



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA DOUTORADO
EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

PHÂMELLA KALLINY PEREIRA FARIAS

**CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AS INTER-RELAÇÕES ENTRE
OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS, MARTINS-RN.**

MOSSORÓ

2019

PHÂMELLA KALLINY PEREIRA FARIAS

**CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AS INTER-RELAÇÕES ENTRE
OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS, MARTINS-RN.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Jeane Cruz Portela.

MOSSORÓ

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F224c Farias, Phâmella Kalliny Pereira.

Caracterização, classificação e as inter-relações entre os atributos do solo em agroecossistemas, Martins-RN / Phâmella Kalliny Pereira Farias. - 2019.

98 f. : il.

Orientadora: Jeane Cruz Portela.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2019.

1. Manejo adequado do solo. 2. Pedogênese. 3. Retenção de água. 4. Infiltração. 5. Multivariada.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PHÂMELLA KALLINY PEREIRA FARIAS

**CARACTERIZAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E AS INTER-RELAÇÕES ENTRE
OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS, MARTINS-RN.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

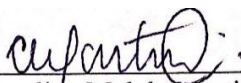
Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água na Agricultura.

Defendida em: 30/08/2019

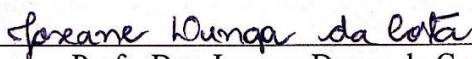
BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Jeane Cruz Portela
Presidente (UFERSA)



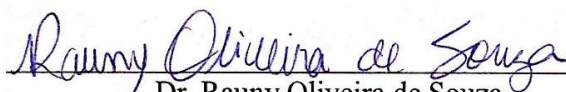
Profª. Dra. Caroliņa Malala Martins Souza
Membro Examinador (UFERSA)



Profª. Dra. Joseane Dunga da Costa
Membro Examinador (UFERSA)



Dra. Thaís Cristina de Souza Lopes
Membro Examinador (Externo)



Dr. Rauny Oliveira de Souza
Membro Examinador (Externo)

À minha mãe **Francisca Neuma Pereira de Farias** e à minha avó **Francinete Cordeiro Gomes**, por serem tão dedicadas, base da minha vitória, e que sempre me incentivaram na minha trajetória acadêmica.

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar presente na minha vida, por guiar meus passos e por sempre me mostrar uma solução nos momentos de dificuldade.

À minha mãe, Francisca Neuma Pereira de Farias e à minha avó, Francinete Cordeiro Gomes, por todo amor, carinho e apoio incondicional, por meio delas eu consigo acreditar que nada é impossível quando se tem força de vontade para seguir em frente.

À todos que fazem parte da minha família e ao meu noivo, por permanecerem sempre ao meu lado em todos os momentos.

À minha orientadora Jeane Cruz Portela por todos os ensinamentos adquiridos ao longo dessa jornada e que vão durar uma vida inteira, por ter sido essencial na elaboração deste trabalho, por toda a paciência e dedicação ao me orientar, construímos laços de amizade e profissionalismos extremamente significantes.

Aos agricultores(as) do Sítio Poção representados por Francisco de Assis Filho, Maria Paula de Amorim, Ozelita Maria de Amorim e Welson Alves Gadino, por toda receptividade e por terem sido fundamentais na realização dessa pesquisa.

Ao professor Francisco Ernesto Sobrinho, pela contribuição durante o desenvolvimento deste trabalho, e à todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade a mim concedida.

Aos amigos que estiveram comigo durante essa caminhada, especialmente Joseane Dunga da Costa, Thaís Cristina de Souza Lopes, Joaquim Emanuel Fernandes Gondim, Lunara Gleika da Silva Rêgo e Rutilene Rodrigues da Cunha e ao grupo de pesquisa de solos do Laboratório de Física do Solo da UFERSA.

À banca examinadora: Carolina Malala Martins Souza, Joseane Dunga da Costa, Thaís Cristina de Souza Lopes e Rauny Oliveira de Souza, pelas valiosas contribuições e conhecimentos repassados.

*“Eu guardei no coração as palavras de Deus
Descobri que os planos Dele para mim
São muito maiores que os meus.”*

Leandro Borges

RESUMO GERAL

As complexas interações entre os diversos fatores de formação resultam em uma variabilidade natural das classes de solos na paisagem. Desta forma, o manejo do solo que não considera seus fatores limitantes contribui para a degradação das características dos mesmos, acelerando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente. Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo caracterizar, classificar e avaliar as inter-relações entre os atributos do solo em agroecossistemas do Sítio Poção, localizado no município de Martins/RN, utilizando a análise multivariada para a distinção dos ambientes formados em relação aos atributos avaliados. A pesquisa foi realizada no Sítio Poção, localizado no município de Martins-RN, onde foram abertos nove perfis de solos representativos para a realização da descrição morfológica, coleta de amostras deformadas e indeformadas para análises físicas, estruturais e químicas do solo, incluindo classificação pedológica, ensaios de campo de infiltração e retenção de água. Os solos foram classificados como: Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico; Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico; Luvisolo Crômico Órtico típico; Planossolo Háptico Eutrófico típico; Neossolo Litólico Chernossólico típico; Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico e Neossolo Litólico Eutrófico típico. Todos os horizontes apresentaram reação ácida e caráter eutrófico. A fração argila e o Al^{3+} são os atributos mais sensíveis na distinção da classe dos Argissolos, enquanto que a fração silte, o K^+ , o Na^+ , o COT, a CE e a CTC, nos horizontes superficiais, permitem a diferenciação dos Neossolos Flúvicos. A posição na paisagem, o preparo mínimo adotado e a adição de resíduos orgânicos nos agroecossistemas, influenciam diretamente nos atributos mais sensíveis na diferenciação das classes de solo encontradas, ligados as características físicas (areia, silte e argila) e as químicas (disponibilidade de nutrientes). Nos agroecossistemas, a velocidade de infiltração básica foi alta, sendo a área de hortaliça dois (Neossolo Litólico Chernossólico típico) a que apresentou a maior infiltração acumulada. O carbono orgânico total, a fração silte e a velocidade de infiltração básica são os fatores que mais influenciam na distinção entre área de mata nativa um (Luvisolo Crômico Órtico típico) e área de hortaliça dois (Neossolo Litólico Chernossólico típico). A fração argila, grau de floculação e agregados estáveis em água contribuem para a diferenciação da área de mata nativa dois (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico). Em relação a curva característica de água no solo, os Neossolos (perfis um, três, seis e nove), apresentaram similaridade quanto a umidade de saturação e retenção de água, exceto para as camadas superficiais nos perfis um e três que obtiveram maiores retenções. O maior conteúdo de água disponível ocorreu no Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico. A textura, assim como as práticas de manejo, possui influência direta no processo de retenção e distribuição de água no solo. A manutenção e incremento da matéria orgânica favorece a retenção de água nos solos com textura mais arenosa como os Neossolos. Os Neossolos Flúvicos são os solos que mais retém água em suas camadas superficiais, enquanto o Argissolo Vermelho-Amarelo retém mais água nas camadas subsuperficiais. Os atributos estruturais umidade a base de massa e de volume, microporosidade, porosidade total determinada e porosidade de aeração, são os mais sensíveis na distinção dos ambientes formados nas áreas de estudo.

Palavras-chave: Pedogênese. Manejo adequado do solo. Infiltração. Retenção de água. Multivariada.

GENERAL ABSTRACT

As complex interactions between the various formation factors result in a natural variability of soil classes in the landscape. Thus, soil management that does not consider its limiting factors contributes to the degradation of soil resources, accelerating or impacting human activities on the environment. Thus, the present study aimed to characterize, classify and evaluate as interrelationships between soil resources in Sítio Poção agroecosystems, located in Martins / RN, using a multivariate analysis to distinguish formed environments in relation to specified attributes. A survey was carried out at Sítio Poção, located in Martins-RN, where nine representative soil records were opened for morphological description, collection of deformed and undeformed samples for chemical, statistical and chemical soil analysis, using pedological classification. , infiltration and water retention field trials. The soils were classified as: Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico (Aeric Fluvaquents); Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (Aquic Haplustepts); Luvissole Crômico Órtico típico (Rhodic Kanhaplustalfs); Planossolo Háplico Eutrófico típico (Rhodic Kanhaplustalfs); Neossolo Litólico Chernossólico típico (Lithic Udipsamments); Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (Typic Kanhaplustults) and Neossolo Litólico Eutrófico típico (Lithic Udipsamments). All horizontal described acid reaction and eutrophic character. The clay fraction and Al^{3+} are the most used attributes in the Argisols class distinction, while the silt fraction, K^+ , Na^+ , COT, CET and CTC, in the superficial horizontal, allows the differentiation of Neossolos Flúvicos. The position in the landscape, the minimum adopted crop and the addition of agricultural residues in the agroecosystems directly influence the most used attributes in the differentiation of the displayed soil classes, linked as physical characteristics (sand, silt and clay) and as chemical (nutrient availability). In agroecosystems, a basic infiltration velocity was high, being a vegetable area two (Neossolo Litólico Chernossólico típico) and presenting a greater accumulated infiltration. Total organic carbon, a silt fraction and a basic infiltration rate are the factors that most influence the distinction between the native forest area (Luvissole Crômico Órtico típico) and the greenery area two (Neossolo Litólico Chernossólico típico). A clay clay, flocculation degree and aggregates is available in water and contributes to the differentiation of native forest area two (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico). In relation to the soil water characteristic curve, the Neossolos (profiles one, three, six and nine) reported similarity in water saturation and retention, except for the superficial layers in profiles one and three that obtained higher retention. The highest available water content occurred in the Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico. A texture, like management practices, has a direct influence on the soil water retention and distribution process. The maintenance and increase of organic matter favor the retention of water in sandy soil soils such as Neossolos. Neossolos Flúvicos are the ones that most draw water from their surface surfaces, while the Argissolo Vermelho-Amarelo retain more water in the subofficial layers. The attributes selected for the basis of mass and volume, microporosity, total porosity, determined and aeration porosity, are the most identified in the distinction of environments formed in the study areas.

