolos Regolíticos, entre 2,68 e 2,72 g cm⁻³.

Os valores de porosidade total (PT) dos Neossolos Regolíticos analisados foram baixos, com valores entre 38 e 53%, sendo que a menor porosidade foi observada no horizonte C4 do perfil de Caetés, enquanto que o horizonte de maior porosidade foi o C2 do perfil de Paranatama. Valores de porosidade total baixos podem ser explicados pela maior quantidade das frações mais grossas (cascalho e areia) em detrimento das frações mais finas (silte e argila) que possuem a capacidade de formar microagregados, contribuindo com o aumento da porosidade total pela formação de uma maior quantidade de microporos (Reichert et al., 2003).

Com relação à macroporosidade (Tabela 3), houve predomínio em todos os horizontes dos 3 perfis estudados, com valores que variaram entre 28% e 47%, sendo que os menores valores pertencem ao P3, principalmente comparando-se os horizontes superficiais dos 3 perfis envolvidos no presente estudo. Já para a microporosidade desses solos, cujos valores ficaram entre 4% e 21%, observa-se que o perfil de São João (P3) foi o que apresentou maior quantidade de microporos, com valores bem superiores aos outros perfis, principalmente nos horizontes C2 e C4 (14% e 21%, respectivamente), assim como

as lamelas que mostraram uma microporosidade de 11%. Resultados diferentes foram encontrados por Pedron et al. (2011) que em seus estudos com Neossolos Regolíticos no RS encontraram predominância de microporosidade (33 a 47%), em relação a macroporosidade (3 a 12%), além de valores de D_s (1,67 a 1,84 g cm⁻³) também superiores ao verificados no presente trabalho. Essa característica é de suma importância, uma vez que os microporos são responsáveis pela retenção de água nos perfis, o que pode ser um dos parâmetros que pode justificar um maior armazenamento de água no perfil de São João e consequentemente responder quesitos sobre a produtividade maior desse município.

Os métodos convencionais de determinação da granulometria dos solos (densímetro e pipeta) não possibilitam a distribuição detalhada e contínua (curvas) do diâmetro das partículas do solo. Esses métodos não separam a areia muito fina, que por sua vez, é importante e pode contribuir, juntamente com as frações silte e argila, para o aumento da retenção de umidade do solo. Nesse sentido, Parahyba (2013) ressalta a importância do fracionamento da areia para um melhor entendimento das propriedades físico-hídricas de solos arenosos. Os dados referentes ao fracionamento da areia dos Neossolos Regolíticos analisados podem ser observados na Tabela 4.

Dessa forma, observa-se que há predominância de areia grossa (G) e areia média (M) em todos os horizontes estudados, sendo que os maiores valores são encontrados nos horizontes mais superficiais dos 3 perfis estudados. Além disso, em todos os perfis, os menores teores de areia estão na fração areia muito fina (MF). Entretanto, os teores de areia fina são superiores a soma das frações mais finas (silte e argila). Para Lepsch (2002) essa informação torna-se importante no que diz respeito à capacidade de infiltração de água desses solos, que pode ser limitada pela possibilidade da areia fina causar a diminuição de macroporos presentes. Ou seja, essa característica pode ser benéfica aos solos, pois pode reduzir a percolação de água ao longo do perfil e consequentemente aumentar a retenção e disponibilidade de água nesse solo, devido aos baixos teores de silte e argila, encontrados nesses solos (Tabela 3).

Tabela 4. Fracionamento da areia dos Neossolos Regolíticos.

| Horizonte | Fracionamento da Areia | | | | |
|--------------------------|------------------------|-----|-----|-----|----|
| | MG | G | M | F | MF |
| g kg ⁻¹ | | | | | |
| P1 - (Caetés) | | | | | |
| Ap | 142 | 339 | 292 | 173 | 54 |
| AC | 122 | 357 | 276 | 175 | 70 |
| C1 | 159 | 309 | 274 | 190 | 69 |
| C2 | 227 | 328 | 243 | 150 | 52 |
| C3 | 211 | 274 | 241 | 206 | 69 |
| C4 | 171 | 293 | 265 | 200 | 72 |
| P1 - (Paranatama) | | | | | |
| Ap | 172 | 316 | 287 | 172 | 54 |
| AC | 189 | 312 | 266 | 177 | 56 |
| C1 | 157 | 307 | 282 | 192 | 63 |
| C2 | 180 | 263 | 265 | 219 | 73 |
| Cr | 226 | 232 | 236 | 217 | 88 |
| P3 - (São João) | | | | | |
| Ap | 147 | 344 | 273 | 177 | 59 |
| C1 | 149 | 319 | 279 | 197 | 57 |
| C2 | 151 | 328 | 273 | 185 | 63 |
| C3 | 150 | 300 | 265 | 210 | 75 |
| C4 | 147 | 255 | 261 | 239 | 98 |
| Lamelas | 154 | 269 | 299 | 218 | 60 |

MG: Muito grossa; G: Grossa; M: Média; F: Fina e MF: Muito fina.

Outro fator observado no fracionamento da areia é que, comparando-se os 3 perfis, observa-se que o P3 é o que possui maior quantidade de areia fina (AF) ao longo de todos os horizontes, principalmente no horizonte C4 (239 g Kg⁻¹). Além disso, o P3 também apresenta os maiores valores da soma das frações areia muito fina (MF) + areia fina (F). Para Parahyba (2013), um maior conteúdo de partículas finas e muito finas no solo influencia nas propriedades e características físicas, químicas, físico-hídricas e até mesmo no próprio manejo do solo e, desta forma, merecem ser qualificadas e quantificadas.

3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS

Os resultados das análises químicas dos 3 perfis são apresentados na tabela 5. De maneira geral, os solos estudados são enquadrados como ácidos a moderadamente ácidos, com valores de pH em água entre 4,1 e 6,5, havendo, de forma geral, pouca variação ao longo dos perfis. Exceção para o perfil 3 (São João) que apesar de apresentar pH em água, no horizonte Ap, próximo a neutralidade (6,5), foi o que apresentou maior acidez nos demais horizontes, com valores inferiores a 5,0. No P1 (Caetés), houve pouca variação ao longo do perfil, onde todos os horizontes apresentaram pH em água próximos a 5,0. Já o P2 (Paranatama), apresentou uma tendência de aumento do pH com o aumento da profundidade, onde os maiores valores de pH foram encontrados nos horizontes mais subsuperficiais (C2 e Cr). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2012), onde valores de pH para Neossolos Regolíticos localizados no Agreste e Sertão de Pernambuco variaram entre 4,4 e 6,3, amplitude semelhante a encontrada neste trabalho.

Os valores de cálcio e magnésio trocáveis variaram entre 0,3 e 1,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para cálcio, e de 0,3 a 0,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para magnésio, com valores de cálcio geralmente superiores aos de magnésio. Exceção foi observada para os horizontes C1 e C3 do P1 e horizontes C2 e lamelas do P3. Observou-se também que os maiores valores da soma desses elementos foram encontrados nos horizontes mais superficiais, exceto no P1, observado no horizonte C1. Com relação aos valores de potássio trocável, vê-se que a grande maioria dos horizontes mostraram valores próximos a 0,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, exceção para o horizonte C2 do P3 que apresentou um valor de 0,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Os valores de sódio trocável situaram-se próximo a 0,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, exceção para o horizonte Cr do P1 (Caetés) que apresentou um conteúdo ligeiramente superior de Na, com 0,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. A origem do sódio nesses solos, supostamente pode está relacionada à presença de albita, pois segundo Wilding et al. (1963) citado por Santos et al. (2012), esse mineral é o mais provável do grupo dos feldspatos plagioclásios que ocorre no complexo cristalino formado por gnaisse e granito.

Tabela 5. Atributos químicos dos Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco.

| Hor. | pH H ₂ O | Complexo sortivo (cmol _c dm ⁻³) | | | | | | | | P (mg kg ⁻¹) | COT (g kg ⁻¹) | V —— % —— | m | PSS |
|--|------------------------|--|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|----|-----|
| | | Ca | Mg | K | Na | SB | H+Al | CTC | Al ³ | | | | | |
| P1 - (Caetés): Neossolo Regolítico eutrófico solódico | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 4,9 | 0,7 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 1,4 | 1,2 | 2,5 | 0,6 | 1,0 | 17 | 54 | 29 | 5 |
| AC | 5,2 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 1,1 | 2,0 | 3,1 | 0,4 | 0,5 | 17 | 37 | 23 | 3 |
| C1 | 5,0 | 0,4 | 0,9 | 0,1 | 0,1 | 1,5 | 1,7 | 3,2 | 1,0 | 1,0 | 14 | 46 | 39 | 3 |
| C2 | 5,0 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,1 | 1,7 | 1,6 | 3,3 | 1,5 | 0,0 | 9 | 52 | 47 | 4 |
| C3 | 5,1 | 0,3 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 1,1 | 1,2 | 2,4 | 1,0 | 1,0 | 9 | 48 | 45 | 6 |
| C4 | 5,3 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 1,1 | 0,9 | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 8 | 54 | 49 | 10 |
| P2 - (Paranatama): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 4,8 | 0,8 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 1,7 | 1,6 | 3,2 | 0,1 | 1,0 | 15 | 52 | 6 | 2 |
| AC | 5,3 | 0,8 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 1,4 | 1,2 | 2,7 | 0,2 | 1,0 | 12 | 54 | 9 | 2 |
| C1 | 5,4 | 0,8 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 1,2 | 0,9 | 2,1 | 0,3 | 0,5 | 11 | 58 | 17 | 4 |
| C2 | 5,7 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 0,5 | 1,0 | 14 | 51 | 30 | 4 |
| Cr | 5,6 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 1,2 | 0,9 | 2,1 | 0,8 | 1,0 | 11 | 56 | 39 | 4 |
| P3 - (São João): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap | 6,5 | 1,1 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 1,9 | 0,9 | 2,8 | 0,1 | 49,5 | 15 | 68 | 5 | 4 |
| C1 | 4,7 | 1,0 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 1,5 | 1,2 | 2,7 | 0,1 | 10,5 | 14 | 57 | 6 | 4 |
| C2 | 4,1 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 2,3 | 3,3 | 0,6 | 1,0 | 12 | 31 | 35 | 2 |
| C3 | 4,1 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 2,1 | 3,1 | 1,0 | 1,5 | 12 | 32 | 49 | 4 |
| C4 | 4,1 | 0,8 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 1,4 | 1,6 | 3,0 | 0,9 | 1,0 | 11 | 48 | 39 | 3 |
| Lamelas | 4,6 | 0,4 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 1,3 | 1,3 | 2,7 | 0,2 | 18,5 | 14 | 50 | 13 | 4 |

Hor.: Horizonte; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; K: Potássio; Na: Sódio; H+Cl: Acidez Potencial; CTC: Capacidade de troca de Cátions; Al³: Alumínio trocável; P: Fósforo disponível; COT: Carbono Orgânico Total; V: Saturação por base; m: Saturação por alumínio; PSS: Saturação por sódio.

Os baixos teores de cátions trocáveis presentes nesses tipos de solos relacionam-se e estão diretamente ligados com a natureza do material de origem, formados essencialmente por quartzo e feldspatos e à constituição predominantemente arenosa (Santos et al., 2012). Melo e Alleoni (2009) citam que os feldspatos geralmente conferem aos solos elevada reserva mineral, principalmente com relação ao cálcio e ao potássio.

Os valores da soma de base (SB) e da acidez potencial (H+Cl) variaram entre 1,0 e 1,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para SB, e de 0,9 a 2,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para H + Cl. O menor e o maior resultado da SB foi encontrado no perfil 3, sendo o horizonte Ap e C3, o menor e o maior valor, respectivamente. Já o maior valor da acidez potencial foi observado no horizonte C2 do perfil 3 e o menor valor nos horizontes C4 do P1, C1 e Cr do P2 e no horizonte Ap do P3.

Com relação à capacidade de troca de cátions (CTC), observa-se que os valores foram baixos e que houve diferença ao longo dos horizontes, com valores entre 2,0 e 3,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, onde os horizontes C2 do P1 e do P3 foram os que apresentaram maior CTC, enquanto que o horizonte C2 do P2 foi o que obteve o menor resultado de CTC. Santos et al. (2012) estudando os atributos químicos de Neossolos Regolíticos localizados em diferentes municípios do estado de Pernambuco, verificaram valores de CTC variando entre 1,2 e 5,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Os mesmos autores justificaram esses valores baixos à granulometria essencialmente arenosa, os baixos teores de carbono orgânico total, bem como a natureza caulínica da fração argila presente nos solos estudados por eles.