Keywords: Pedogenesis. Proper soil management. Infiltration. Water retention. Multivariate.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Localização da área de estudo: Sítio Poção no Município Martins, Rio Grande do Norte, Brasil..... | 16 |
| Figura 2. | Figura 2. Dendrograma vertical da matriz de distâncias das classes de solos pelo método de agrupamento ward. Nota: P-perfil..... | 29 |
| Figura 3. | Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (B). Nota: P-perfil..... | 31 |

CAPÍTULO II - INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Localização da área de estudo: Sítio Poção no Município Martins, Rio Grande do Norte, Brasil..... | 39 |
| Figura 2. | Infiltração acumulada em função do tempo para os perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 48 |
| Figura 3. | Velocidade de infiltração da água no solo para os perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 49 |
| Figura 4. | Dendrograma vertical da matriz de distâncias dos agroecossistemas pelo método de agrupamento Ward..... | 51 |
| Figura 5. | Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (B)..... | 53 |
| Figura 6. | Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 3 (B)..... | 54 |

CAPÍTULO III - RETENÇÃO DE ÁGUA EM CLASSES DE SOLO SOB USOS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO, MARTINS-RN

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Localização da área de estudo: Sítio Poção no Município Martins, Rio Grande do Norte, Brasil..... | 61 |
| Figura 2. | Curva de retenção de água dos Neossolos..... | 67 |
| Figura 3. | Curva de retenção de água dos Cambissolo e Planossolos..... | 68 |
| Figura 4. | Curva de retenção de água do Luvissolo..... | 69 |
| Figura 5. | Curva de retenção de água do Argissolo..... | 70 |
| Figura 6. | Dendrograma vertical da matriz de distâncias em classes de solos, Martins/RN, pelo método de agrupamento Ward..... | 72 |
| Figura 7. | Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (B)..... | 75 |
| Figura 8. | Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 3 e 4 (B)..... | 76 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1. | Ambientes, histórico de uso e coordenadas geográficas..... | 16 |
| Tabela 2. | Atributos morfológicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 20 |
| Tabela 3. | Atributos físicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 22 |
| Tabela 4. | Atributos químicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 25 |
| Tabela 5. | Matriz de correlação entre as variáveis físicas e químicas dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 28 |
| Tabela 6. | Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físicas e químicas dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN..... | 30 |

CAPÍTULO II - INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1. | Usos, classes e localização dos ambientes estudados..... | 40 |
| Tabela 2. | Classificação do solo a partir da velocidade de infiltração básica (VIB)..... | 42 |
| Tabela 3. | Atributos físicos e carbono orgânico total dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN..... | 44 |
| Tabela 4. | Umidade gravimétrica dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN..... | 46 |
| Tabela 5. | Infiltração acumulada em função do tempo para os agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN..... | 47 |
| Tabela 6. | Velocidade de infiltração de água no solo em função de tempo para os agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN..... | 49 |
| Tabela 7. | Matriz de correlação entre as variáveis físicas e o COT dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN..... | 50 |
| Tabela 8. | Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físicas e carbono orgânico total dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN..... | 52 |

CAPÍTULO III - RETENÇÃO DE ÁGUA EM CLASSES DE SOLO SOB USOS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO, MARTINS-RN

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1. | Usos, classes e localização das áreas de estudo..... | 62 |
| Tabela 2. | Atributos físicos, estruturais e químicos em classes de solos, Martins/RN..... | 64 |
| Tabela 3. | Parâmetros das curvas de retenção de água dos Neossolos..... | 66 |
| Tabela 4. | Parâmetros das curvas de retenção de água dos Cambissolo e Planossolos..... | 68 |
| Tabela 5. | Parâmetros das curvas de retenção de água do Luvisolo..... | 69 |
| Tabela 6. | Parâmetros das curvas de retenção de água do Argissolo..... | 70 |
| Tabela 7. | Matriz de correlação entre as variáveis físico-hídricas e químicas em classes de solos, Martins/RN..... | 71 |
| Tabela 8. | Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físico-hídricas e químicas em classes de solos, Martins/RN..... | 73 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN..... | 13 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 15 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 19 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 32 |
| REFERÊNCIAS..... | 32 |
| | |
| CAPÍTULO II - INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN..... | 36 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 37 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 38 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 43 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 54 |
| REFERÊNCIAS..... | 55 |
| | |
| CAPÍTULO III - RETENÇÃO DE ÁGUA EM CLASSES DE SOLO SOB USOS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO, MARTINS-RN..... | 58 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 59 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 61 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 64 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 76 |
| REFERÊNCIAS..... | 77 |
| | |
| APÊNDICE..... | 81 |

CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

RESUMO: O estudo da formação dos solos, bem como a determinação das suas características morfológicas, químicas e físicas, possibilita o manejo e usos adequados. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a descrição morfológica e determinar os atributos físicos e químicos para a classificação dos solos do Sítio Poção, localizado no município de Martins/RN, evidenciando os atributos mais sensíveis na diferenciação dos ambientes por meio da análise multivariada. A pesquisa foi realizada no Sítio Poção, localizado no município de Martins-RN, onde foram abertos nove perfis para a realização da descrição morfológica e coleta de amostras para execução das análises físicas: granulometria, densidade do solo e de partículas; e químicas: pH em água e em KCl, condutividade elétrica no extrato de saturação, bases trocáveis, alumínio, acidez potencial, fósforo e carbono orgânico total. Os solos foram classificados como: Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico; Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico; Luvisso Crômico Órtico típico; Planossolo Háptico Eutrófico típico; Neossolo Litólico Chernossólico típico; Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico e Neossolo Litólico Eutrófico típico. A fração argila e o Al^{3+} são os atributos mais sensíveis na distinção da classe dos Argissolos, enquanto que a fração silte, o K^+ , o Na^+ , o COT, a CE e a CTC, nos horizontes superficiais, permitem a diferenciação dos Neossolos Flúvicos. As práticas conservacionistas adotadas nos agroecossistemas favorecem a melhoria da qualidade física e influenciam diretamente nos atributos mais sensíveis na diferenciação e caracterização das classes de solo encontradas.

Palavras-chave: Semiárido. Manejo sustentável. Fatores de formação. Pedogênese.

CHAPTER I - CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF SOILS IN AGROECOSYSTEMS OF SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

ABSTRACT: The study of the formation of the soils, as well as the determination of its morphological, chemical and physical characteristics, allows the proper management and uses. Thus, the objective of this work was to perform the morphological description and determine the physical and chemical attributes for the classification of soils of Sítio Poção, located in Martins / RN, showing the most sensitive attributes in the differentiation of environments through multivariate analysis. . The research was carried out at Sítio Poção, located in Martins-RN, where nine profiles were opened for the morphological description and the collection of samples for the physical analysis: particle size, soil and particle density; and chemical: pH in

water and KCl, electrical conductivity in saturation extract, exchangeable bases, aluminum, potential acidity, phosphorus and total organic carbon. The soils were classified as: Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico (Aeric Fluvaquents); Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (Aquic Haplustepts); Luvisso solo Crômico Órtico típico (Rhodic Kanhaplustalfs); Planossolo Háplico Eutrófico típico (Rhodic Kanhaplustalfs); Neossolo Litólico Chernossólico típico (Lithic Udipsamments); Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (Typic Kanhaplustults) and Neossolo Litólico Eutrófico típico (Lithic Udipsamments). The clay fraction and Al^{3+} are the most sensitive attributes in distinguishing the Argisols class, while the silt fraction, K^+ , Na^+ , COT, EC and CTC, in the superficial horizons, allow the differentiation of the Neossolos Flúvicos. The conservation practices adopted in agroecosystems favor the improvement of physical quality and directly influence the most sensitive attributes in the differentiation and characterization of the soil classes found.

Keywords: Semiarid. Sustainable management. Formation factors. Pedogenesis.

1 INTRODUÇÃO

Para estabelecer uma relação entre desenvolvimento sustentável e agricultura é necessário analisar os agroecossistemas por meio do planejamento adequado do solo e da utilização de sistemas de produção que respeitem as características naturais, culturais e sócio-econômicas locais (Nunes et al., 2017). O estudo dos agroecossistemas é bastante complexo pois tais sistemas envolvem distintas classes de solos, múltiplos aspectos culturais, assim como, diferentes atividades agrícolas, todos esses fatores apresentando relação com os recursos naturais (Roboredo, Bergamasco e Gervazio, 2017)

O estudo da gênese do solo além de identificar as características morfológicas, químicas, físicas e mineralógicas, também influencia no potencial de uso do solo. O conhecimento das propriedades do solo, que influenciam no desenvolvimento das plantas e na conservação do mesmo, permite a escolha de um manejo adequado (Resende et al., 2014). Segundo Ker (2012), o solo é considerado um corpo tridimensional, que varia espacialmente, formado na superfície terrestre, por meio da interação dos fatores ambientais: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo.

As formas de relevo influenciam diretamente na direção e fluxos da água nas vertentes da paisagem, atuando indiretamente na infiltração de água no solo, sendo responsável pelas diferentes características físicas, químicas e morfológicas do solo. Embora seja ressaltada a influência do fator relevo na formação do solo, o material de origem atua neste por meio da sua

permeabilidade, cuja condição forma superfícies mais declivosas ou mais suaves, formas importantes no avanço do intemperismo (Silva, 2014). Em decorrência disso, as principais características dos solos do ambiente semiárido, sobretudo os desenvolvidos de rochas cristalinas, refletem forte correlação com o material de origem e a influência do relevo.

O município de Martins/RN apresenta uma variabilidade de classes de solos, com predominância de Latossolos nos topos de elevações e, nas encostas de elevação e baixadas, os Neossolos Flúvicos e Litólicos. Contudo para a compreensão de um manejo mais adequado se faz necessário a atualização das classes de solo por meio de um estudo mais detalhado. As características naturais do relevo acidentado, aliadas ao manejo inadequado do solo sem observar as particularidades locais, podem acelerar o processo de degradação (Silva et al., 2011).

A quantificação das propriedades do solo e sua posterior classificação, tornam-se aspectos importantes para identificar as potencialidades e restrições de cada tipo de solo (Melo et al., 2017). Para auxiliar na distinção dos ambientes formados pelas diferentes classes de solos, as técnicas de estatística contribuem para uma melhor interpretação dos resultados, sendo a estatística multivariada a ferramenta mais adequada, pois possibilita obter informações e interpretações mais precisas quando comparada com a univariada (Freitas et al., 2014a).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi realizar a descrição morfológica e determinar os atributos físicos e químicos para a classificação dos solos do Sítio Poção, localizado no município de Martins/RN, evidenciando os atributos mais sensíveis na diferenciação e caracterização dos ambientes por meio da análise multivariada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Sítio Poção, localizado no município de Martins-RN, situado na mesorregião do Oeste Potiguar e na microrregião de Umarizal, nas coordenadas geográficas: 6° 05' 16'' de latitude Sul e 37° 54' 40'' de longitude Oeste. Está localizada no planalto da Borborema, porém, seu relevo compreende ainda a Depressão Sertaneja, abrangendo uma área de 169,47 km² (Figura 1).

Mesmo estando inserido no semiárido brasileiro, o município de Martins-RN, apresenta índices pluviométricos médios de 1127 mm por ano e temperatura média de 24,2 °C (Emparn, 2018). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono (Alvares et al., 2013).

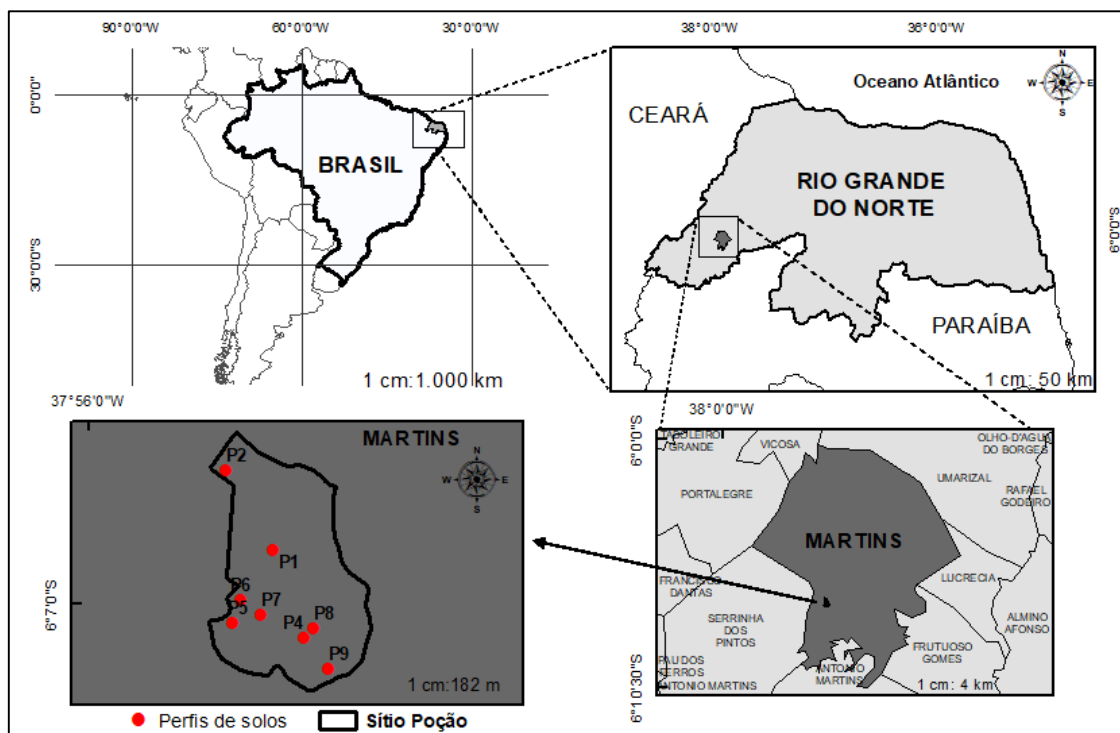


Figura 1. Localização da área de estudo: Sítio Poção no Município Martins, Rio Grande do Norte, Brasil.

A vegetação clímax no planalto da Serra do Martins é a floresta subcaducifolia (Jacomine, 1971). O subcaducifolismo da floresta no alto do planalto da serra, em contraste com a vegetação hiperxerofila da depressão sertaneja deve-se ao maior volume de chuva e solo explorado pelas plantas e a temperatura amena que diminui a transpiração.

Foram selecionados nove perfis representativos que compõem a área de estudo com base no levantamento exploratório das atividades desenvolvidas bem como a posição na paisagem (Tabela 1).

Tabela 1. Ambientes, histórico de uso e coordenadas geográficas.

| Ambientes | Histórico de uso | Coordenadas geográficas |
|-----------|--|---------------------------------|
| Perfil 1 | No período seco ocorre o plantio de culturas como feijão, milho, jerimum, no período chuvoso é utilizado para plantação de hortaliças na cota mais alta do terreno. A produção é comercializada na cidade. O solo é manejado com o preparo mínimo. | 06°06'53,7" S 037°55'38,6" W |
| Perfil 2 | Área onde é realizada a coleta de material para a confecção de louça de barro, sendo fonte de renda para as famílias. | 06°06'44,4" S 037°55'44" W |
| Perfil 3 | Ambiente com histórico de cultivo de culturas como feijão, milho, jerimum, no período seco com preparo mínimo. A produção é comercializada na cidade. | 06°06'59" S 037°55'35,5" W |

Continuação Tabela 1. Ambientes, histórico de uso e coordenadas geográficas.

| Ambientes | Histórico de uso | Coordenadas geográficas |
|-----------|--|---------------------------------|
| Perfil 4 | Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores. | 06°07'03,7" S 037°55'35" W |
| Perfil 5 | Área onde ocorre o preparo mínimo do solo envolvendo curvas de nível para o controle do processo erosivo com posterior plantação de hortaliças que são comercializadas na cidade e bastante utilizada no negócio local (Restaurante Bela Vista). | 06°07'02,1" S 037°55'43,3" W |
| Perfil 6 | Área onde ocorre o preparo mínimo do solo envolvendo curvas de nível para o controle do processo erosivo com posterior plantação de hortaliças que são comercializadas na cidade e bastante utilizada no negócio local (Restaurante Bela Vista). | 06°06'59,4" S 037°55'42,4" W |
| Perfil 7 | Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores. | 06°07'01,1" S 037°55'40" W |
| Perfil 8 | Área atualmente em pousio sendo preparada para uso futuro com plantação de milho, fava, macaxeira e jerimum). | 06°07'02,6" S 037°55'33,9" W |
| Perfil 9 | Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores. | 06°07'07,3" S 037°55'32,3" W |

Os perfis de solo foram descritos e coletados em todos os seus horizontes de acordo com Santos et al. (2013b) e classificados até o 4º nível categórico com base no Sistema Brasileiro de Classificação e Solos (Santos et al., 2018). Em cada amostra de solo foram realizadas análises físicas e químicas.

Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e indeformada de todos os horizontes dos perfis representativos da área de estudo. As amostras indeformadas foram coletadas em triplicata em todos os horizontes utilizando-se anéis volumétricos (com dimensões: 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro), totalizando 105 amostras (3 amostras x 35 horizontes). As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 20 mm e de 2 mm, obtendo-se as frações cascalhos (>2,00 mm a <20,00 mm) e a terra fina seca ao ar (TFSA) (<2,00 mm) conforme Teixeira et al. (2017).

As análises físicas e químicas foram realizadas utilizando-se a amostras na forma de terra fina seca ao ar (TFSA), em três repetições, no Laboratório de Física e Manejo do Solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

As análises físicas realizadas foram: granulometria pelo método da pipeta utilizando dispersante químico (hexametáfosfato de sódio) e água destilada em 20 g de TSFA, com agitação mecânica lenta em agitador (Tipo Wagner 50 rpm) por 16 horas (Teixeira et al., 2017).

A areia (2 a 0,05 mm) foi quantificada por tamisagem, a argila (<0,002mm) por sedimentação e o silte (0,5 a 0,002 mm) por diferença entre as frações de areia e argila; densidade do solo pelo método do anel volumétrico e a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico utilizando-se álcool, considerando apenas o volume de solo ocupado efetivamente pelas partículas, sem levar em consideração o espaço poroso (Teixeira et al., 2017).

As análises químicas constaram de: pH em água e em KCl (1:2,5); condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes); extração de P disponível e Na⁺ e K⁺ com Mehlich-1 e determinação dos teores de P disponível por colorimetria e de Na⁺ e K⁺ por fotometria de chama; extração dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ com cloreto de potássio e determinação dos teores por titulometria; H+Al extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0 e determinado por meio de titulação volumétrica com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹ (Teixeira et al., 2017). O carbono orgânico total (COT) foi determinado pela titulação do dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ remanescente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida conforme metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988).

A partir das análises realizadas foram obtidos os índices: soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (CTC); saturação por bases (V %); saturação por alumínio trocável (m %) e a percentagem de sódio trocável (PST), sendo determinados segundo Teixeira et al. (2017).

Para análise estatística dos perfis de solos estudados foram utilizadas técnicas de análise multivariada por meio do software Statistica 7.0 (StatSoft, 2004), balizado pelo método de Pearson ($p \leq 0,05$) para as 16 variáveis com o objetivo de garantir que esses atributos possuíssem correlações mínimas que pudessem justificar o seu uso na matriz de dados. A matriz de correlação estabeleceu um padrão para os resultados analíticos para a aplicação de técnicas multivariadas como Análise de Agrupamento (AA), Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP) (Hair et al., 2009).

O dendrograma vertical da matriz representou a análise de agrupamento (AA), utilizou-se como medida de similaridade a adoção de uma distância euclidiana e o método de Ward para relacionar os casos entre si. A importância de cada variável na diferenciação dos ambientes formados é avaliada pela sua menor distância em relação ao eixo de referência (Sá Paye et al., 2012).

Na análise fatorial, foram extraídos os componentes principais que apresentaram autovalores maiores que 1, e os eixos fatoriais foram rotacionados pelo método Varimax. Para considerar as cargas fatoriais significativas foi estabelecido o valor de 0,70 (Hair et al., 2009).

Para a análise dos componentes principais foram confeccionados dois diagramas (Fator 1 e 2) para os atributos físicos e químicos. Com base nesses dados foi criado um diagrama

bidimensional voltado à distinção das áreas e um diagrama de projeção de vetores para a verificação dos atributos do solo sensíveis na diferenciação da área de estudo (Hair et al. 2009). As variáveis físicas envolvidas constaram de: areia, silte e argila, já os atributos químicos envolvidos foram: COT; pH (H₂O); CEes; P; K⁺; Na⁺; Ca²⁺; Mg²⁺; Al³⁺; (H+Al); SB; CTC e V.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos perfis descritos, houve influência do fator de formação relevo na diferenciação das classes de solo. De acordo com Jacomine (1971), as principais classes encontradas na área de estudo são: Latossolos, Luvisolos e Neossolos, porém com a realização dessa pesquisa foi possível identificar também classes de Argissolos, Planossolos e Cambissolos.

Em relação à classificação taxonômica, os Perfis 1 e 3 foram classificados como NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos típicos por serem solos pouco evoluídos, derivados de sedimentos aluviais com variações de granulometria em profundidade, apresentarem argila de atividade alta e saturação por bases $\geq 50\%$ dentro de 150 cm a partir da superfície e não se enquadrarem nas demais classes para serem classificados em 4º nível (Santos et al., 2018).

O perfil 2 foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico, pois é um solo constituído por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial (exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura), não se enquadra nas demais classes para ser classificado em 2º nível, apresenta argila de atividade alta e saturação por bases $\geq 50\%$, ambas na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e não se enquadra nas demais classes para ser classificado em 4º nível (Santos et al., 2018).

O perfil 4 foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, já que é constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A (exceto A chernozêmico) ou sob horizonte E e caráter crômico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive BA) (Santos et al., 2018).

Os perfis 5 e 8 foram classificados em PLANOSSOLOS HÁPLICOS Eutróficos típicos, pois são solos constituídos por material mineral com horizonte A seguido de um horizonte B plânico, não se enquadrando nas demais classes para ser classificado em 2º nível, com saturação por bases $\geq 50\%$ na maior parte do horizonte B (Inclusive BA ou BE) dentro de 150 cm a partir da sua superfície e não se enquadrando nas demais classes para ser classificado em 4º nível (Santos et al., 2018).

O perfil 6 foi classificado como NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico por também ser um solo pouco evoluído com contato lítico dentro de 50 cm a partir da superfície, com a presença de um horizonte A chernozêmico e argila de atividade ≥ 20 cmolc kg⁻¹ de argila na maior parte do horizonte C (inclusive CA) dentro de 50 cm a partir da superfície do solo, sem caráter Carbonático (Santos et al., 2018).

O perfil 7 foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, sendo solo constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa, com cores vermelho-amareladas e/ou amarelo avermelhadas que não se enquadram nas classes anteriores do 2º nível, não se enquadrando nas demais classes para ser classificado em 4º nível (Santos et al., 2018).

O perfil 9 foi classificado como NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico em razão de assim como o perfil 6, também ser um solo pouco evoluído e apresentar contato lítico, diferindo deste por ter saturação por bases $\geq 50\%$ na maior parte dos horizontes dentro de 50 cm a partir da sua superfície e não se enquadrar nas demais classes para ser classificado em 4º nível (Santos et al., 2018).