O teor de alumínio trocável (Al^3) presente nos solos analisados variou de 0,1 a 1,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, havendo variações ao longo dos perfis estudados, sendo os horizontes superficiais do P2 e P3 os de menores valores encontrados, enquanto que os maiores valores de Al^3 foram encontrados ao longo do P1, principalmente nos horizontes subsuperficiais.

Com relação aos teores de fósforo disponível encontrados nesses solos, observa-se que houve pouca variação nos P1 e P2, com valores iguais ou inferiores a 1 mg kg^{-1} , sendo que o horizonte C2 do perfil 1 foi o único que não apresentou nenhum teor de P disponível. Por outro lado, no P3 foram encontrados valores superiores de fósforo disponível, com valores bem acima dos encontrados nos outros perfis (1 e 2), principalmente nos horizontes

Ap, C1 e nas lamelas, que apresentaram, respectivamente, teores de P disponível de 49,5, 10,5 e 18,5 mg kg⁻¹. Esses maiores valores de P disponível muitas vezes estão associados a maiores quantidades de carbono orgânico total (COT) presente nos respectivos horizontes (Santos et al., 2012). Entretanto, essa relação não é observada nos perfis do presente estudo, pois o P1, apesar de possuir teores de COT superiores aos observados no P3, apresentam teores de P disponível baixos.

Os maiores valores de COT foram encontrados nos horizontes mais superficiais (14 a 17 g kg⁻¹), decrescendo com a profundidade. Esse maior conteúdo de COT nas camadas mais superficiais pode ser explicado pela deposição de material orgânico, com decréscimo no teor com a profundidade. O P1 apresentou os maiores e os menores teores de COT, variando de 17 (horizonte Ap e AC) a 8 g kg⁻¹ (horizonte Cr), havendo diminuição gradual ao longo do perfil.

A saturação por bases (V) é utilizada pelo SiBCS como critério de distinção de eutrofia e distrofia no 3º nível categórico da classificação dos solos. Sendo que valores de V% acima de 50% os solos são considerados eutróficos, enquanto que valores de V% abaixo de 50% os solos são classificados como distróficos (Embrapa, 2013). Podemos observar, através dos dados contidos na tabela 5, que houve grandes variações de V% entre os horizontes, com valores entre 31 e 68%, sendo os menores e maiores valores encontrados, respectivamente, nos horizontes C2 e Ap, ambos pertencentes ao perfil 3 (São João). Os perfis analisados, apesar de possuírem baixos teores de cátions trocáveis, foram classificados como eutróficos.

A saturação por alumínio (m) é um atributo empregado na separação de classes de solos quanto ao caráter álico (Embrapa, 2011). Podemos observar que houve grandes variações entre os horizontes, onde os valores variaram entre 5 e 49%, sendo que os menores valores de “m” de cada perfil foram encontrados nos horizontes mais superficiais, aumentando com a profundidade do solo. Nenhum horizonte dos perfis estudados apresenta o caráter álico.

Os valores de saturação por sódio (PSS) variaram entre 2 e 10%, sendo que a grande maioria dos horizontes apresentaram valores entre 2 e 4%. Entretanto, os horizontes mais subsuperficiais do P1 (C3 e C4) obtiveram um percentual de saturação por sódio mais elevado, se comparado aos outros horizontes analisados, com um valor de 6 e 10%, o que pode ser justificado pela menor CTC no horizonte C3 e pelo maior teor de sódio trocável ($0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no horizonte C4. Esse atributo é utilizado para distinguir solos com caráter sódico ou solódico, onde percentuais entre 6 e 15% expressa o caráter solódico, enquanto que percentuais acima ou igual a 15%, o caráter sódico.

Desta forma, os perfis estudados podem ser classificados, quanto ao 4º nível categórico, através dos dados contidos na Tabela 5, como solódico (P1), pois apresenta saturação por sódio entre 6 e 15%, enquanto que os P2 e P3 foram classificados como típicos, pois apresentaram valores de saturação por alumínio inferiores a 6%, o que não os enquadra em nenhuma categoria acima citada.

3.4. ATRIBUTOS HÍDRICOS DOS SOLOS

3.4.1. CURVA DE RETENÇÃO DOS NEOSSOLOS REGÓLITICOS

As curvas de retenção dos perfis de Caetés (P1), Paranatama (P2) e São João (P3) são mostradas na Figura 4. De modo geral, foram identificadas diferenças no comportamento das curvas entre os três perfis estudados, principalmente ao se comparar o P3 com os demais perfis (P1 e P2). Observou-se que o P3 apresenta maior retenção de água, ao longo de toda a curva, mesmo para aqueles horizontes (Ap e C3) cujos conteúdos de água retidos foram menores, pois observa-se que com o aumento do potencial matricial os teores de umidade volumétrica do P3 são superiores aos demais perfis analisados.

No P1, os horizontes mais superficiais (Ap, AC e C1) apresentam maiores retenções de água, principalmente em tensões próximas a capacidade de campo (0,1 bar), o que pode estar relacionado ao maior incremento de COT (Tabela 5). Já os horizontes mais subsuperficiais (C2, C3 e C4) possuem teores de COT inferiores e, conseqüentemente, como mostrado na curva, retenção de água inferior. Essa relação também foi observada no P2, onde os horizontes que apresentam maior COT (Ap, C2 e AC) são aqueles que

apresentam maior retenção de água, não só nas tensões próximas a capacidade de campo, como também ao longo de toda a curva.

Corroborando tais resultados, Parahyba (2013) descreve que a maior retenção de água em Neossolos Quartzarênicos de Petrolândia (PE) foi encontrada nos horizontes que apresentam maior quantidade de matéria orgânica. Contudo, Resende e Rezende (1983) e Angelotti Netto (2007) descrevem que o ajuste das partículas grossas pode interferir no comportamento hídrico dos solos. Nesse contexto, tem-se o empacotamento, onde partículas menores vão ocupando os espaços vazios deixados entre as partículas maiores (Ver item 3.5).

Esse fato poderia justificar a ausência da relação COT e retenção de água no P3, onde as maiores retenções foram observadas nos horizontes C2 e C4, apesar de possuírem os menores teores de COT do perfil. Outros fatores poderiam estar auxiliando no aumento da retenção, tais como o percentual de argila ligeiramente superior aos demais horizontes (Tabela 3), aliado à soma das frações mais finas da areia (Tabela 4). Entretanto, observa-se que apesar de apresentar boa capacidade de retenção de água, o horizonte C2 do P3 não apresenta os maiores valores das frações mais finas da areia. Dessa forma, a retenção de água neste horizonte (C2 do P3), que só fica atrás da retenção do horizonte C4 do mesmo perfil, pode estar relacionado com a ocorrência de lamelas no C2, que mesmo em menor quantidade que o horizonte C1, pode estar contribuindo para elevação da capacidade de retenção de umidade.

Parahyba (2013) relacionou o aumento da retenção de água em solos arenosos em função do maior teor de areia muito fina, silte e argila, que juntas contribuem para a maior quantidade de microporos e conseqüentemente da maior capacidade de retenção de água. Muggler et al. (1996) descrevem que as maiores retenções de água em solos arenosos estão relacionados com o efeito combinado do teor de areia fina e muito fina com o teor de argila, principalmente em solos que apresentam teores de silte e argila baixos. Parahyba et al. (2011) relacionam os maiores teores de umidade em Neossolos Quartzarênicos de Petrolândia (PE) com valores mais elevados de conteúdos de partículas mais finas argila + silte e da fração areia mais fina. Entretanto, o horizonte C3 do P3 e o horizonte Cr do P2 não apresentam uma boa retenção de água, apesar de também possuírem a soma dessas frações elevadas.

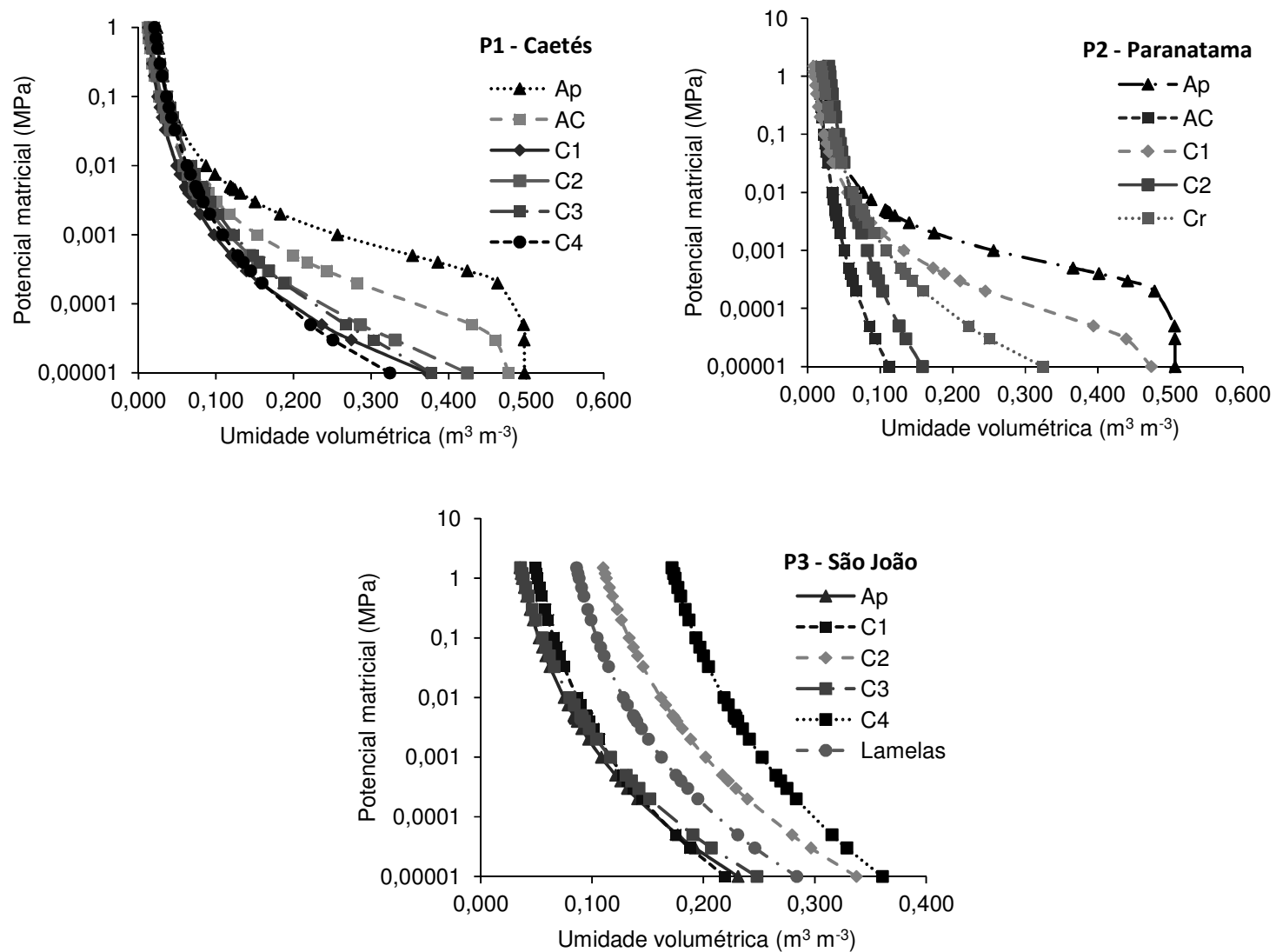


Figura 4. Curvas de retenção dos perfis de Neossolos Regolíticos de Caetés (P1), Paratama (P2) e São João (P3), localizados no Agreste Meridional de Pernambuco.

Além disso, outro fator que pode estar relacionado a uma maior retenção de água nos horizontes C2 e C4 do P3, bem como nas lamelas, é a porosidade (Tabela 3), principalmente com relação à microporosidade, que é superior aos demais horizontes estudados. Assim, o maior volume de microporos e conseqüentemente menor volume de macroporos, estaria contribuindo para uma maior retenção de água no P3, se comparado aos P1 e P2.