As diferentes classes de solos encontradas na área de estudo são consequência da atuação de fatores de formação do solo associados aos processos pedogenéticos, dessa forma apresentam variações nas características morfológicas (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Hor./Prof. (cm) | Alt. (m) | Cor Munsell | | Material de Origem | Estrutura | Consistência | | | Trans. |
|--|-------------|-------------|-----------|------------------------|-----------|--------------|-------|-----------|--------|
| | | Seca | Úmida | | | Seca | Úmida | Molhada | |
| Perfil 1- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| Ap (0-15) | 595 | 2,5 Y 6/4 | 2,5 Y 4/4 | Arenito (Terciário) | 2 P/M BIs | MD | MFi | NPI/NPe | ap |
| 2C1 (15-34) | | 2,5Y 5/4 | 2,5 Y 4/4 | | 1 P/M BIs | D | F | LgPI/LgPe | go |
| 2C2(34-55) | | 2,5Y 5/4 | 2,5 Y 4/4 | | 1 M/G BIs | D | F | LgPI/LgPe | do |
| 3C3 (55-65) | | 2,5Y 5/4 | 2,5 Y 4/4 | | 3 M/G BIs | D | MFi | NPI/NPe | go |
| 3C4 (65-85) | | 2,5Y 5/4 | 2,5 Y 4/4 | | 4 M BIs | D | MF | NPI/NPe | go |
| Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 604 | 5 YR 4/3 | 5 YR 3/3 | Arenito (Terciário) | 3 P BIs | D | F | NPI/NPe | co |
| AB (10-21) | | 5 YR 4/3 | 5 YR 3/3 | | 3 P BIs | D | F | NPI/NPe | co |
| BA (21-40) | | 5 YR 4/2 | 5 YR 3/2 | | 3/4 P BIs | D | F | NPI/LgPe | ao |
| B (40-60) | | 5 YR 4/2 | 5 YR 3/2 | | 4 P Bla | MD | Fi | NPI/LgPe | ao |
| Perfil 3- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 599 | 2,5 Y 5/3 | 2,5 Y 4/3 | Arenito (Terciário) | 3 MP BIs | D | F | NPI/LgPe | co |
| A2 (10-20) | | 2,5 Y 5/3 | 2,5 Y 4/3 | | 3 MP BIs | D | F | NPI/LgPe | dp |
| AC (20-50) | | 2,5 Y 4/3 | 2,5 Y 3/3 | | 3 MP BIs | D | F | LgPI/LgPe | go |
| C (50-98) | | | | | | | | | |

Continuação Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Hor./Prof. (cm) | Alt. (m) | Cor Munsell | | Material de Origem | Estrutura | Consistência | | | Trans. |
|--|-------------|-------------|------------|------------------------|---------------------|--------------|-------|-----------|--------|
| | | Seca | Úmida | | | Seca | Úmida | Molhada | |
| Perfil 4 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 601 | 5 Y 5/3 | 5 Y 4/3 | Arenito (Terciário) | 3 P Bls | D | F | NPI/NPe | co |
| AB (10-20) | | 5 Y 4/3 | 5 Y 3/3 | | 3 P Bls | D | F | NPI/LgPe | go |
| BA (20-33) | | 5 Y 4/3 | 5 Y 3/3 | | 3 MP/P Bls | MD | F | NPI/LgPe | dp |
| Bt (33-57) | | 7,5 YR 5/4 | 7,5 YR 4/4 | | 3 MP/P Bls | MD | F | LgPI/LgPe | dp |
| BC (57-65) | | 7,5 YR 5/4 | 7,5 YR 4/4 | | 3 P Bls | MD | F | NPI/LgPe | co |
| Perfil 5 – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 607 | 10YR 4/4 | 10 YR 3/4 | Arenito (Terciário) | 2 P Gr | LgD | MF | NPI/LgPe | cp |
| A2 (10-32) | | 10YR 4/4 | 10 YR 3/4 | | 2 MP Gr | D | F | NPI/NPe | cp |
| A3 (32-44) | | 10YR 4/6 | 10 YR 3/6 | | 2 MP/P Bls | D | F | NPI/LgPe | dp |
| BA (44-64) | | 10YR 4/3 | 10 YR 3/3 | | 2/3 MP/P Bla/Bls | D | F | LgPI/LgPe | ao |
| Bt (64-100) | | 10YR 4/3 | 10 YR 3/3 | | 4 P/M Bla/Bls | D | F | LgPI/LgPe | ao |
| Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico | | | | | | | | | |
| A1 (0-28) | 605 | 2,5 Y 4/2 | 2,5 Y 3/2 | Arenito (Terciário) | 3 MP Bls | MD | F | LgPI/LgPe | co |
| A2 (28-44) | | 2,5 Y 4/2 | 2,5 Y 3/2 | | 3 MP Bls | D | F | LgPI/LgPe | go |
| CR (44-90) | | | | | | | | | |
| Perfil 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 606 | 10 YR 4/6 | 10 YR 3/6 | Arenito (Terciário) | 2 P Bls | MD | F | NPI/NPe | co |
| BA (10-20) | | 10 YR 4/6 | 10 YR 3/6 | | 3 MP/P Bls | MD | F | NPI/NPe | co |
| Bt (20-50) | | 5 YR 5/6 | 5 YR 4/6 | | 4 MP Bla | D | F | LgPI/LgPe | dp |
| BC (50-75) | | 5 YR 5/6 | 5 YR 4/6 | | 4 MP/P Bla | D | F | LgPI/LgPe | dp |
| Perfil 8 - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| A (0-6) | 602 | 2,5 Y 4/3 | 2,5 Y 3/3 | Arenito (Terciário) | 2 P Bls/Gr | D | F | LgPI/LgPe | co |
| BA (6-23) | | 2,5 Y 4/3 | 2,5 Y 3/3 | | 2 P Bls | D | F | LgPI/LgPe | ao |
| Bt (23-43) | | 2,5 Y 5/4 | 2,5 Y 4/4 | | 4 P Bla | D | F | LgPI/Pe | go |
| CR (43-60) | | | | | | | | | |
| Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | |
| A (0-20) | 614 | 2,5 Y 5/3 | 2,5 Y 4/3 | Arenito (Terciário) | 2 MP/P Bls | MD | F | NPI/NPe | co |

Estrutura: 1 – maciço; 2 – fraco; 3 – moderado; 4 - forte; P: pequena; M: média; G: grande; Gr: granular; Bla: blocos angulares; Bls: blocos subangulares. Consistência: D: dura; F: friável; Fi - firme; N: Não, M: muito; Lg: ligeiramente; PI: plástico; Pe: pegajoso. Transição: a: abrupta; p: plana; d: difusa; c: clara; g: gradual; o: ondulada.

Os perfis de Neossolos (P1, P3, P6 e P9) não apresentam diferença em relação a cor dos horizontes (Tabela 2), com matiz 2,5 Y, evidenciando a cor amarela. Em relação ao valor e o cromatismo, observou-se colorações mais claras e acinzentadas. Segundo Ernesto Sobrinho (2015), os Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos tendem a ser mais amarelados e não apresentam variação com profundidade.

O perfil de Cambissolo (P2) possui matiz mais avermelhada 5 YR sem variação ao longo dos horizontes. Apresenta estrutura em blocos subangulares com grau de desenvolvimento moderado e tamanho pequeno, exceto o horizonte diagnóstico Bi, que possui grau forte e estrutura com blocos angulares em função da atuação do processo pedogenético mais acentuado. O horizonte diagnóstico também se difere dos demais por apresentar consistência

muito dura quando seca e firme quando úmida em consequência do maior teor de argila encontrado nesse horizonte subsuperficial (Tabela 2).

O Luvissole (P4) apresenta nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt devido ao contraste de textura e cor entre eles (Tabela 2). A cor ao longo do perfil possui matiz variando de 5 Y a 7,5 YR. Em todos os horizontes a estrutura apresentou grau de desenvolvimento moderado, com classe variando de média a pequena e estrutura do tipo blocos, corroborando resultados encontrados por Rebouças et al. (2014) na caracterização física, química e morfológica do solo em várzea do município de Florânia, RN.

Ao longo do perfil, os Planossolos não apresentaram variação de cor (Tabela 2). É possível perceber variação quanto ao grau de desenvolvimento variando de fraco (nos horizontes superficiais) a forte (nos horizontes subsuperficiais), o que pode estar relacionado com as mudanças texturais identificadas ao longo dos horizontes. Segundo Santos et al. (2013a) o grau de desenvolvimento pode ser explicado pela mineralogia da fração argila.

O perfil de Argissolo (P7) apresentou variação em profundidade em relação a todos os atributos morfológicos (Tabela 2). Os horizontes superficiais possuem matiz 10 YR, estrutura em blocos subangulares com grau de desenvolvimento de fraco a moderado, consistência muito dura quando seca, friável quando úmida e não plástico e não pegajoso quando molhada. Já os horizontes subsuperficiais possuem matiz 5 YR, estrutura em blocos angulares com grau de desenvolvimento forte, consistência dura na condição seca, friável quando úmida e ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso no estado molhada. Toda essa variação é consequência da mudança textural dentro do perfil, característica do processo de formação dessa classe de solo, evidenciada pela translocação da fração argila em profundidade.

Na composição granulométrica dos Neossolos em geral, a fração areia total apresentou predominância em relação as frações silte e argila, ao longo dos horizontes, com teores variando de 380 g/kg no horizonte A1 do P3 à 800 g/kg no horizonte C do P3 (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos físicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Hor./Prof. cm | Distribuição do tamanho das partículas | | | | Silte/ Argila | Classe Textural (SiBCS) | Dp ---g/cm ³ --- | Ds |
|--|--|----------------|-------|--------|------------------|----------------------------|--------------------------------|------|
| | Cascalho % | Areia Total | Silte | Argila | | | | |
| Perfil 1- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | |
| Ap (0-15) | 1,2 | 390 | 340 | 270 | 1,26 | Franco | 2,25 | 1,20 |
| 2C1 (15-34) | 4,3 | 600 | 210 | 190 | 1,10 | Franco Arenosa | 2,40 | 1,20 |
| 2C2(34-55) | 1,3 | 620 | 210 | 170 | 1,23 | Franco Arenosa | 2,39 | 1,20 |
| 3C3 (55-65) | 2,4 | 620 | 180 | 200 | 0,90 | Franco Argilo Arenosa | 2,49 | 1,60 |
| 3C4 (65-85) | 3,0 | 620 | 150 | 230 | 0,65 | Franco Argilo Arenosa | 2,50 | 1,60 |

Continuação Tabela 3. Atributos físicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Distribuição do tamanho das partículas | | | | | | | | |
|--|----------|----------------|-------|--------|--------------|-------------------------|----------------------------|------|
| Hor./Prof. | Cascalho | Areia Total | Silte | Argila | Silte/Argila | Classe Textural (SiBCS) | Dp | Ds |
| cm | % | -----g/kg----- | | | | | ----g/cm ³ ---- | |
| Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | |
| A (0-10) | 2,9 | 620 | 160 | 220 | 0,73 | Franco Argilo Arenosa | 2,52 | 1,40 |
| AB (10-21) | 4,4 | 640 | 160 | 200 | 0,80 | Franco Argilo Arenosa | 2,45 | 1,10 |
| BA (21-40) | 6,9 | 620 | 160 | 220 | 0,73 | Franco Argilo Arenosa | 2,49 | 1,40 |
| B (40-60) | 5,8 | 600 | 170 | 230 | 0,74 | Franco Argilo Arenosa | 2,47 | 1,50 |
| Perfil 3- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 5,5 | 380 | 390 | 230 | 1,70 | Franco | 2,29 | 1,20 |
| A2 (10-20) | 8,5 | 630 | 210 | 160 | 1,31 | Franco Arenosa | 2,43 | 1,60 |
| AC (20-50) | 13,2 | 630 | 180 | 190 | 0,95 | Franco Arenosa | 2,54 | 1,20 |
| C (50-98) | 5,9 | 800 | 110 | 90 | 1,22 | Areia Franca | 2,52 | 1,20 |
| Perfil 4 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico | | | | | | | | |
| A (0-10) | 33,0 | 590 | 280 | 130 | 2,15 | Franco Arenosa | 2,30 | 1,50 |
| AB (10-20) | 16,3 | 620 | 230 | 150 | 1,53 | Franco Arenosa | 2,34 | 1,60 |
| BA (20-33) | 7,9 | 490 | 210 | 290 | 0,72 | Franco Argilo Arenosa | 2,47 | 1,50 |
| Bt (33-57) | 10,5 | 490 | 200 | 310 | 0,64 | Franco Argilo Arenosa | 2,30 | 1,60 |
| BC (57-65) | 8,9 | 560 | 210 | 230 | 0,91 | Franco Argilo Arenosa | 2,49 | 1,40 |
| Perfil 5 – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 11,6 | 660 | 220 | 120 | 1,83 | Franco Arenosa | 2,31 | 1,20 |
| A2 (10-32) | 10,0 | 660 | 180 | 160 | 1,12 | Franco Arenosa | 2,37 | 1,30 |
| A3 (32-44) | 3,8 | 630 | 190 | 180 | 1,05 | Franco Arenosa | 2,43 | 1,40 |
| BA (44-64) | 7,7 | 710 | 150 | 140 | 1,07 | Franco Arenosa | 2,63 | 1,70 |
| Bt (64-100) | 10,8 | 630 | 140 | 230 | 0,61 | Franco Argilo Arenosa | 2,56 | 1,40 |
| Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico | | | | | | | | |
| A1 (0-28) | 10,4 | 630 | 240 | 130 | 1,85 | Franco Arenosa | 2,37 | 1,40 |
| A2 (28-44) | 10,8 | 640 | 210 | 150 | 1,40 | Franco Arenosa | 2,49 | 1,20 |
| CR (44-90) | 14 | 700 | 150 | 150 | 1,00 | Franco Arenosa | 2,52 | 1,60 |
| Perfil 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico | | | | | | | | |
| A (0-10) | 10,5 | 600 | 190 | 210 | 0,90 | Franco Argilo Arenosa | 2,51 | 1,20 |
| BA (10-20) | 15,9 | 650 | 180 | 170 | 1,06 | Franco Arenosa | 2,44 | 1,20 |
| Bt (20-50) | 2,7 | 200 | 190 | 610 | 0,31 | Muito Argilosa | 2,61 | 1,20 |
| BC (50-75) | 2,4 | 250 | 180 | 570 | 0,62 | Argila | 2,58 | 1,20 |
| Perfil 8 - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | |
| A (0-6) | 30,1 | 670 | 230 | 100 | 2,30 | Franco Arenosa | 2,51 | 1,30 |
| BA (6-23) | 4,9 | 610 | 200 | 190 | 1,05 | Franco Arenosa | 2,49 | 1,30 |
| Bt (23-43) | 2,0 | 640 | 160 | 200 | 0,80 | Franco Argilo Arenosa | 2,59 | 1,30 |
| CR (43-60) | 4,5 | 730 | 130 | 140 | 0,93 | Franco Arenosa | 2,59 | 1,30 |
| Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico | | | | | | | | |
| A (0-20) | 7,9 | 700 | 190 | 110 | 1,73 | Franco Arenosa | 2,53 | 1,30 |