A capacidade de campo (CC) nas tensões de 10 kPa e de 33 kPa, o ponto de murcha permanente (PMP), bem como a água disponível (AD) respectiva à cada tensão utilizada na CC encontram-se na Tabela 6. De acordo com Kirkham (2005), apesar de não existir uma posição consensual sobre a melhor tensão que deve ser utilizada para determinar a capacidade de campo para cada tipo de solo, a maior parte das pesquisas estabelece 10 kPa (0,1 bar) para solos arenosos e 33 kPa (0,33 bar) para solos argilosos. Além disso, Bernardo (2005) admite uma tensão de 1500 kPa (15 bar) para o ponto de murcha permanente. Parahyba (2013), estudando solos arenosos, diz que a capacidade de campo determinada *in situ* apresenta valores inferiores aos determinados em laboratório na tensão de 10 kPa, porém superiores aos de 33 kPa. Assim, no presente trabalho a capacidade de campo foi obtida em laboratório nas tensões de 10 kPa e 33 kPa.

Observa-se que a CC, para ambas as tensões (10 kPa e 33 kPa), dos perfis 1 e 2 mostraram-se semelhantes, com médias dos valores em torno de 6,6 e 5,6% para o P1 e de 6,1 e 4,4% para o P2. Todavia, o P3 apresentou valores de CC superiores aos demais perfis, com valores médios de 12,5 e 10,9%, para as tensões de 10 kPa e 33 kPa, respectivamente. Ou seja, o P3 possui valores de CC quase duas vezes superior aos observados no P1 e P2. Além disso, os horizontes C2 e C4 são os que apresentam os maiores valores de CC, na tensão de 10 kPa, com valores de 16,2 e 22,2%, respectivamente. Corroborando, dessa forma, com os resultados observados nas curvas de retenção (Figura 4), que mostrou esses dois horizontes como os que retêm mais água ao longo de toda a curva.

Tabela 6. Capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível de Neossolos Regolíticos localizados no Agreste de Pernambuco.

| Hor. | Z cm | d g cm ⁻³ | CC | | PMP | AD | |
|--|---------|-------------------------|-------------|--------|----------|------|------|
| | | | 10 kPa | 33 kPa | 1500 kPa | AD1 | AD2 |
| | | | ———— % ———— | | | | |
| | | | mm | | | | |
| P1 - (Caetés): Neossolo Regolítico eutrófico solódico | | | | | | | |
| Ap | 15 | 1,27 | 7,5 | 6,5 | 1,6 | 11,2 | 9,3 |
| AC | 20 | 1,31 | 5,7 | 5,1 | 0,4 | 13,9 | 12,1 |
| C1 | 25 | 1,34 | 6,4 | 5,7 | 0,8 | 19,0 | 16,4 |
| C2 | 30 | 1,47 | 5,6 | 4,5 | 0,8 | 21,0 | 16,1 |
| C3 | 40 | 1,53 | 6,4 | 5,3 | 1,5 | 30,1 | 23,3 |
| C4 | 20 | 1,63 | 7,9 | 6,4 | 1,8 | 20,0 | 15,1 |
| P2 - (Paranatama): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | |
| Ap | 16 | 1,27 | 7,0 | 5,3 | 1,7 | 10,6 | 7,1 |
| AC | 26 | 1,30 | 5,0 | 3,4 | 0,6 | 15,0 | 9,6 |
| C1 | 33 | 1,29 | 5,5 | 3,3 | 0,7 | 20,3 | 11,2 |
| C2 | 28 | 1,27 | 6,7 | 5,1 | 2,3 | 15,9 | 10,2 |
| Cr | 27 | 1,40 | 6,1 | 4,6 | 1,7 | 16,7 | 11,0 |
| P3 - (São João): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | |
| Ap | 20 | 1,52 | 7,3 | 6,0 | 3,2 | 12,5 | 8,6 |
| C1 | 35 | 1,57 | 8,6 | 7,5 | 4,6 | 22,2 | 15,8 |
| C2 | 33 | 1,54 | 16,2 | 14,3 | 10,6 | 28,6 | 18,8 |
| C3 | 37 | 1,44 | 8,1 | 6,3 | 3,3 | 25,8 | 16,0 |
| C4 | 40 | 1,26 | 22,2 | 20,1 | 16,1 | 30,2 | 19,8 |
| Lamelas | - | 1,46 | 12,8 | 11,1 | 8,3 | - | - |

Com relação à AD, de forma geral, os horizontes dos P1 e P2 apresentaram comportamento semelhante, porém o P1 apresentou valores ligeiramente superiores, principalmente com relação aos observados no horizonte C3, que mostrou um valor de AD1 e AD2 de 30,1 e 23,3 mm, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos observados no horizonte C4 do P3, inclusive com o segundo valor sendo superior, uma vez que o horizonte C4 do P3 apresentou um valor de AD2 de 19,8 mm. Isso pode ser justificado pelo fato do horizonte C3 do P1 possuir densidade do solo (D_s) superior ($1,53 \text{ g cm}^{-3}$) ao horizonte C4 do P3 ($1,26 \text{ g cm}^{-3}$), ou seja, a maior densidade favoreceria uma maior capacidade de armazenamento de água neste horizonte, apesar de possuir valores de CC e PMP inferiores.

Entretanto, o P3, de modo geral, é o perfil que possui os maiores valores de AD1 e AD2, principalmente nos horizontes C2, C3 e C4, com valores de AD1, respectivamente, de 28,6, 25,8 e 30,2 mm. Nas lamelas não foi possível determinar a AD, pois para a realização do cálculo é necessário a profundidade das lamelas, entretanto as lamelas foram retiradas de diferentes localidades do horizonte C1 e C2 do P3. Dessa forma, estabeleceu-se apenas a CC e o PMP dessa região denominada de lamelas.

Parahyba (2013) e CHESF (1994) estudando Neossolos Quartzarênicos no estado da Bahia encontraram valores inferiores e uma amplitude de variação menor na CC, cujos valores foram de 10,7 a 20,0% e 6,3 a 7,5%, respectivamente. Enquanto que a CC dos Neossolos Regolíticos em estudo mostraram-se entre 5,0 e 22,2%. Segundo Vieira (1986) a capacidade de campo varia de 10 a 20%, para solos arenosos, e de 35 a 50% para solos argilosos. À exceção do horizonte C4 do P3, todos os demais horizontes se enquadraram no limite de CC proposto por esse autor.

Dessa forma, pode-se dizer que no P3 há um maior incremento de retenção de água que os P1 e P2, pois apresenta ao longo dos horizontes, valores superiores de CC e principalmente de AD, principalmente nos horizontes C2 e C4 do P3, favorecendo dessa forma, o maior poder de acúmulo de água nesses horizontes, que poderá ser utilizada posteriormente pelas plantas.

3.4.2. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS

A condutividade hidráulica dos perfis de Paratama (P2) e São João (P3) são apresentadas por meio da densidade de fluxo (q), mostradas nas Figuras 5 e 6, respectivamente. São mostradas as 4 repetições relativas aos ensaios realizados em cada horizonte. Pretendia-se utilizar a metodologia Beerkan (Souza et al., 2008) para estimar a condutividade hidráulica desses solos, entretanto isso não foi possível para o P3 que apresentou alguns distúrbios em seus ensaios, tornando-se, assim, difícil a utilização dessa metodologia. Dessa forma, apesar de ser possível realizar a metodologia Beerkan no P2, pois o mesmo apresentou uma infiltração normal, optou-se por não fazer, pois não teria como se comparar os dois perfis. Assim, pra efeitos de comparação e de explicação fez-se uso dos gráficos de densidade de fluxo de todos os horizontes dos 2 perfis.

Observa-se que no P2 a infiltração ocorre normalmente, havendo fluxo decrescente em todos os horizontes, ou seja, o fluxo diminui e estabiliza com o passar do tempo. De maneira geral, todos os horizontes do P2 apresentam fluxo de água maior que os horizontes do P3, sendo que o horizonte C2 do P2 é o que mostra maior fluxo de água inicial, próximo a 1 mm s^{-1} , que se estabiliza e torna-se semelhante aos outros horizontes com o passar do tempo. Nos demais horizontes, o fluxo inicial fica abaixo de $0,8 \text{ mm s}^{-1}$, diminuindo com o passar do tempo até se estabilizar.

Por outro lado, o P3 apresentou um comportamento diferente do P2. Apenas o horizonte C4 mostrou um fluxo decrescente, ou seja, semelhante aos fluxos observados nos horizontes do P2. Os demais horizontes apresentaram algum distúrbio ou perturbação no comportamento da infiltração. Vê-se que no horizonte Ap, ao invés de diminuir o fluxo aumenta com o tempo. Tal comportamento é típico de locais de solos com repelência à água, porém não foi possível realizar análises a respeito desse fenômeno, pois iniciou-se o período chuvoso na área em estudo, sendo que esses testes devem ser efetuados com o solo totalmente seco. Segundo Maia et al. (2005) o fenômeno da repelência dos solos reduz a capacidade de infiltração de água no solo, aumenta o escoamento superficial, acelera os processos de erosão, podendo resultar em processos de infiltração não uniformes.

A repelência à água dos solos pode está relacionada a diversos fatores, tais como a quantidade e qualidade de matéria orgânica do solo, o regime de chuvas e secas, a

umidade relativa do ar, como também, a umidade e textura do solo (Buczko et al., 2005). Já Doerr et al. (2005) citam que a repelência pode ser causada pela decomposição de material orgânico, ação de microrganismos e pela temperatura do solo. Entretanto, nos perfis de Neossolos Regolíticos estudados os teores de COT (carbono orgânico total) são semelhantes entre os solos (Tabela 5), principalmente comparando-se os horizontes superficiais dos 3 perfis, onde se encontra o horizonte Ap do P3 que pode ter apresentado esse fenômeno de repelência.

Os horizontes C1 e C2, embora não tão evidentes quanto o horizonte C4, apresentaram uma redução nos fluxos com algumas perturbações no início do processo. Já o horizonte C3 apresentou um comportamento distinto, onde para as quatro repetições realizadas, existem reduções consideráveis da densidade de fluxo, sempre próximo de 600 segundos, e logo em seguida eles aumentam e estabilizam.

Apesar dos distúrbios observados nos ensaios de infiltração do P3, nota-se através dos valores de densidade de fluxo de água que o P2 apresenta fluxo maior que o P3, isso para todos os horizontes. Enquanto que no P2 o fluxo se inicia com valores próximos a $0,6 \text{ mm s}^{-1}$ e se estabiliza com valores próximos a $0,20 \text{ mm s}^{-1}$, no P3 o fluxo dá início com valores próximos a $0,15 \text{ mm s}^{-1}$, ocorrendo sua estabilização com valores abaixo dos observados nos horizontes do P2. Assim, tem-se uma ideia que o fluxo no P2 ocorre de maneira mais intensa e com maior velocidade que o P3.

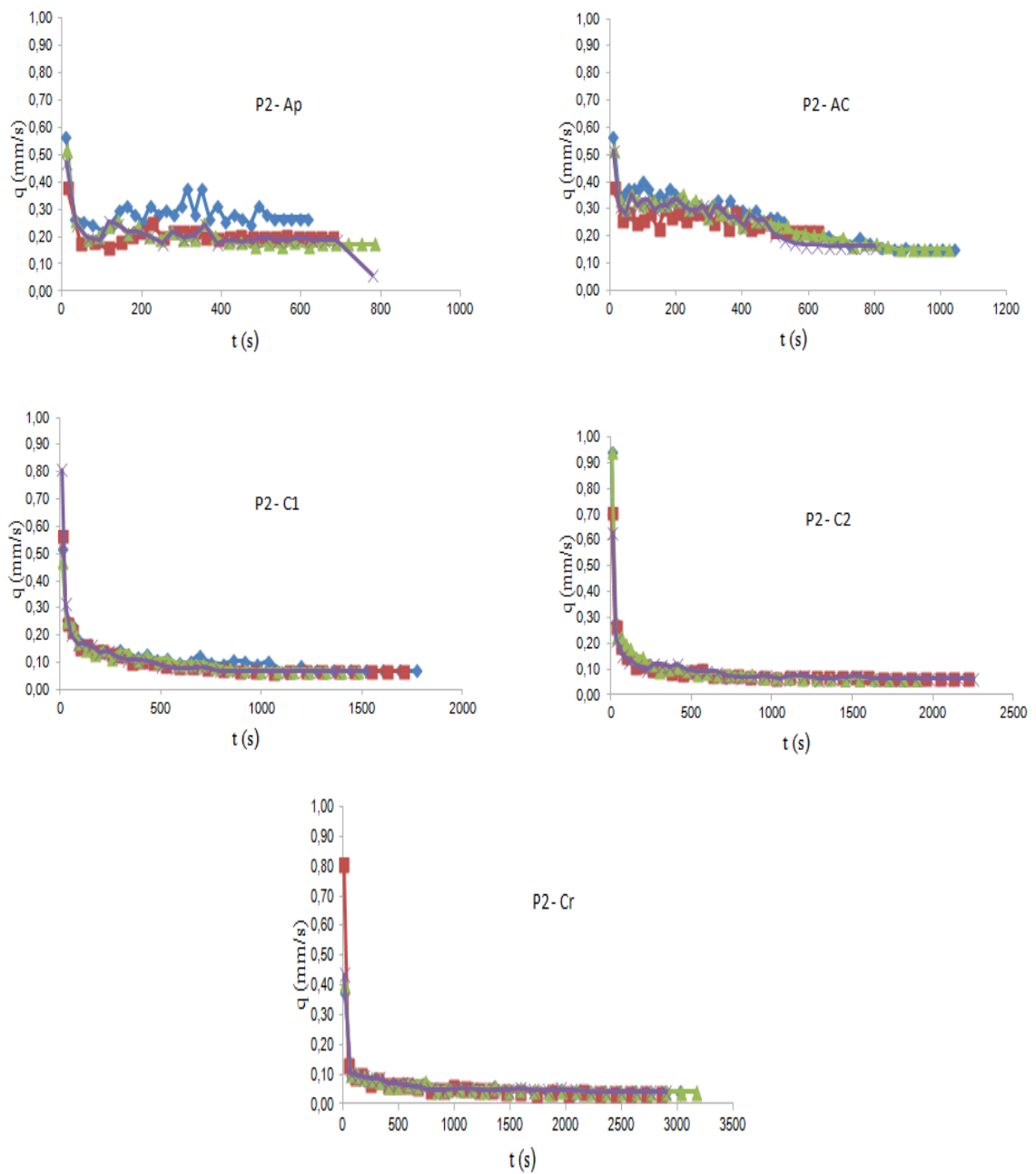


Figura 5. Densidade de fluxo dos horizontes do Neossolo Regolítico localizado em Paranatama (P2), estado de Pernambuco.

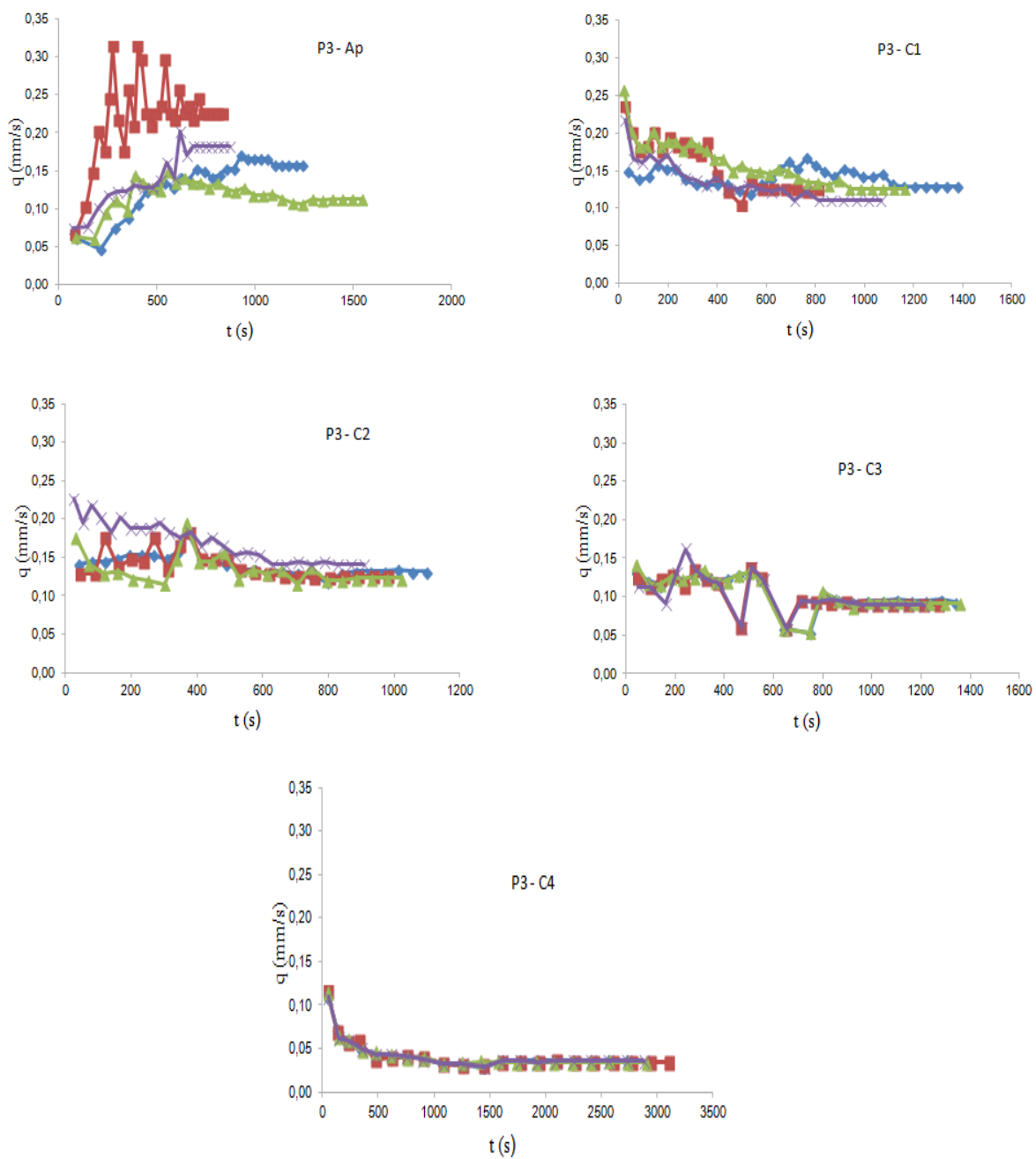


Figura 6. Densidade de fluxo dos horizontes do Neossolo Regolítico localizado em São João (P3), estado de Pernambuco.

Outro fator de relevância e que explica as diferenças entre a dinâmica de água desses solos é a distribuição do diâmetro de poros (Tabela 7). De forma geral, observa-se que há uma boa distribuição dos poros com relação a todos os diâmetros, com predominância de macroporos, ou seja, poros com diâmetro superior a 300 μm , que perfazem um percentual acima dos 20% em todos os perfis estudados, o que é justificável, uma vez que se tratam de perfis de solos arenosos, que são caracterizados por uma predominância de macroporos Hillel (1970) cita que para um bom desenvolvimento das plantas é necessário um volume de macroporos, dependendo do tipo de solo, de no mínimo 6% a 20%. Os horizontes Ap do P1 e Ap do P2 apresentam percentuais de mesoporos maiores que os demais horizontes dos três perfis analisados, sendo que o mesmo não é observado no horizonte Ap do P3.

Os horizontes C2 e C4 do P3 são os que apresentam maior percentual de microporos, principalmente com relação aos poros inferiores a 0,2 μm , com valores de 11,0 e 17,2% respectivamente. Ainda com relação aos horizontes C2 e C4 do P3, vê-se que são os que possuem menor quantidade de macroporos dentro do P3. Essas características favorecem uma maior retenção de água nesses horizontes, uma vez que os poros menores atuam retendo água e os poros maiores se relacionam com a distribuição de água ao longo do perfil. Tal fato é comprovado também na curva de retenção (Figura 4), onde se observa os horizontes C2 e C4 do P3 como os responsáveis pela maior capacidade de retenção de água ao longo da curva. Paraíba et al. (2011) dizem que a curva de retenção de água no solo está diretamente relacionada com a distribuição do tamanho dos poros.

Uma rede ideal de poros, ou seja, um solo com ampla variação de poros com diferentes diâmetros favorece diretamente a fertilidade do solo e conseqüentemente a produtividade das culturas, pois influencia na drenagem da água no solo, na disponibilidade de água para as plantas, na absorção de nutrientes, como também, na aeração e temperatura do solo e capacidade de penetração das raízes (Rezende, 1997).

Tabela 7. Distribuição do tamanho dos poros (%) nos horizontes dos perfis de Neossolos Regolíticos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco.

| Horizonte | Diâmetro dos Poros (μm) | | | | | | | | | Porosidade Total (%) |
|--|--------------------------------------|----------------------|--------|-------|-------|------|-------|---------|--------------------------|----------------------|
| | >300 macroporos | 300-100 mesoporos | 100-50 | 50-30 | 30--9 | 9--3 | 3-0,3 | 0,3-0,2 | $\leq 0,2$ microporos | |
| P1 - (Caetés): Neossolo Regolítico eutrófico solódico | | | | | | | | | | |
| Ap | 24,1 | 10,6 | 4,1 | 2,2 | 3,3 | 1,6 | 1,4 | 0,1 | 2,3 | 49,78 |
| AC | 32,6 | 5,2 | 2,3 | 1,4 | 2,3 | 1,4 | 1,5 | 0,2 | 1,0 | 47,89 |
| C1 | 38,0 | 2,7 | 1,3 | 0,8 | 1,5 | 1,0 | 1,2 | 0,1 | 1,1 | 47,73 |
| C2 | 34,6 | 3,3 | 1,6 | 1,0 | 1,8 | 1,1 | 1,5 | 0,2 | 1,3 | 46,33 |
| C3 | 28,8 | 3,1 | 1,5 | 1,0 | 1,8 | 1,2 | 1,7 | 0,2 | 1,8 | 41,08 |
| C4 | 33,2 | 2,5 | 1,3 | 0,8 | 1,6 | 1,1 | 1,5 | 0,2 | 1,9 | 44,00 |
| P2 - (Paranatama): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | | | | |
| Ap | 25,0 | 11,6 | 4,2 | 2,1 | 3,0 | 1,3 | 1,0 | 0,1 | 2,2 | 50,64 |
| AC | 44,2 | 0,9 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,1 | 1,4 | 49,30 |
| C1 | 34,5 | 4,6 | 2,0 | 1,2 | 2,0 | 1,2 | 1,3 | 0,1 | 0,8 | 47,73 |
| C2 | 45,2 | 1,2 | 0,7 | 0,4 | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 0,2 | 2,9 | 53,45 |
| Cr | 33,2 | 2,5 | 1,3 | 0,8 | 1,6 | 1,1 | 1,5 | 0,2 | 1,9 | 44,00 |
| P3 - (São João): Neossolo Regolítico eutrófico típico | | | | | | | | | | |
| Ap | 32,2 | 1,8 | 0,9 | 0,6 | 1,3 | 1,0 | 1,5 | 0,2 | 3,5 | 43,05 |
| C1 | 30,2 | 1,6 | 0,9 | 0,6 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 0,2 | 4,9 | 41,86 |
| C2 | 21,9 | 2,1 | 1,2 | 0,8 | 1,6 | 1,2 | 2,0 | 0,3 | 11,0 | 42,11 |
| C3 | 33,4 | 1,9 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | 1,1 | 1,7 | 0,2 | 3,6 | 45,07 |
| C4 | 26,8 | 1,8 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | 1,1 | 1,9 | 0,3 | 17,2 | 52,02 |
| Lamelas | 28,6 | 1,8 | 1,0 | 0,7 | 1,3 | 1,0 | 1,6 | 0,2 | 8,6 | 44,79 |

3.5. MINERALOGIA E MICROMORFOLOGIA

Na Tabela 8 estão descritas de forma resumida os principais atributos micromorfológicos dos perfis. As lâminas dos horizontes pertencentes ao perfil 1 (Caetés) não foram analisadas por possuírem características físicas e hídricas similares às observadas no perfil 2 (Paranatama).