A distribuição granulométrica do Cambissolo (P2) apresentou pouca variação, sendo possível perceber que os teores de areia total decrescem em profundidade (Tabela 3), variando de 640 g/kg no horizonte AB à 600 g/kg no horizonte B. Em contrapartida, ocorre o inverso com a fração argila, os teores aumentam em profundidade, variando de 220 g/kg no horizonte A à 230 g/kg no horizonte B. De acordo com Oliveira (2011), a pouca variação de argila ao longo do perfil é uma característica desse tipo de solo.

No perfil de Luvissole (P4) observou-se predominância da fração areia em relação às frações silte e argila, com valores variando de 620 g/kg no horizonte AB à 490 g/kg no horizonte Bt (Tabela 3). Os teores de argila variaram de 130 g/kg no horizonte A à 310 g/kg no horizonte

Bt, evidenciando a atuação do processo de bissialitização, conjugado com a mobilização de argila dos horizontes superficiais para os horizontes subsuperficiais (Santos et al., 2018).

Os perfis de Planossolos (P5 e P8) apresentaram textura variando de franco arenosa a franco argilo arenosa, com teores de areia variando de 710 g/kg à 630 g/kg (nos horizontes do P5) e 730 g/kg à 610 g/kg (nos horizontes do P8) (Tabela 3). Em relação a argila observa-se um incremento em profundidade, sendo estes valores responsáveis pela mudança textural abrupta que ocorre nessa classe de solo.

No Argissolo (P7), os teores de areia são mais elevados nos horizontes A e BA (600 g/kg e 650 g/kg respectivamente) com posterior diminuição em profundidade nos horizontes Bt e BC (200 g/kg e 250 g/kg, respectivamente) (Tabela 3). Ocorre um aumento no teor da fração argila de 170 g/kg e 210 g/kg (nos horizontes BA e A, respectivamente) para 570 g/kg e 610 g/kg (nos horizontes BC e Bt respectivamente).

A densidade de partículas dos perfis de solos analisados variou de 2,25 a 2,61 g/cm³ (Tabela 3). De acordo com Portela et al. (2014), os baixos valores de densidade de partícula podem ser explicados pela presença de matéria orgânica, óxidos de ferro e metais pesados, que possuem valores mais baixos de massa específica. De forma geral os valores de densidade do solo foram considerados baixos, variando de 1,2 g/cm³ à 1,6 g/cm³ (Tabela 3). Assim como o que ocorre na densidade de partículas, esses baixos valores podem estar relacionados ao manejo sistema de plantio mínimo adotado nessas áreas que contribui para a manutenção e adição da matéria orgânica.

Todos os perfis de solo avaliados possuem reação ácida, com valores de pH em água entre 3,98 e 6,70 (Tabela 4). Os valores de delta pH indicam que o solo apresenta carga líquida negativa. Dependendo do processo de decomposição da matéria orgânica no solo, o incremento desta pode resultar em aumento ou redução do pH (Freitas et al., 2013b). A utilização de adubos com origem animal, principalmente esterco de aves, pode promover a diminuição do pH pois segundo Santos et al (2014), a mineralização da matéria orgânica reduz o pH em decorrência da liberação de ácidos orgânicos e íons H⁺ por meio da decomposição do material orgânico.

Todos os perfis de solo estudados apresentaram baixos valores de condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), variando de 0,13 dS/m a 1,42 dS/m, sendo os com valores mais altos encontrados nos horizontes superficiais dos perfis de Neossolos Flúvicos (1,37 dS/m no HAp do P1 e 1,42 dS/m no A1 do P3) (Tabela 3). Durante a perda de água por meio do processo de evapotranspiração, os sais se acumulam na superfície do solo pelo efeito da ascensão capilar (Medeiros et al., 2017).

Tabela 4. Atributos químicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Hor./Prof. | COT | pH (1:2,5) | | Δ pH | CEes | P | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | (H+Al) | SB | t | CTC | Atividade da argila | V | m | PST | |
|--|-------|--------------------|-------|-------------|------|--------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|--------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|-------------|-----|--|
| cm | g/kg | (H ₂ O) | (KCl) | | dS/m | mg/kg | -----cmolc/kg----- | | | | | | | | | | cmolc/kg de argila | -----%----- | | |
| Perfil 1- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap (0-15) | 34,63 | 4,32 | 4,85 | 0,53 | 1,37 | 30,68 | 0,85 | 0,68 | 7,77 | 3,72 | 0,29 | 5,84 | 13,02 | 13,31 | 18,86 | 70,54 | 69 | 2 | 4 | |
| 2C1 (15-34) | 17,91 | 3,98 | 3,78 | -0,19 | 0,23 | 55,34 | 0,21 | 0,34 | 4,15 | 1,25 | 0,71 | 4,88 | 5,95 | 6,66 | 10,83 | 55,77 | 55 | 11 | 3 | |
| 2C2(34-55) | 16,72 | 4,30 | 3,96 | -0,34 | 0,20 | 83,80 | 0,13 | 0,41 | 5,02 | 2,04 | 0,49 | 2,63 | 7,59 | 8,08 | 10,23 | 59,68 | 74 | 6 | 4 | |
| 3C3 (55-65) | 10,77 | 4,74 | 4,36 | -0,37 | 0,20 | 77,30 | 0,30 | 0,45 | 5,91 | 1,84 | 0,29 | 1,91 | 8,50 | 8,79 | 10,42 | 51,62 | 82 | 3 | 4 | |
| 3C4 (65-85) | 7,95 | 5,03 | 4,61 | -0,43 | 0,23 | 62,06 | 0,25 | 0,41 | 6,18 | 1,98 | 0,21 | 1,31 | 8,83 | 9,04 | 10,14 | 44,44 | 87 | 2 | 4 | |
| Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 23,1 | 5,30 | 4,93 | -0,38 | 0,16 | 107,34 | 0,44 | 0,72 | 8,71 | 5,74 | 0,09 | 1,78 | 15,62 | 15,70 | 17,39 | 80,18 | 90 | 1 | 4 | |
| AB (10-21) | 19,48 | 5,50 | 5,19 | -0,31 | 0,16 | 114,06 | 0,65 | 0,56 | 8,31 | 5,76 | 0,06 | 1,07 | 15,28 | 15,34 | 16,35 | 82,01 | 94 | 0 | 3 | |
| BA (21-40) | 11,92 | 4,93 | 4,34 | -0,59 | 0,14 | 61,84 | 0,14 | 0,38 | 7,40 | 5,88 | 0,27 | 1,66 | 13,81 | 14,08 | 15,47 | 71,74 | 89 | 2 | 3 | |
| B (40-60) | 8,36 | 4,91 | 4,16 | -0,75 | 0,13 | 48,39 | 0,13 | 0,31 | 6,26 | 6,49 | 0,32 | 1,52 | 13,19 | 13,51 | 14,71 | 64,50 | 90 | 2 | 2 | |
| Perfil 3- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 45,73 | 6,40 | 6,56 | 0,16 | 1,42 | 186,24 | 0,75 | 0,83 | 11,07 | 5,08 | 0,00 | 1,19 | 17,73 | 17,73 | 18,92 | 81,23 | 94 | 0 | 4 | |
| A2 (10-20) | 21,53 | 4,87 | 4,57 | -0,30 | 0,42 | 149,03 | 0,07 | 0,29 | 6,56 | 2,14 | 0,18 | 2,04 | 9,06 | 9,24 | 11,10 | 71,92 | 82 | 2 | 3 | |
| AC (20-50) | 5,83 | 5,22 | 4,76 | -0,46 | 0,74 | 100,84 | 0,04 | 0,36 | 8,15 | 2,63 | 0,14 | 1,47 | 11,18 | 11,32 | 12,65 | 66,01 | 88 | 1 | 3 | |
| C (50-98) | 1,8 | 6,36 | 5,68 | -0,68 | 0,65 | 220,31 | 0,02 | 0,40 | 5,72 | 2,56 | 0,00 | 0,83 | 8,69 | 8,69 | 9,52 | 106,64 | 91 | 0 | 4 | |
| Perfil 4 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 27,04 | 5,50 | 5,43 | -0,07 | 0,23 | 112,05 | 0,95 | 0,74 | 6,85 | 2,75 | 0,47 | 2,71 | 11,29 | 11,75 | 13,99 | 110,02 | 81 | 4 | 5 | |
| AB (10-20) | 16,66 | 5,10 | 4,90 | -0,20 | 0,15 | 96,36 | 0,47 | 0,68 | 6,65 | 2,49 | 0,14 | 2,57 | 10,29 | 10,44 | 12,87 | 84,78 | 80 | 1 | 5 | |
| BA (20-33) | 10,83 | 4,82 | 4,32 | -0,50 | 0,13 | 23,06 | 0,06 | 0,28 | 7,64 | 1,78 | 0,24 | 2,56 | 9,76 | 10,00 | 12,32 | 42,60 | 79 | 2 | 2 | |
| Bt (33-57) | 8,34 | 5,11 | 4,38 | -0,73 | 0,13 | 8,51 | 0,10 | 0,13 | 7,31 | 2,44 | 0,24 | 1,60 | 9,99 | 10,23 | 11,58 | 37,73 | 86 | 2 | 1 | |
| BC (57-65) | 2,91 | 5,15 | 4,40 | -0,75 | 0,13 | 11,45 | 0,10 | 0,19 | 6,37 | 2,93 | 0,25 | 1,81 | 9,59 | 9,84 | 11,40 | 49,91 | 84 | 3 | 2 | |

COT – Carbono orgânico total; CEes – Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo; P – fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – Capacidade de troca Catiônica efetiva; CTC– Capacidade de catiônica a pH 7,0; V – Saturação por Bases; m – Saturação por alumínio; PST – Porcentagem de Sódio Trocável.

Continuação da Tabela 4. Atributos químicos dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Hor./Prof. | COT | pH (1:2,5) | | Δ pH | CEes | P | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | (H+Al) | SB | t | CTC | Atividade da argila | V | m | PST | |
|--|-------|--------------------|-------|-------------|------|--------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|--------|-------|-------|-------|---------------------|--------------------|-------------|-----|--|
| cm | g/kg | (H ₂ O) | (KCl) | | dS/m | mg/kg | -----cmolc/kg----- | | | | | | | | | | cmolc/kg de argila | -----%----- | | |
| Perfil 5 – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 35,82 | 6,70 | 7,06 | 0,35 | 0,42 | 199,54 | 0,88 | 0,11 | 8,11 | 2,16 | 0,00 | 0,53 | 11,27 | 11,27 | 11,80 | 102,09 | 95 | 0 | 1 | |
| A2 (10-32) | 30,48 | 6,34 | 6,62 | 0,28 | 0,29 | 197,71 | 0,52 | 0,27 | 6,75 | 1,24 | 0,00 | 1,01 | 8,79 | 8,79 | 9,79 | 60,22 | 90 | 0 | 3 | |
| A3 (32-44) | 14,97 | 5,16 | 4,87 | -0,29 | 0,22 | 21,01 | 0,10 | 0,34 | 3,07 | 2,40 | 0,08 | 2,12 | 5,91 | 5,99 | 8,03 | 44,04 | 74 | 1 | 4 | |
| BA (44-64) | 10,42 | 4,46 | 4,25 | -0,21 | 0,23 | 27,05 | 0,09 | 0,25 | 2,15 | 1,51 | 0,29 | 2,27 | 4,00 | 4,29 | 6,26 | 45,03 | 64 | 7 | 4 | |
| Bt (64-100) | 9,58 | 4,78 | 4,28 | -0,50 | 0,31 | 5,28 | 0,05 | 0,61 | 4,22 | 1,09 | 0,19 | 1,67 | 5,98 | 6,17 | 7,66 | 32,95 | 78 | 3 | 8 | |
| Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (0-28) | 43,74 | 6,35 | 6,43 | 0,09 | 0,32 | 233,19 | 0,72 | 0,41 | 9,81 | 0,83 | 0,10 | 1,43 | 11,77 | 11,87 | 13,20 | 102,51 | 89 | 1 | 3 | |
| A2 (28-44) | 22,68 | 6,17 | 6,04 | -0,13 | 0,31 | 170,93 | 0,42 | 0,74 | 6,68 | 3,43 | 0,00 | 1,40 | 11,26 | 11,27 | 12,67 | 86,66 | 89 | 0 | 6 | |
| CR (44-90) | 9,54 | 5,80 | 5,38 | -0,42 | 0,28 | 83,02 | 0,20 | 0,27 | 5,08 | 2,28 | 0,00 | 1,55 | 7,84 | 7,84 | 9,39 | 61,22 | 83 | 0 | 3 | |
| Perfil 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 15,27 | 4,33 | 4,15 | -0,18 | 0,19 | 2,72 | 0,12 | 0,39 | 2,47 | 0,34 | 0,45 | 3,05 | 3,32 | 3,78 | 6,37 | 30,42 | 52 | 12 | 6 | |
| BA (10-20) | 14,78 | 4,71 | 4,62 | -0,10 | 0,24 | 6,97 | 0,14 | 0,27 | 2,82 | 0,64 | 0,10 | 3,07 | 3,87 | 3,97 | 6,94 | 41,55 | 56 | 3 | 4 | |
| Bt (20-50) | 4,48 | 4,38 | 4,43 | 0,05 | 0,13 | 0,72 | 0,06 | 0,24 | 2,78 | 1,44 | 0,28 | 2,62 | 4,52 | 4,80 | 7,15 | 11,75 | 63 | 6 | 3 | |
| BC (50-75) | 4,03 | 4,30 | 4,37 | 0,07 | 0,13 | 1,34 | 0,05 | 0,26 | 2,22 | 1,77 | 0,40 | 2,42 | 4,31 | 4,70 | 6,73 | 11,91 | 64 | 8 | 4 | |
| Perfil 8 - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-6) | 21,52 | 5,28 | 5,27 | -0,01 | 0,21 | 185,12 | 0,11 | 0,10 | 7,70 | 1,08 | 0,00 | 3,56 | 8,99 | 8,99 | 12,55 | 120,45 | 72 | 0 | 1 | |
| BA (6-23) | 11,21 | 4,92 | 4,58 | -0,34 | 0,18 | 74,55 | 0,02 | 0,06 | 9,76 | 0,70 | 0,06 | 2,45 | 10,53 | 10,59 | 12,98 | 69,39 | 81 | 1 | 0 | |
| Bt (23-43) | 10,77 | 5,22 | 4,29 | -0,93 | 0,16 | 62,64 | 0,02 | 0,08 | 11,66 | 1,88 | 0,18 | 1,82 | 13,64 | 13,82 | 15,46 | 78,82 | 88 | 1 | 1 | |
| CR (43-60) | 7,18 | 5,24 | 4,35 | -0,89 | 0,14 | 65,16 | 0,02 | 0,10 | 7,76 | 1,65 | 0,10 | 1,29 | 9,52 | 9,62 | 10,81 | 75,24 | 88 | 1 | 1 | |
| Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-20) | 12,9 | 5,40 | 5,11 | -0,29 | 0,33 | 16,25 | 0,03 | 0,16 | 4,36 | 2,18 | 0,01 | 1,42 | 6,74 | 6,75 | 8,16 | 72,87 | 83 | 0 | 2 | |

COT – Carbono orgânico total; CE – Condutividade Elétrica do extrato de saturação do solo; P – fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – Capacidade de troca Catiônica efetiva; CTC – Capacidade de catiônica a pH 7,0; V – Saturação por Bases; m – Saturação por alumínio; PST – Porcentagem de Sódio Trocável.

Os baixos valores de CE são indicadores da não ocorrência de problemas de salinidade nesses solos, pois segundo Santos et al (2018) um elemento indicativo de solo salino é uma CE acima de 4 dS/m e menor que 7 dS/m (a 25 °C), em alguma época do ano. Segundo Medeiros et al., (2017), os baixos valores de CEes pode ser justificado pela própria textura do solo que permite a lixiviação dos sais para camadas mais profundas.

Em relação ao carbono orgânico total (COT), os maiores teores foram encontrados nos horizontes superficiais, variando de 12,9 g/kg no P9 à 45,73 g/kg no P3 (Tabela 4), decrescendo com a profundidade, como comumente se observa nos solos tropicais.

No geral as condições físicas e climáticas da região semiárida não proporcionam uma alta produção de resíduos orgânicos capazes de favorecer a manutenção do COT, porém a área de estudo possui formação Serrana que difere das condições edafoclimáticas predominantes no semiárido, tal fato associado ao manejo adotado (preparo mínimo) contribuem para a preservação dos altos teores de COT, o que comprova a importância da adoção de práticas de manejo do solo que favoreçam o aumento da matéria orgânica dos solos da região semiárida.

O teor de fósforo (P) encontrado foi maior nos horizontes superficiais estando entre 16,25 mg/kg e 233,19 mg/kg (no horizonte A do P9 e horizonte A1 do P6, respectivamente) (Tabela 4). Os elevados teores de P podem estar associados as práticas conservacionistas adotadas nos agroecossistemas, pois segundo Leite et al (2016) os sistemas de manejo que aumentam a quantidade de matéria orgânica no solo, promovem o incremento de P em formas mais disponíveis para as culturas pela ação dos ácidos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica que bloqueiam sítios de adsorção por recobrimento dos óxidos de Fe e Al.

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) variaram de 2,15 cmolc/kg à 11,66 cmolc/kg e de 0,34 cmolc/kg à 6,49 cmolc/kg, respectivamente, com os valores de Ca^{2+} sendo sempre superiores aos de Mg^{2+} (Tabela 4). O sistema de preparo mínimo da área de estudo possibilita a manutenção desses nutrientes. Segundo Iwata et al., (2012) estudos relacionados aos sistemas agroflorestais, que praticam o cultivo mínimo, relatam ganhos significativos de bases trocáveis na solução do solo nos sistemas manejados associados ao aporte de resíduos na superfície.

Os teores de alumínio (Al^{3+}) variaram de 0 à 0,71 cmolc/kg (Tabela 4), resultando em uma saturação por alumínio (m) que variou de 0 à 12,97 %, não apresentando risco de toxidez por alumínio para as culturas.

A capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos estudados variou de 6,07 cmolc/kg à 20,79 cmolc/kg (Tabela 4). Esses valores de CTC são mantidos em função do manejo sustentável adotado na área, que favorece o aumento e a manutenção da matéria orgânica. Apenas nos perfis 1 e 3, a CTC está ocupada principalmente pelos cátions de Na^+ e Ca^{2+} . O perfil 7 apresentou valores bem inferiores ao demais, tal fato pode estar relacionado a quantidade de matéria

orgânica que contribui para o aumento da CTC e também ao tipo e quantidade de argilominerais, pois solos com predominância de argilominerais 2:1 apresentam alta CTC (Queiroz et al., 2018).

Em todos os perfis de solo, a saturação por bases (V) ultrapassa 50 % (Tabela 4), conferindo a esses solos caráter eutrófico (Santos et al., 2018). No entanto vale salientar que os teores de Na^+ encontrados têm grande influência na saturação por bases, contribuindo para uma superestimação da fertilidade desses solos.

A matriz de correlação apresenta informações importantes com relação a interação das variáveis, nos solos estudados, a fração areia apresentou uma correlação alta e negativa com a fração argila, indicando a tendência de aumento inverso entre as duas frações (Tabela 5). Já a fração silte apresentou correlação alta e positiva com a variável K^+ . O pH (H_2O) possui uma correlação positiva com os elementos P, K^+ e Ca^{2+} , SB e V, porém possui correlação negativa com o Al^{3+} e a (H+Al), evidenciando que o aumento do pH proporciona a liberação de nutrientes no solo, reduz a disponibilidade de Al^{3+} e a (H+Al). Arruda et al. (2018), estudando Atributos físicos e químicos de um Latossolo submetido a diferentes usos agrícolas em, Martins – RN, encontrou resultados que corroboram com a presente pesquisa.