De modo geral, os perfis (P2 e P3) mostraram-se bastantes similares, principalmente em relação à assembleia mineralógica constituinte (Figura 7), composição e alteração dos grãos que compõe os materiais grosso e fino, provavelmente consequência da homogeneidade do clima e geologia das regiões estudadas (Tabela 1). Pela análise micromorfológica, foi possível observar que os solos apresentam domínio de material grosso (60%) (silte, areia e cascalho), em relação ao material fino (5%) (argila) e poros (35%).

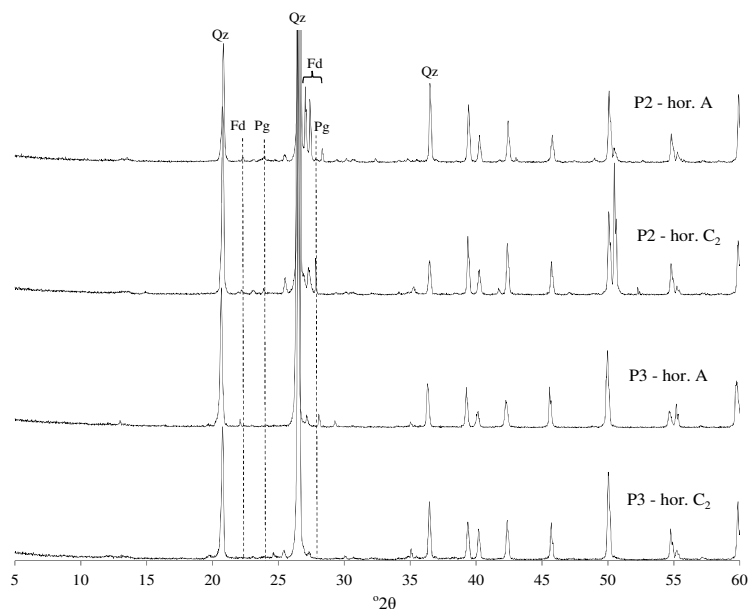


Figura 7. Difratomogramas de Raio X da fração areia do P2 e P3.

As observações em microscopia óptica, juntamente com os espectros de DRX, sugerem predomínio de quartzo, seguido de feldspato potássico, plagioclásio e mica na fração grossa dos perfis estudados. Esses últimos três minerais compõem a assembleia dos minerais primários facilmente intemperizáveis (MPFI), que supera os 5%, confirmando as observações macromorfológicas de campo e o enquadramento dos solos como Neossolos Regolíticos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).

Tabela 8. Atributos micromorfológicos dos horizontes do perfil 2 (Paranatama) e 3 (São João), ambos localizados no Agreste Meridional de Pernambuco.

| Atributo | Perfil 2 | | Perfil 3 | | | |
|--------------------|--|--|---|--|---|--|
| | AC (16-42 cm) | C2 (75-103 cm) | C1 (20-55cm) | C2 (55-88 cm) | C3 (88-125 cm) | C4 (125-165 ⁺) |
| Componentes | | | | | | |
| Geral | Homogênea | Homogênea | Heterogênea. Duas zonas: Zona A (92%) e Zona B (8 %), denominada de lamela. | Homogênea | Homogênea | Homogênea |
| Microestrutura | Grãos com película (90%); grãos com pontes (10%). | Grãos com película (90%); grãos com pontes (10%). | A) Grãos com película (85%) e grãos com pontes (15%). B) Cavitária. | Grãos com película (34%); grãos com pontes (33%); grãos (areia fina e muito fina) compactos (33%), com pouca argila (empacotamento). | Grãos com película (50%); grãos com pontes (50%). | Grãos com película (30%); grãos com pontes (35%), grãos (areia fina e muito fina) compactos (35%), com argila (empacotamento). |
| Material fino | Bruno-escuro, mineral, manchado, fábrica-b indiferenciada, isotrópico. | Bruno, mineral, manchado, fábrica-b salpicada grânida, isotrópico. | A) Bruno-escuro, mineral,manchado, fábrica-b salpicada grânida, isotrópico. B) Amarelo, mineral, manchado, isotrópico com presença grande quantidade de fábricas-b salpicada mosaico, granoestriada e reticulada estriada. | Bruno, mineral, manchado, fábrica-b salpicada grânida, isotrópico. | Bruno-amarelo, mineral, manchado, fábrica-b sapicada grânida, isotrópico. | Bruno-amarelo, mineral, manchado, fábrica-b sapicada grânida, isotrópico. |

| Atributo | Perfil 2 | | Perfil 3 | | | |
|-----------------------|---|---|--|--|---|---|
| | AC (16-42 cm) | C2 (75-103 cm) | C1 (20-55cm) | C2 (55-88 cm) | C3 (88-125 cm) | C4 (125-165 ⁺) |
| Material grosso | Quartzo (88%), feldpatos potássicos (5%), plagioclásio (2%), micas (1%), fragmentos de rocha (2%) e fragmentos de raízes e carvões (2%). Subarredondados e angulares. Mal selecionados. | Quartzo (85%), feldpatos potássicos (5%), plagioclásio (3%), micas (1%), fragmentos de rocha (3%) e fragmentos de raízes e carvões (3%). Subarredondados e angulares. Mal selecionados. | A) Quartzo (90%), feldpatos potássicos (3%), plagioclásio (2%), micas (1%), fragmentos de rocha (4%) e fragmentos de raízes e carvões. Subarredondados e angulares. Mal selecionados. B) semelhante ao A, com menos carvões (2%). | Quartzo (90%), feldpatos potássicos (5%), plagioclásios (1%), fragmentos de rocha (4%) e traços de mica, magnetita e carvões. Subarredondados e angulares. Mal selecionados. | Quartzo (92%), feldpatos potássicos (3%), plagioclásio (1%), fragmentos de rocha (4%) e traços de mica, magnetita, raízes e carvões. Subarredondados e angulares. Mal selecionados. | Quartzo (95%), feldpatos potássicos (2%), plagioclásio (1%), fragmentos de rocha (2%) e traços de mica e carvões. Subarredondados e angulares. Mal selecionados. |
| Poros | Empilhamento simples e cavidades | Empilhamento simples e cavidades | A) Empilhamento simples e cavidades. B) Cavidades | Empilhamento simples e cavidades | Empilhamento simples e cavidades | Empilhamento simples e cavidades |
| Distribuição relativa | Mônica- gefúrica - quitônica | Quitônica-gefúrica-mônica | A) Mônica-gefúrica-quitônica. B) Porfírica-gefúrica e porfírica. | Gefúrica-quitônica | Gefúrica- quitônica | Gefúrica- quitônica |
| Pedofeição | Preenchimentos densos incompletos, areia e silte; preenchimento densos completos, mistura de material grosso e fino, porfírica, sem orientação e extinção ausente. | Preenchimentos densos incompletos, areia e silte. | A) Revestimentos típicos de grãos (0,01 a 0,05 mm), argila e ferro de iluviação, orientação fraca, extinção difusa ou ausente, comuns. B) idem a anterior e revestimentos e preenchimentos de poros, argila e ferro, orientação moderada a forte, extinção difusa e nítida, comuns. | 1) Revestimentos típicos de grãos (0,01 a 0,05 mm), argila e ferro de iluviação, orientação fraca, extinção difusa ou ausente, baixa frequência; 2) revestimentos típicos de poros, não lamelados, argila e ferro, orientação fraca e contínua e extinção difusa, raros. | Preenchimentos densos completos, mistura de material grosso e fino, porfírica, sem orientação e extinção ausente. | Revestimentos típicos de grãos (0,01 a 0,05 mm), argila e ferro de iluviação, orientação fraca, extinção difusa ou ausente, frequentes; 2) revestimentos típicos de poros, não lamelados, argila e ferro, orientação fraca e forte (baixa frequência) e contínua e extinção difusa e nítida (baixa frequência), baixa frequência. |

O quartzo representa cerca de 90% dos grãos, apresentando-se como policristalinos poligonais e interlobados de origem pós-tectônica (Figura 8a). Foram observados grãos com deformações sintectônicas (Figura 8b). No geral, os grãos possuem forma subarredondados e angulares, subalongadas e esféricas, com bordas lisas e onduladas (magnificação de 50x). Foram observados ainda presença de extinção ondulante em alguns grãos de quartzo. Essa última característica, associada à presença de grãos policristalinos, sugerem que esses solos são produtos da alteração de material metamorfozado. A principal alteração observada nos grãos de quartzo são fraturas que normalmente seguem as intersecções dos policristais, separando-os com manutenção da forma e tamanho. Para essa situação, as distribuições de tamanho dos grãos de areia média e fina estão diretamente relacionadas com a morfologia inicial nos aglomerados de quartzo policristalinos (Figura 8c).

Os feldspatos potássicos e os plagioclásios compõem em média 4% e 2% dos grãos do material grosso, respectivamente. Os feldspatos foram identificados pela geminação tartan (Figura 8d), típico do mineral microclina. Apresentam-se com formas subalongadas a subesféricas, subangulares a subarredondadas, com bordas lisas (magnificação de 50x), podendo estar associados a cristais de quartzo e, ou micas, como fragmentos de rocha (Figura 8e). Os grãos de feldspatos mostram-se mais preservados quando comparados às micas e plagioclásios, em padrão de alteração C2 em classe 0 a 1 (Bullock et al., 1985). Para os plagioclásios foram também identificados padrão E em classe 0 a 1 (Figura 8f).

As micas se mostraram presentes nos solos em quantidade inferior a 1%, bastante alteradas, com coloração vermelho-amarela e laminação pouco evidente (Figuras 8g e 8h). O grau de alteração se mostrou mais evidente nos fragmentos de rocha, que por sua vez compõem cerca de 3% do material grosso encontrado. No interior desses fragmentos foram observadas pequenas manchas de cor vermelha, sugerindo neoformação de hematita (Figura 8h). Além disso, também foram encontrados fragmentos de raízes e carvões, assim como traços de magnetita. A presença dos MPFI em conteúdos superiores a 5%, principalmente os feldspatos, indica que esses solos apresentam uma importante reserva de potássio para as plantas. Além disso, juntamente com a ocorrência de micas e plagioclásios, indicam que são solos de baixo grau de intemperismo.