Tabela 5. Matriz de correlação entre as variáveis físicas e químicas dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Variáveis | Areia | Silte | Argila | COT | pH (H_2O) | CE | P | K^+ | Na^+ | Ca^{2+} | Mg^{2+} | Al^{3+} | (H+Al) | SB | CTC | V |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------------|------------------|------------------|--------------|-------------|-------------|------|
| Areia | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silte | -0,48 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Argila | -0,90 | 0,05 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| COT | -0,05 | 0,73 | -0,30 | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| pH (H_2O) | 0,35 | 0,13 | -0,46 | 0,48 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| CE | -0,21 | 0,65 | -0,08 | 0,52 | 0,25 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| P | 0,35 | 0,22 | -0,50 | 0,61 | 0,79 | 0,30 | 1,00 | | | | | | | | | |
| K^+ | -0,26 | 0,79 | -0,10 | 0,76 | 0,45 | 0,77 | 0,49 | 1,00 | | | | | | | | |
| Na^+ | -0,06 | 0,40 | -0,12 | 0,28 | 0,03 | 0,62 | 0,33 | 0,61 | 1,00 | | | | | | | |
| Ca^{2+} | 0,10 | 0,34 | -0,29 | 0,45 | 0,51 | 0,31 | 0,54 | 0,46 | 0,22 | 1,00 | | | | | | |
| Mg^{2+} | -0,08 | 0,14 | 0,01 | 0,14 | 0,19 | 0,22 | 0,11 | 0,37 | 0,32 | 0,34 | 1,00 | | | | | |
| Al^{3+} | -0,33 | 0,06 | 0,34 | -0,20 | -0,74 | -0,21 | -0,49 | -0,20 | 0,15 | -0,39 | -0,11 | 1,00 | | | | |
| (H+Al) | -0,34 | 0,38 | 0,19 | 0,08 | -0,68 | 0,17 | -0,37 | -0,07 | 0,13 | -0,25 | -0,23 | 0,57 | 1,00 | | | |
| SB | 0,01 | 0,38 | -0,21 | 0,42 | 0,42 | 0,45 | 0,48 | 0,61 | 0,53 | 0,86 | 0,73 | -0,26 | -0,22 | 1,00 | | |
| CTC | -0,09 | 0,50 | -0,16 | 0,46 | 0,23 | 0,51 | 0,38 | 0,60 | 0,58 | 0,80 | 0,68 | -0,10 | 0,06 | 0,96 | 1,00 | |
| V | 0,31 | -0,02 | -0,34 | 0,20 | 0,71 | 0,16 | 0,58 | 0,32 | 0,22 | 0,73 | 0,52 | -0,53 | -0,71 | 0,75 | 0,56 | 1,00 |

COT: Carbono Orgânico Total; pH (H_2O): potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; P: fósforo; K^+ : potássio; Na^+ : sódio; Ca^{2+} : cálcio; Mg^{2+} : magnésio; Al^{3+} : alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V – saturação por bases.

A leitura do dendrograma vertical obtido pela análise de agrupamento (Figura 2) é feita da direita para a esquerda, onde o eixo y reflete o nível de diferença entre os grupos formados e o eixo x indica a união dos grupos, sendo que uma alta dissimilaridade permite a formação de diferentes grupos formados pelas mesmas características.

Com um nível de homogeneidade de 20 % de dissimilaridade, é possível perceber a formação de três grupos distintos. O primeiro grupo foi formado pelas classes Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (Perfil 1), Neossolo Litólico Eutrófico Típico (Perfil 9), em seus horizontes superficiais; Planossolo Háptico Eutrófico Típico (Perfil 5), Luvissole Crômico Órtico Típico (Perfil 4), em seus horizontes subsuperficiais, bem como a classe do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Típico (Perfil 7) em todos os horizontes. Esse agrupamento ocorreu em função da classificação textural dos ambientes.

O segundo grupo foi formado pelas classes Luvissole Crômico Órtico Típico (Perfil 4) em seus horizontes superficiais, Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (Perfil 1); Neossolo Litólico Chernossólico Típico (Perfil 6); Planossolo Háptico Eutrófico Típico (Perfil 8), nos seus horizontes subsuperficiais e Cambissolo Háptico Ta Eutrófico Típico (Perfil 2) em todos os seus horizontes. O pH e a CTC permitiu o agrupamento de tais ambientes.

O teor de P e a V permitiu a formação de um terceiro grupo: Planossolo Háptico Eutrófico Típico (Perfis 5 e 8), Neossolo Litólico Chernossólico Típico (Perfil 6), em seus horizontes superficiais e o Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (Perfil 3) em todos os seus horizontes.

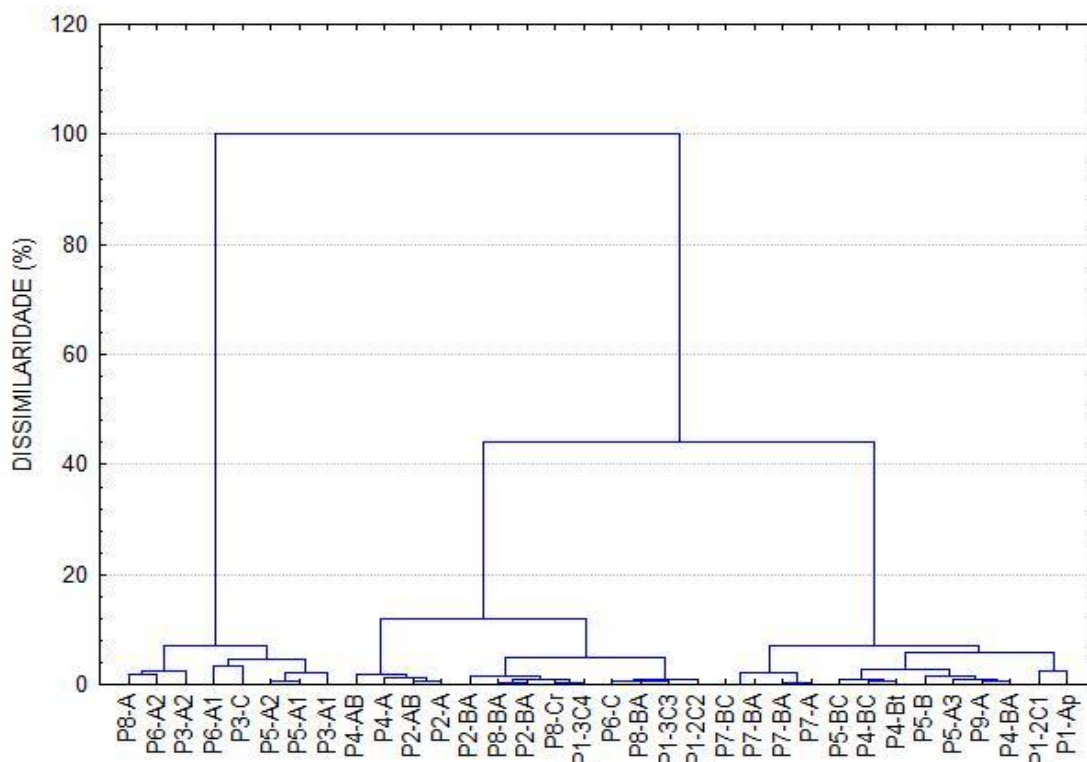


Figura 2. Dendrograma vertical da matriz de distâncias das classes de solos pelo método de agrupamento ward. Nota: P-perfil.

Na análise fatorial, as duas primeiras componentes, explicam 63,26 % da variância total dos dados (Tabela 6).

Tabela 6. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físicas e químicas dos perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

| Variáveis | Cargas fatoriais ⁽¹⁾ | |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| | Fator 1 | Fator 2 |
| | Disponibilidade de nutriente | Frações inorgânicas |
| Areia | -0,10 | 0,85 |
| Silte | -0,60 | -0,64 |
| Argila | 0,41 | -0,64 |
| COT | -0,77 | -0,19 |
| pH (H ₂ O) | -0,70 | 0,52 |
| CE | -0,67 | -0,45 |
| P | -0,76 | 0,37 |
| K ⁺ | -0,84 | -0,42 |
| Na ⁺ | -0,54 | -0,41 |
| Ca ²⁺ | -0,76 | 0,14 |
| Mg ²⁺ | -0,47 | -0,13 |
| Al ³⁺ | 0,46 | -0,56 |
| CTC | -0,78 | -0,25 |
| V | -0,68 | 0,44 |
| Autovalores | 5,72 | 3,14 |
| Variância Total (%) | 40,86 | 22,40 |
| Variância Acumulada (%) | 40,86 | 63,26 |

(1) Para fins de interpretação foram consideradas significantes cargas fatoriais $\geq 0,70$.

O fator 1 explicou 40,86 % da variação total e está relacionado a disponibilidade de nutrientes, sendo composto pelos atributos COT, pH (H₂O), P, K⁺, Ca²⁺ e CTC variando juntos e sendo os que apresentaram maior influência da distinção das classes de solos. O manejo de forma adequada possui grande influência no aporte de COT e de outros nutrientes, enquanto que as características naturais do solo, favorecem a liberação desses nutrientes.

O fator 2 com 22,40 % da variância total dos dados, é composto pela fração areia e está relacionado as frações inorgânicas do solo, sendo discriminada pelo Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (Perfil 3) que apresentou um alto teor de areia total de 800 g/kg em profundidade (Tabela 3), indicando que o relevo da área de estudo proporcionou a formação de diferentes classes de solos com variação textural entre elas.

Os diagramas de projeção dos vetores relacionados aos atributos químicos e físicos dos perfis de solos estudados foram gerados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). Os fatores 1 e 2 são os responsáveis pela maior influência na classificação das variáveis que se destacaram na distinção das classes de solo encontradas (Figura 3 A,B). É possível observar que a areia, assim como, as variáveis químicas carbono orgânico total, pH (H₂O), fósforo, potássio, cálcio e a capacidade de troca de cátions, foram as responsáveis pela diferenciação das classes encontradas, em função das cargas fatoriais e localizam-se mais próximas do círculo de correlação.

Analisando os diagramas percebe-se a formação de dois ambientes que se diferenciam, com o fator 1 explicando 40,86 % da variância acumulada, enquanto que o fator 2 explica 22,40 %,

4 CONCLUSÕES

As classes de solos encontradas na área de estudo são: NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico (perfil 1 e 3); CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico (perfil 2); LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (perfil 4); PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico (perfil 5 e 8); NEOSSOLO Litólico Chernossólico típico (perfil 6); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico (perfil 7) e NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico (perfil 9).

A fração argila e o Al^{3+} são os atributos responsáveis pela distinção da classe dos Argissolos, enquanto que a fração silte, o potássio, o sódio, o carbono orgânico total, a condutividade elétrica no extrato de saturação e a capacidade de troca de cátions, nos horizontes superficiais, permitem a diferenciação dos Neossolos Flúvicos.

A posição na paisagem, o preparo mínimo adotado e a adição de resíduos orgânicos nos agroecossistemas, influenciam diretamente nos atributos mais sensíveis na diferenciação das classes de solo encontradas ligados as características físicas (areia, silte e argila) e as químicas (disponibilidade de nutrientes).

REFERÊNCIAS

- Alvares, C.A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M. de.; Sparovek, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- Arruda, L. E. V. de.; Portela, J. C.; Medeiros, J. F. de.; Batista, R. O.; Melo, S. B. de.; Souza, C. M. M.; Lopes, T. C. de.; Mendes, K. R. da. Chemical attributes of an oxisol under different agricultural uses in the Brazilian semiarid region. *Journal of Agricultural Science*, vol. 10, n. 11, p. 501-509, 2018.
- Costa, J. D. da.; Portela, J. C.; Farias, P. K. P.; Ernesto Sobrinho, F.; Souza, C. M. M.; Lopes, T. C. S. de.; Silva, F. W. A. Characterization and classification of soils of the terra da esperança settlement project in Chapada do Apodi, Brazil. *Journal of Agricultural Science*; v. 11, n. 4, p. 235-251, 2019.
- Emparn, Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte. Monitoramento pluviométrico (2018). Disponível em: <http://189.124.130.5:8181/monitoramento/2018/acumulapr.htm>. Acesso em: 15 de jun. 2018.
- Ernesto Sobrinho, F. Etnopedologia no conhecimento ambiental. Mossoró: UFERSA, 2015. 148p. Tese Doutorado.