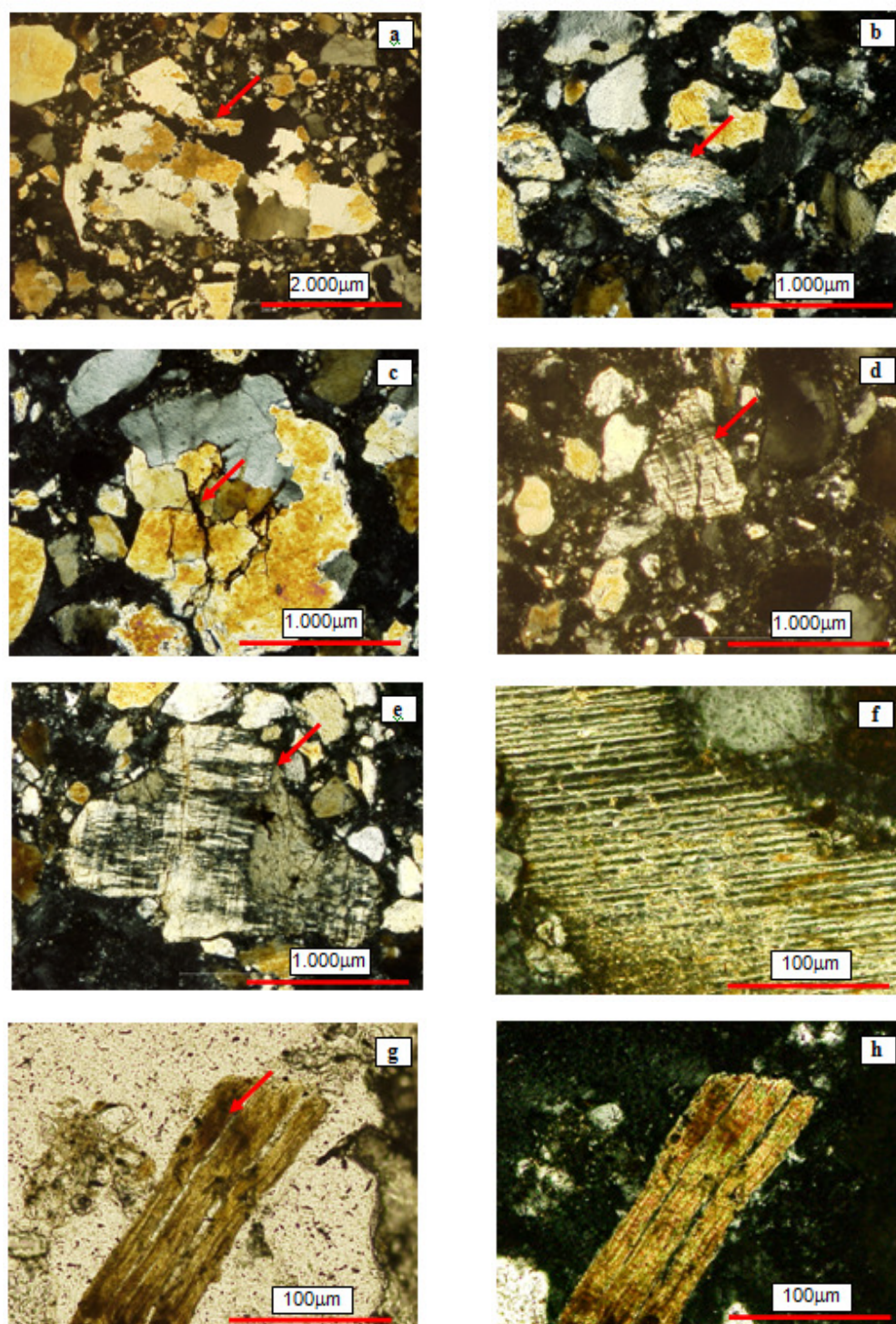


Figura 8. Micrografias do material grosso dos solos estudados. (a) quartzo policristalino interlobado; (b) quartzo com deformação sintectônica; (c) quartzo fraturado com preenchimento de material hematítico; (d) feldspato com geminação tartan (microclina); (e) fragmento de rocha; (f) plagioclásio; (g) mica, provavelmente biotita em ppl, com manchas vermelhas (h) foto anterior em xpl.

Em relação ao material fino, os solos estudados apresentaram semelhanças na cor (amarela) e na composição (caulinítica). Os horizontes mais próximos à superfície se apresentaram mais escuros (bruno-escuro), reflexo, provavelmente, da maior quantidade de pequenas pontuações negras de carvão, que promovem a melanização do horizonte. Foram observados fábricas birrefringentes do tipo salpicada grânida nos horizontes C1 e C3 do perfil 3 e C2 do perfil 2. Para o horizonte AC do perfil 2, a fábrica se mostrou indiferenciada.

De forma geral, o material fino se mostrou em quantidade ligeiramente superior no perfil 3 (São João), quando comparado ao perfil 2 (Paranatama), distribuindo-se principalmente como revestimentos de grãos (parciais ou totais) e, ocasionalmente, como pontes. Para o perfil 3, o revestimentos dos grãos se apresentaram mais espessos, com valor médio de 0,03 mm. A maior expressão de pontes entre os grãos do material grosso também foi observada no P3, com quantidade crescente em profundidade. Ambos os fatores podem estar contribuindo para uma menor infiltração e maior retenção de água em relação ao perfil 2.

Em se tratando dos horizontes observados de forma individual, o horizonte C1 do perfil de São João (P3) é caracterizado pela presença de duas regiões distintas (zonas A e B). A zona A (92% da lâmina) possui uma distribuição mônica-gefúrica-quitônica, pouco densa, com pouco conteúdo de material fino, dispostos principalmente como películas (85%) ou como pontes (15%) entre os materiais grossos. Tal distribuição confere porosidade do tipo empilhamento simples, com grande conectividade dos macroporos, o que facilita o transporte e reduz a retenção de água nesse horizonte. Já a zona B apresenta grande concentração de material fino, de coloração amarelada manchada com pontuações de carvão, na forma de lamelas com espessura média de 3 mm (Figura 9). Essa observação é corroborada pela macromorfologia de campo (Tabela 2) que confirmou a presença dessa feição também no horizonte C2 do mesmo perfil, porém em menor proporção. Provavelmente devido a sua pouca espessura, não foi identificada desenvolvimento estrutural, sendo sua microestrutura enquadrada como cavitária, com relação G/F inferior a zona interlaminar e ao horizonte C3 (Tabela 8).

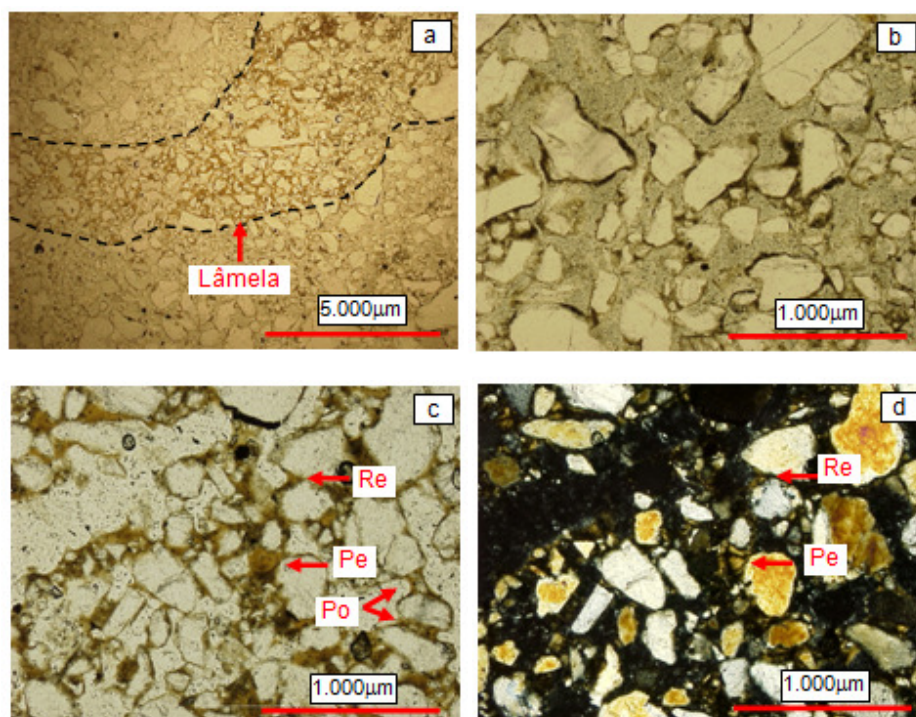


Figura 9. Micrografias do horizonte C1 do P3. (a) representação das zonas da lâmelas e inter-lamelas; (b) distribuição dos componentes da zona inter-lamelas; (c) distribuição dos componentes da zona da lamela em ppl; (d) foto anterior em xpl. Re: Revestimento; Pe: Preenchimento; Po: Pontes.

Nas lamelas, o material fino se apresentou em quase sua totalidade como preenchimentos completos ou incompletos da porosidade formada entre os grãos do material grosso (empilhamento simples), ocorrendo ainda na forma de pontes e revestimentos de grãos e poros do tipo cavidades, conferindo uma distribuição do tipo porfírica-quitônica ou porfírica-gefúrica. Nas regiões onde a porosidade se mostrou praticamente preenchida por material fino, a distribuição relativa é do tipo porfírica. Todos esses tipos de distribuições relativas entre os materiais grosso e fino conferem reduzida porosidade total as zonas com lamelas, ocorrendo predominantemente como cavidades policôncavas o que dificulta o transporte da água e aumenta sua retenção e acúmulo de água nessas camadas. Entretanto, não foi observada forte retenção de água nesse horizonte (C1) pelo fato do transporte da água ocorrer livremente e de forma mais intensa nas regiões entre lamelas, provavelmente devido ao empacotamento menos denso e maior conectividade dos poros.

O material fino (argila) responsável pela formação das lamelas mostrou expressiva anisotropia, seja na forma de fábrica birrefringente ou como feição pedológica textural (Figura 9). As principais fábricas observadas foram salpicada mosaico, granoestriada e reticulada estriada. Já a conformação das feições (revestimentos ou preenchimentos) foi típica com fraca a moderada orientação e extinção difusa. Em menor expressão, foram observados microlaminados com forte e contínua orientação e extinção nítida (Figura 10). Ambos, típicos de materiais que sofreram argiluviação.

Não é foco do presente trabalho entender a gênese das lamelas, mas acredita-se que o principal mecanismo na sua formação é a deposição em frentes de umedecimento do solo (fluxo hídrico descendente no perfil), que em clima semiárido não atinge grandes profundidades. Como consequência, tem-se o entupimento gradativo de poros. Supõe-se que as lamelas mais profundas são as mais antigas, em contraposição as mais novas são localizadas próximas à superfície.

Devido a menor quantidade e expressividade, as lamelas não foram identificadas na lâmina delgada do horizonte C2 do perfil 3. Nesse horizonte foi observada distribuição de seus componentes do tipo gefúrica-quitônica, compondo uma microestrutura complexa formada de grãos com películas (34%), grãos com pontes (33%) e grãos compactos (areia fina e muito fina com pouca argila) (33%), na forma de empacotamento aglomerático denso (Figura 10). Esse último tipo de microestrutura também foi observado no horizonte C4 e é consequência da expressiva redução da macroporosidade devido a grande intercalação de grãos menores (areia fina e muito fina) entre grãos maiores (areia grossa, areia muito grosso e cascalho) com um pouco de argila. Esse tipo de ajuste promove formação de pequenas cavidades arredondadas ou irregulares com aumento dos poros médios. Micromorfologicamente, o C4 se apresenta semelhante ao C3, diferindo pelo desenvolvimento incipiente e em pequena quantidade microagregados granulares, com provável presença de poros pequenos intra-agregados, o que justificaria um aumento da microporosidade e consequente maior retenção de água por esse horizonte.

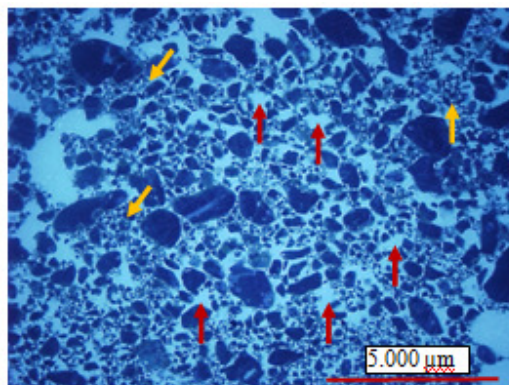


Figura 10. Micrografias da microestrutura grãos compactos na forma de empacotamento aglomerático denso do C2 (Setas vermelhas = cavidades irregulares; setas amarelas = zonas empacotadas).

Ainda com relação ao P3, o horizonte C3 apresenta distribuição gefúrica-quitônica e microestrutura dos tipos grãos com película (50%) e grãos com pontes (50%). Não foi observado grãos compactados na forma de empacotamento aglomerático, permitindo grande conectividade dos poros originados entre as partículas que compõe o material grosso (empilhamento simples). Tal fato permite a distribuição da água de maneira livre, pois os poros são grandes e homogêneos, o que dificulta a retenção da água nesse horizonte.

No perfil 2 (Paranatama), os horizontes estudados (AC e C2) são bem semelhantes entre si, com predominância de poros grandes e contínuos e microestrutura formada por grãos com película (90%) e grãos com pontes (10%). Além disso, em relação ao P3, o empacotamento do material é pouco denso, além da presença mínima de materiais finos, que ocorrem principalmente como películas dos grãos. Dessa forma, o transporte da água é feito de forma contínua e intensa, pois por apresentarem poucas pontes entre os grãos a conectividade entre os poros é grande, existindo poucas regiões de acúmulo ou armazenamento de água, ou seja, pouca retenção de água nesses horizontes ou ao longo de todo o perfil.

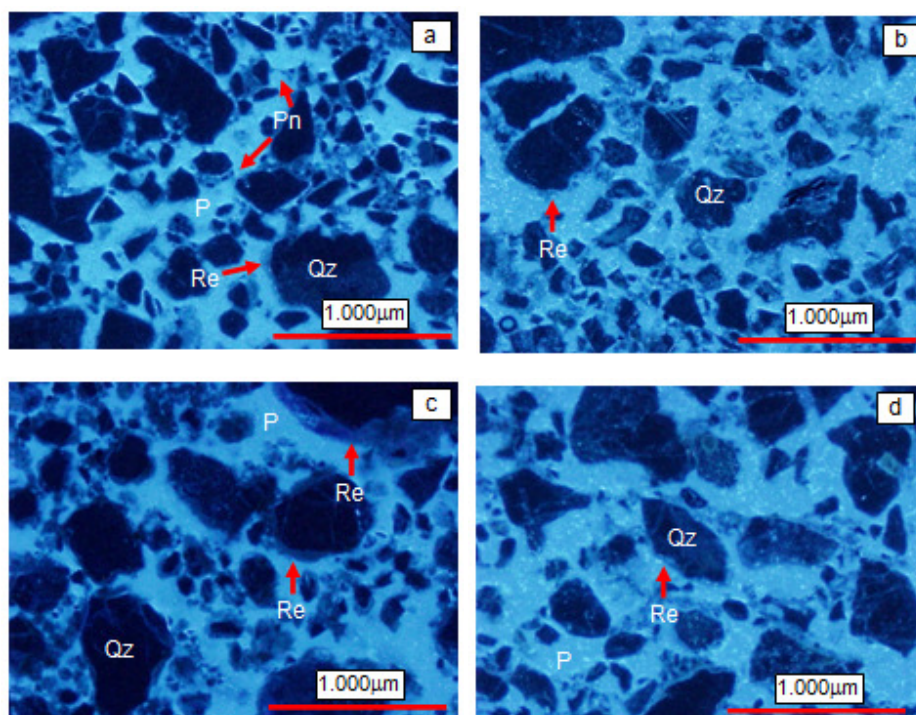


Figura 11. Micrografias em luz negra (ultravioleta) dos solos estudados. (a) horizonte C1 do P3; (b) horizonte C3 do P3; (c) horizonte AC do P2; (d) horizonte C2 do P2. Seta vermelha destaca revestimento de material fino em grãos de quartzo. Qz: Quartzo, P : Poro; Re: Revestimento de argila; Pn: Pontes.

O percentual de poros por área e o número de poros, quanto ao tamanho (pequeno, médio e grande) e formato (alongado, arredondado e complexo) são encontrados na Figura 12. Observa-se nos gráficos que a porosidade total (PT) dos horizontes C2 e C4 do perfil 3 são as menores encontradas dentre todos os horizontes, com 25% e 24% respectivamente. Valores estes que ficam abaixo dos demais horizontes do mesmo perfil, como também dos horizontes do perfil 2. Isso corrobora como indicativo de que esses horizontes com menores PT são mais compactos e conseqüentemente a percolação de água ocorre de maneira mais lenta, favorecendo sua retenção nessas camadas. Todavia, essa PT expressa nos gráficos leva em consideração apenas a macro e mesoporosidade, pois as análises de imagem (micromorfologia) não conseguem visualizar ou detectar a microporosidade. Porém, na determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em laboratório observa-se que os maiores valores de microporos são encontrados nos horizontes C2 e C4, corroborando mais uma vez com uma maior retenção de água nesses horizontes.

Observa-se que há predominância de poros grandes em todos os horizontes estudados, que compreendem quase que a totalidade da porosidade do solo. Entretanto, os horizontes C2 e C4 do perfil 3 apresentam percentuais de poros grandes inferiores aos demais horizontes estudados, além de maiores percentuais de poros médios e pequenos. Parahyba (2013) atribui uma menor proporção de poros maiores a um melhor arranjo estrutural (empacotamento) e conseqüente maior retenção de água.

Dessa forma, nesses horizontes (C2 e C4) o transporte da água é feito de maneira mais lenta, pois os principais poros responsáveis pelo transporte da água (poros maiores) são reduzidos nesses horizontes se comparados aos outros, o que também é observado na Tabela 3. Por outro lado, eles retêm mais água, pois apresentam mais poros pequenos, que podem atuar auxiliando na retenção da água. Isso corrobora com os resultados observados nas curvas características de retenção (Figura 4), onde conclui-se que os horizontes C2 e C4 são os horizontes que possuem maior capacidade de retenção de água.

Apesar de haver maior percentagem de área preenchida por poros grandes, o número de poros pequenos é maior, isso para todos os horizontes estudados. Isso nos mostra que apesar dos poros grandes ocuparem grandes espaços, esses são pouco numerosos, pois ocorrem de forma contínua (grande conectividade). Por outro lado, os poros pequenos são muito numerosos, apesar de compreenderem um percentual por área pequena. Apesar de se tratar de macroporos, sabe-se que os poros menores são responsáveis pela retenção de água, enquanto que os poros maiores se encarregam principalmente pelo transporte dessa água.

Com relação ao formato dos poros, observa-se que há maior percentual de área preenchida por poros complexos que totalizam a maior parte dos poros grandes. Apesar dos poros arredondados possuírem um percentual de área pequena, se comparado aos poros complexos, eles possuem maior quantidade no que diz respeito ao número de poros. Dessa forma, a maior quantidade de poros arredondados favorece uma distribuição espacial mais fechada ou densa, o que dificulta o deslocamento da água ao longo do perfil. Nota-se que os horizontes C2 e C4, que são os responsáveis pelos maiores valores de retenção de água (Figura 4), apresentam número de poros arredondados superiores e poros alongados inferiores aos encontrados nos demais horizontes.

O número de poros complexos aumentou com a profundidade do solo, porém diminuiu em percentagem de área total ocupada, exceto para os horizontes C2 e C4 do perfil 3, que não apresentaram essa tendência. Esse comportamento também foi observado por Juhász et al. (2007), que atribui uma microestrutura mais solta nos horizontes mais superficiais e macroporosidade maior nos horizontes mais subsuperficiais dos perfis que apresentam tal comportamento. Lembrando que apesar do perfil 2 (Paranatama) apresentar essa característica, o mesmo não foi observado no perfil de São João, onde os horizontes C2 e C4 se comportaram de maneira diferente, indicando que há ao longo desse perfil (P3) horizontes mais subsuperficiais (C2 e C4) que possuem uma microestrutura mais densa (grãos compactos) e uma macroporosidade menor, se comparado a horizontes localizados acima destes.

Ringrose-Voase & Bullock (1984) dizem que a condutividade e retenção da água no solo são influenciadas pelo formato dos poros e que os poros complexos resultam no empacotamento de grãos individuais e/ou agregados, favorecendo a infiltração da água em detrimento da retenção. Nos perfis estudados, os poros complexos, que são principalmente grandes, ocupam quase que o percentual total de poros, fazendo com que a retenção de água nesses solos não seja tão eficiente. Entretanto, observa-se que os horizontes C2 e C4 do perfil 3 apresentam percentuais de área com poros complexos inferiores aos demais horizontes estudados, o que justifica a maior retenção de água nesses horizontes. No mesmo propósito, comparando-se o horizonte C1 do perfil 3, as regiões de lamelas e entre lamelas, vê-se que a primeira apresenta um percentual de área de poros complexo ligeiramente inferior, o que comprova sua maior retenção de água que a região entre lamelas.

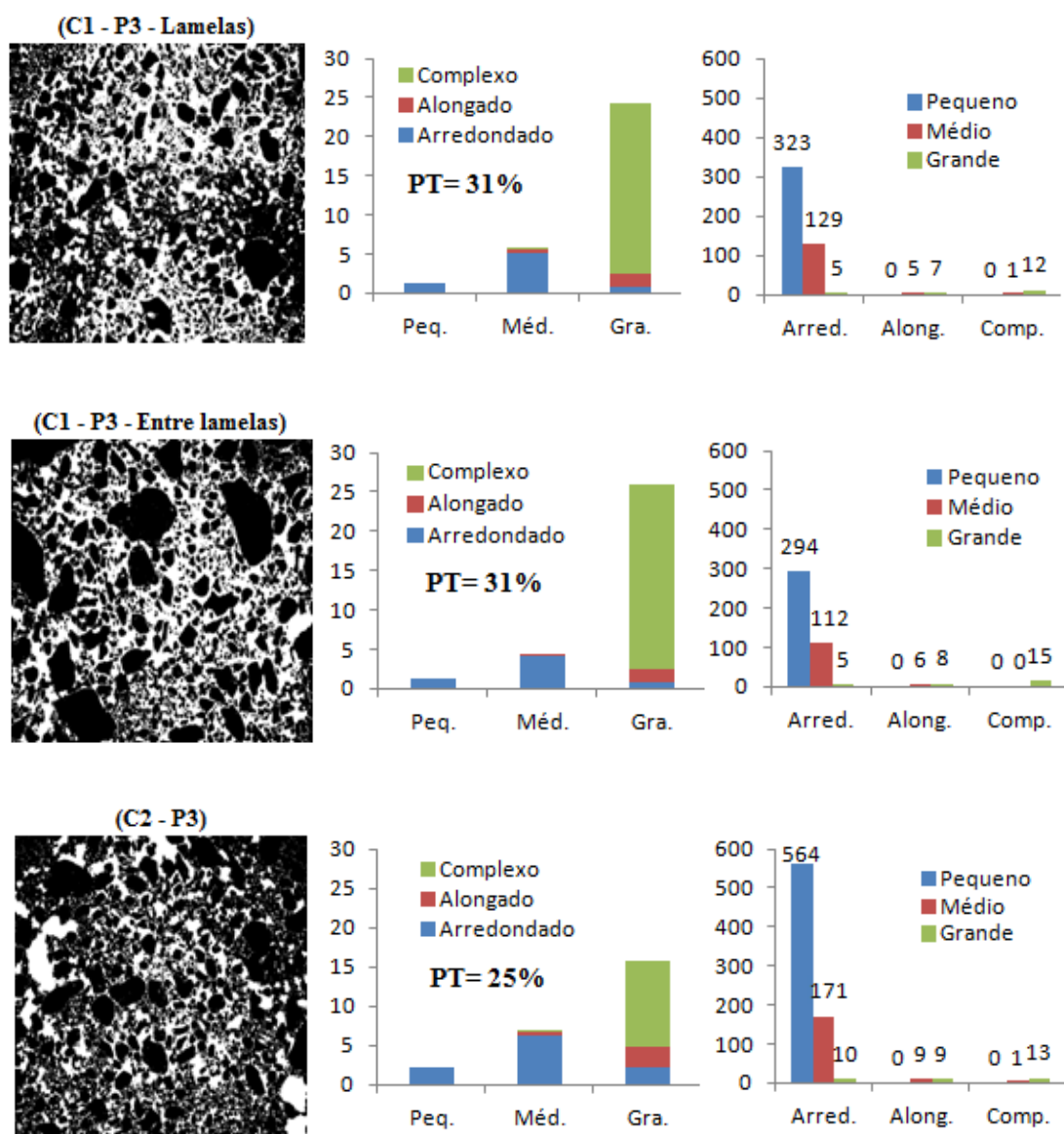
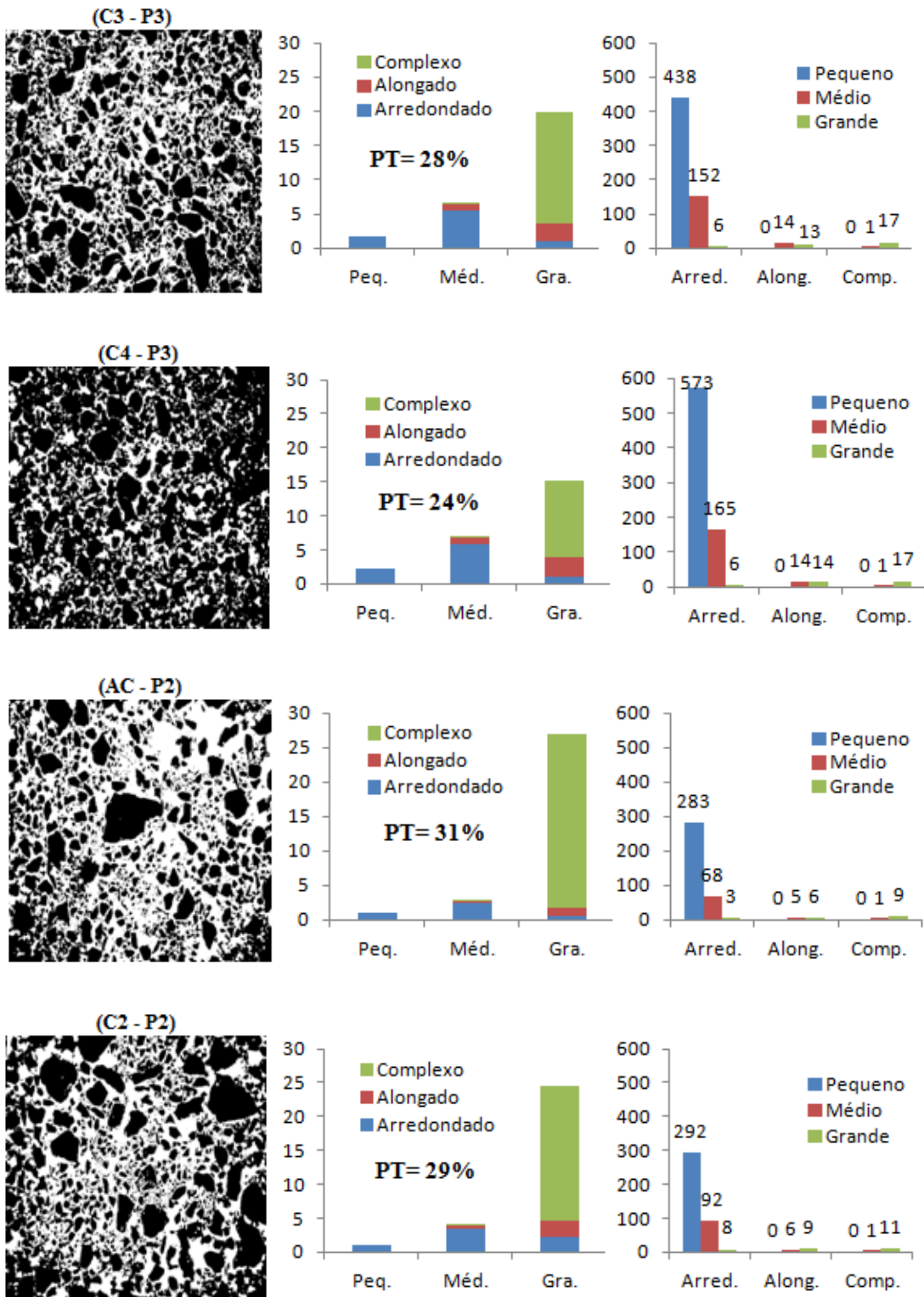


Figura 12. Micrografias binarizadas dos perfis de São João (P3) e Paranatama (P2) e distribuição da porosidade total por área e número de poros, quanto ao tamanho e formato. Peq.: pequeno, Méd.: médio, Gra.: grande, Arred.: arredondado, Along.: alongado, Comp.: complexo e PT: Porosidade Total.



Continuação da Figura 12.

Assim, fica claro que existe diferenças entre os perfis analisados e que tais diferenças estão relacionadas ao empacotamento ou distribuição dos materiais grosseiros e finos ao longo dos horizontes, onde observa-se que os horizontes C2 e C4 do perfil 3 (São João) apresentam um empacotamento das partículas que favorecem uma maior retenção de água nessas camadas, se comparado aos horizontes dos outros perfis. Além disso, o horizonte C1 do perfil de São João apesar de possuir uma quantidade de argila (Lamelas) superior em algumas regiões não favorecem um grande retenção de água, pois os espaços entre as lamelas são formados por empacotamento pouco densos, como explicado anteriormente.

Por fim, fica evidente pelo comportamento micromorfológico observado que os horizontes C2 e C4 do perfil de São João (P3) apresentam características que os diferenciam dos demais horizontes do mesmo perfil, como também dos horizontes dos outros perfis (1 e 2). Tais características favorecem a formação de um horizonte com empacotamento mais denso que contribui para uma maior retenção de água nessas camadas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

a) Não foram observadas diferenças expressivas entre os Neossolos Regolíticos quanto aos seus atributos morfológicos e químicos;

b) O Neossolo Regolítico de São João (P3) mostrou-se distinto dos demais perfis em relação as proporções das frações mais finas da areia e microporosidade que conferiram maior retenção de água nos horizontes C2 e C4;

c) Foram observadas lamelas apenas no P3 cujos atributos micromorfológicos sugerem gênese por translocação vertical de argila (argiluviação);

d) A micromorfologia mostrou que os horizontes com maior retenção de água do P3 apresentam zonas com empacotamento mais denso de seus componentes (empacotamento aglomerático), conferindo menores diâmetros de poros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. L.; REICHERT, T. M.; REINERT, D. J. Escarificação Mecânica e Biológica para a redução da compactação em Argissolo Franco-Arenoso sob plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2004.

ANGELOTTI NETTO, A. Estimativa da Retenção de Água no Solo a partir do Uso de Equipamentos Não Convencionais, Redes Neurais Artificiais e Funções de Pedotransferência. 2007. 176 p. **Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

ARCOVERDE, A. C. B. Avaliação dos Impactos Socioeconômicos dos Empreendimentos solidários em Pernambuco. Projeto de Pesquisa, UFPE, 2007.

AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 5, p. 1-48. 2007.

BERNARDO, A. N. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa: UFV, **Imprensa Universitária**, 657 p., 2005.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico Típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 2001.

BRASIL. Levantamento Exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Mato Grosso do Sul. Recife, 345p. 1969.

BUCZKO, U.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under scots pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). **Geoderma: An International Journal of Soil Science**, v. 126, p. 317-336, 2005.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. Handbook for soil thin section description. **Wolverhampton: Waine Research Publications**, 153p. 1985.

BURDINE, N. T. Relative permeability calculations from pore-size distribution data. **America Institute Mining and Metallurgy Engineering**, v.198, p.71-77, 1953.

- CHESF - COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. Levantamento pedológico complementar do projeto jusante, Município de Glória-BA. Recife, 86 p. 1994.
- COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; CHAPLOT, V. Origin of microaggregates in soils with ferrallic horizons. **Scientia Agricola**, v.62, p.256-263, 2005.
- CORDEIRO SANTOS, L. J. & CASTRO, S. S. Lamelas (Bandas onduladas) em argissolo vermelho-amarelo como indicadores da evolução do relevo: o caso das colinas médias do Plantô do Bauru (SP). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 7, N° 1, 2006.
- DEXTER, A. R. Soil Physical Quality: Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma**, v. 120, n. 3-4. p. 227-239. 2004.
- DIJKERMAN et al., 1967. In: ROLIM NETO, F. C. Gênese de solo arenoso com lamelas no Agreste de Pernambuco. 120f. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1991.
- DOERR, S. H.; DOUGLAS, P.; EVANS, R. C.; MORLEY, C. P.; MULLINGER, N. J.; BRYANT, R.; SHAKESBY, R. A. Effects of heating and post-heating equilibration times on soil water repellency. **Australian Journal of Soil Research**, 43, 261-267, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro, 225p. 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Solos UEP. Recife. 2006. Acessado em 12 de Outubro de 2012. Disponível em: www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 212p. 1997.
- FERREIRA, M. M. & DIAS JÚNIOR, M. S. **Física do Solo**. UFLA/FAEPE, Lavras, 117p. 2001.
- FONTANELA, E. Parâmetros físico-hídricos de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo e níveis de tráfego. 78f. **Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.

- HILLEL, D. Solo e água: fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 231p. 1970.
- HILLEL, D. Soil and water: physical principles and processes. 3.ed. **New York: Academic**, 288 p. 1972.
- HILLEL, 1998. In: SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, 2012.
- IBGE – CIDADES. Rendimento médio do feijão em grão. 2012. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=26&idtema=123&codv=v75&search=pernambucolsao-joaolsintese-das-informacoes-2012>
- JACOMI NE, P. K. T. Solos sob caatinga: Características e uso agrícola. **In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F. & FONTES, M. P. F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, SBCS/UFV/DPS, p.95-111. 1996.**
- JUHÁSZ, C. E. P.; COOPER, M.; CURSI, P. R.; KETZER, A. O.; TOMA, R. S. Savanna woodland soil micromorphology related to water retention. **Sci. agric. Piracicaba, SP. Vol.64, no.4, 2007.**
- KIRKHAM, M. B. Principles of Soil and Plant Water Relations. Amsterdam: **Elsevier Academic Press**, 519 p. 2005.
- LEPSCH, I. Formação e conservação dos solos. São Paulo, **Oficina de Textos**, 177p. 2002.
- MAIA, C. M. B. F.; DEDECEK, R.; MALUCELLI, C. S. Identificação de repelência à água em solos sob plantios florestais. **Comunicado Técnico**, Embrapa, 2005.
- MARQUES, J. D. de O. Horizontes pedogenéticos e sua relação com camadas hidráulicas do solo. 2000. 86 f. **Dissertação (Mestrado)**. Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.
- MELO, V. F. & ALLEONI, L. R. F. Química e mineralogia do solo; conceitos básicos. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.251-332. 2009.
- MUGGLER, C. C.; CURI, N.; SILVA, L. N. & LIMA, J. M. Característica pedológicas de ambientes agrícolas nos Chapadões do Rio Corrente, Sudeste da Bahia. **Pesq. agropec. bras. Brasília**, v.31, n.3, p. 221 - 231, 1996.

- MURPHY, C. P. Thin section preparation of soils and sediments. Berkhamsted: A.B. **Academic Publications**, 149p. 1986.
- NAHON, D. B. **Introduction to the petrology of soils and chemical weathering**. 8.ed. New York, Wiley, 312p. 1991.
- OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 3.ed. Piracicaba, FEALQ, 592p. 2008.
- PAISANI, J. C. Gênese de Lamelas (“estruturas dedissipação”) Associadas à Evolução de Paleoargissolos em Rampa Arenosa, Praia Mole (Ilha de Santa Catarina) / SC, Brasil: subsídios para uma interpretação paelogeomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 5, N° 1 29-42, 2004.
- PARAHYBA, R. B. V. Geoambientes, litopossequência, e características físico-hídricas de solos arenosos da Bacia do Tucano, Bahia. 270f. **Tese (Doutorado em Geografia)** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2013.
- PARAÍBA, R. B. V.; SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B. Retenção de água em solos arenosos do município de Petrolândia, estado de Pernambuco. **Comunicado técnico**, Empraba. Rio de Janeiro, 2011.
- PEDRON, F. A.; FINK, J. R.; RODRIGUES, M. F.; AZEVEDO, A. C. Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de arenito. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2011.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciências Ambientais**, 27:29-48, 2003.
- RESENDE, M. & REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. v.9, p. 3 - 25. 1983.
- REZENDE, J. O. Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas. Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1997.
- RINGROSE-VOASE, A. J.; BULLOCK, P. The automatic recognition and measurement of soil pore types by image analysis and computer programs. **Journal of Soil Science**, v.35, p.673-684, 1984.
- ROLIM NETO, F. C. Gênese de solo arenoso com lamelas no Agreste de Pernambuco. 120 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1991.

- SAGRI – 2013: Acessado em 20 de Novembro de 2013. Disponível em: <http://www.sagri.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=32>
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6.ed. Viçosa, MG. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 100p. 2013.
- SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 2012.
- SILVA, R. A. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; GONDIM, P. S. S.; SOUZA, E. S.; JÚNIOR, G. B. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria Decumbens* Stapf). **Rev. Bras. Ciênc. Solo** vol.38, no.1. Viçosa. 2014.
- SIT, 2011. Acessado em 14 de Dezembro de 2013. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/mapa.php>
- SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; JARAMILLO, R. A.; MACIEL NETTO, A. Caracterização hidrodinâmica de solos: Aplicação do método Beerkan. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.128–135, 2008.
- STÜMER, S. L. K. Infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do planalto do Rio Grande do Sul. 2008. 104f. **Dissertação (Mestrado em Ciência do solo)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.
- TOGNON, A. A. Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo. 1991. 85 f. **Dissertação (Mestrado)**. Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**,44:892-898, 1980.
- VIEIRA, D. B. **Relação água, solo e planta**. In: Programa Nacional de Irrigação: Curso de elaboração de projetos de irrigação. Brasília. 1986.
- WILDING et al., 1963. In: SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 2012.