- Freitas, L. de.; Casagrande, J. C.; Oliveira, I. A. de.; Campos, M. C. C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. *Revista de ciências agrárias*, v. 57, n. 3, p. 224-233, 2014a.
- Freitas, L.; Casagrande, J. C.; Oliveira, I. A.; Moreti, T. C. F.; Carmo, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, n.17; p. 362- 374, 2013b.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. Bookman Editora, 2009.
- Iwata, B. F.; Leite, L. F. C.; Araújo, A. S. F.; Nunes, L. A. P. L.; Gehring, C.; Campos, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.730-738, 2012.
- Jacomine, P.K.T.; Silva, F. B. R. e.; Formiga, R. A.; Almeida, J. C. A.; Beltrão, V. A. de.; Pessôa, S. C. P.; Ferreira, R. C. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: MA-DNEPEA: SUDENE-DRN. 1971. 531 p.
- Ker, J.C.; Curi, N.; Schaefer, C. E. G. R.; Vidal-Torrado, P. *Pedologia: Fundamentos*. Viçosa, MG, SBCS, 2012. 343 p.
- Kummer, L.; Melo, V. F. de.; Barros, Y. J.; Azevedo, J. C. R. Uso da análise de componentes principais para agrupamento de amostras de solos com base na granulometria e em características químicas e mineralógicas. *Scientia Agraria*, v.11, n. 6, p.469-480, 2010.
- Leite, J. N. F.; Cruz, M. C. P. da.; Ferreira, M. E.; Andrioli, I.; Braos, L. B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n. 11, p.1880-1889, 2016.
- Medeiros, J. F. de.; Neto, C. P. C. T.; Nildo, da. S. D.; Gheyi, H. R.; Silva, M. V. T. da.; Loiola, A. T. Salinidade e pH de um argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 3, p. 1407 - 1419, 2017.
- Melo, A. F. D.; Souza, C. M. M. de.; Rego, L. G. S. da.; Lima, R. N. S. da.; Moura, I. N. B. M. de. Pedogênese de Chernossolos derivados de diferentes materiais de origem no Rio Grande do Norte, Brasil. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.13, n. 3, p.229-235, 2017.
- Nunes, J. S.; Martins, S. R.; Borba, M. R.; Muelbert, B. Sustentabilidade de agroecossistemas familiares com produção de peixes na perspectiva agroecológica. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 12, n. 4, p. 275-286, 2017.
- Oliveira, J. B. *Pedologia aplicada*. 4.ed. Piracicaba: FEALQ, 2011. 592p.

- Portela, J. C.; Cintra, F. L. D.; Carvalho, H. W. L. de.; Anjos, J. L. dos.; Melo, P. O. de. Atributos físico-hídricos e químicos de solo sob cultivo de milho na região agreste de Sergipe. *Agropecuária científica no semiárido*, v. 10, n. 1, p. 51-58, 2014.
- Queiroz, A. f. de.; Salviano, A. M.; Cunha, T. J. F. da.; Olszewski, N.; Souza Júnior, V. S. de.; Oliveira Neto, M. B. de. Potentialities and limitations of agricultural use in soils of semi-arid region of the state of Bahia, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 4, p. 3373- 3387, 2018.
- Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S. B. de.; Corrêa, G. F.; Ker, J. C. Gênese: aspectos gerais. In: *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 6.ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2014. Cap. 5, p. 109-147.
- Rebouças, C. A. M.; Portela, J. C.; Sobrinho, F. E. S.; Cavalcante, J. S. J.; Silva, M. L. N. do.; Gondim, J. E. F. Caracterização física, química e morfológica do solo em várzea do município de Florânia, RN. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 10, n. 1, p. 134-142, 2014.
- Roboredo, D.; Bergamasco, S. M. P. P.; Gervazio, W. Diagnóstico dos agroecossistemas da Microbacia Hidrográfica Mariana no Território Portal da Amazônia, Mato Grosso, Brasil. *Sustentabilidade em Debate*, v. 8, n.1, p. 80-94, 2017.
- Sá Paye, H., Vargas de Mello, J. W., & Bezerra de Melo, S. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos traço em solos. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 36, n. 3, p. 1031-1041, 2012.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumbrreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araujo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.
- Santos, J. L. D. dos.; Almeida, J. N. de.; Santos, A. C. do. Caracterização física e química de um planossolo localizado no semiárido baiano. *Agropecuária científica no semiárido*, v. 9, n. 3, p. 13-17, 2013a.
- Santos, L. B. dos.; Castagnara, D. D.; Bulegon, L. G.; Zoz, T.; Oliveira, P. S. R. de.; Gonçalves Júnior, A. C.; Neres, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 272-281, 2014.
- Santos, R. D.; Lemos, R. C. de.; Santos, H. G. dos.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. C. dos. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 6.ed. Viçosa: SBCS, p.100, 2013b
- Silva, L. F. da. Gênese e classificação de solos do jardim botânico de Porto Alegre, RS. *Dissertação mestrado universidade federal do Rio Grande do Sul, faculdade de agronomia, Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, 2014, 85 p.*

Silva, M. A. da.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Avanzi, J. C.; Leite, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do vale do rio doce, Mg. *Ciência Florestal*, v. 21, n. 4, p. 765-776, 2011.

Statsoft. *Statistica Version 7.0*. StatSoft. 2004. Retrieved from <http://www.statsoft.com>

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

Yeomans, J. C. e Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

CAPÍTULO II - INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS DO SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

RESUMO: A infiltração é o processo de entrada da água no solo por meio de sua superfície que é influenciado por diversos fatores como: características da precipitação, granulometria e estrutura do solo e ação antrópica. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a infiltração de água no solo e estimar as taxas de infiltração em agroecossistemas e suas inter-relações com os atributos estruturais, químicos e físicos, evidenciando os atributos mais sensíveis na diferenciação dos ambientes por meio da análise multivariada. Foram realizadas análises físico-hídricas e carbono orgânico total em seis agroecossistemas. A manutenção da matéria orgânica favoreceu a diminuição das densidades de solo e de partículas, assim como, proporcionou uma boa agregação do solo. Nos agroecossistemas, a velocidade de infiltração básica foi alta, sendo a área de hortaliça dois (Neossolo Litólico Chernossólico típico) a que apresentou a maior infiltração acumulada. O carbono orgânico total, a fração silte e a velocidade de infiltração básica são os fatores que mais influenciam na distinção entre área de mata nativa um (Luvisolo Crômico Órtico típico) e área de hortaliça dois (Neossolo Litólico Chernossólico típico). A fração argila, grau de floculação e agregados estáveis em água contribuem para a diferenciação da área de mata nativa dois (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico).

Palavras-chave: Matéria orgânica. Manejo. Estrutura. Agregação.

CHAPTER II - WATER INFILTRATION AND ITS RELATIONSHIP WITH SOIL ATTRIBUTES IN AGROECOSYSTEMS OF SÍTIO POÇÃO, MARTINS-RN

ABSTRACT: Infiltration is the process of water entering the soil through its surface that is influenced by several factors such as precipitation characteristics, soil particle size and structure and anthropic action. The present work aimed to evaluate the infiltration of water in the soil and to estimate the infiltration rates in agroecosystems and their interrelations with the structural, chemical and physical attributes, highlighting the most sensitive attributes in the environment differentiation through multivariate analysis. Physical and water analyzes and total organic carbon were performed in six agroecosystems. The maintenance of organic matter favored the reduction of soil and particle densities, as well as providing a good soil aggregation. In the agroecosystems, the basic infiltration velocity was high, with the vegetable area two (Neossolo Litólico Chernossólico típico/Lithic Udipsamments) presenting the highest accumulated infiltration. Total organic carbon, silt fraction and basic infiltration rate are the

factors that most influence the distinction between native forest area one (Luvisolo Crômico Órtico típico/Rhodic Kanhaplustalfs) and vegetable area two (Neossolo Litólico Chernossólico típico/Lithic Udipsamments). The clay fraction, flocculation degree and water stable aggregates contribute to the differentiation of the native forest area two (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico/Typic Kanhaplustults)

Keywords: Organic matter. Management. Structure. Aggregation.

1 INTRODUÇÃO

O estudo dos atributos do solo permite identificar as alterações na sua qualidade e oferece informações que podem ser utilizadas para a adoção de um sistema de manejo que contribua com a manutenção dos agroecossistemas, principalmente os que são conduzidos pela agricultura familiar em áreas rurais que não dispõem de assistência técnica (Feliciano et al., 2018).

A qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas são fortemente influenciados pelos diferentes sistemas de manejo, que estão associados às perdas de solo, água e nutrientes em virtude do processo erosivo. Dessa forma, conhecer e quantificar os atributos capazes de acelerar o processo erosivo é de extrema importância durante o planejamento de uso e manejo do solo com bases agroecológicas (Thomazini et al., 2012).

Um dos parâmetros que compõem o ciclo hidrológico de significativa importância é a infiltração, pois além de determinar o balanço de água na zona radicular das culturas, o processo de infiltração de água no solo também influencia no escoamento superficial, desta forma é pertinente para os estudos de processos erosivos entender como ocorre a infiltração de água no solo (Minozzo et al., 2017).

A infiltração é o processo de entrada na água no solo por meio de sua superfície e que pode ser influenciada por diversos fatores, tais como: condições da superfície do solo (presença ou ausência de cobertura vegetal, compactação), umidade antecedente do perfil do solo, existência de adensamento ao longo do perfil, relevo do local, propriedades físicas, estruturais e químicas do solo, forma como a água chega a superfície do solo e sua entrada no sistema (Klein e Klein, 2014).

O processo de infiltração desassocia o quanto da precipitação, seja ela pela chuva ou pela irrigação, escoar pela superfície e quanto da água infiltra no perfil do solo. Ao realizar o processo de entrada no solo, o fluxo da água possui componentes vertical e horizontal que são dependentes das características intrínsecas do solo. Se a infiltração ocorrer em um perfil de solo

homogêneo que esteja inicialmente seco, a taxa de infiltração irá diminuir com o tempo, chegando a um valor final constante denominado velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB) (Libardi, 2012).

Para um manejo adequado do solo é necessário determinar a velocidade de infiltração básica e suas relações com os atributos do solo, principalmente com a granulometria e cobertura vegetal (Santos et al., 2013). Na determinação da velocidade de infiltração básica de solo podem ser utilizados vários métodos, dentre os quais se destaca o método do infiltrômetro de anéis concêntricos, por ser simples e de fácil aplicação (Silva et al., 2017).

Souza e Martins (2012), realizaram teste de infiltração de água nos solos mais representativos da região semiárida dos Cariris Velhos/PB e verificaram que existe uma relação direta entre os usos do solo e a capacidade de infiltração, indicando que a presença de cobertura vegetal é capaz de promover maiores taxas de infiltração. A interação dos atributos do solo pode ser estudada por meio da análise multivariada, pois permite a formação de grupos com características semelhantes, o que favorece a interpretação e um melhor entendimento das variações dos processos que acontecem no solo. Porém, poucos são os estudos que fazem uso da análise estatística multivariada (Vieira José et al., 2013).

Diante deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a infiltração de água no solo e estimar as taxas de infiltração em agroecossistemas e suas inter-relações com os atributos estruturais, químicos e físicos, evidenciando os atributos mais sensíveis na diferenciação dos ambientes por meio da análise multivariada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os agroecossistemas estudados estão localizados no Sítio Poção, inserido no município de Martins-RN, situado na mesorregião do Oeste Potiguar e na microrregião de Umarizal, nas coordenadas geográficas: 6° 05' 16'' de latitude Sul e 37° 54' 40'' de longitude Oeste. Tem como limites os municípios de Umarizal, Serrinha dos Pintos, Antônio Martins, Frutuoso Gomes, Lucrécia, Portalegre e Viçosa, abrangendo uma área de 169,47 km² (Figura 1).

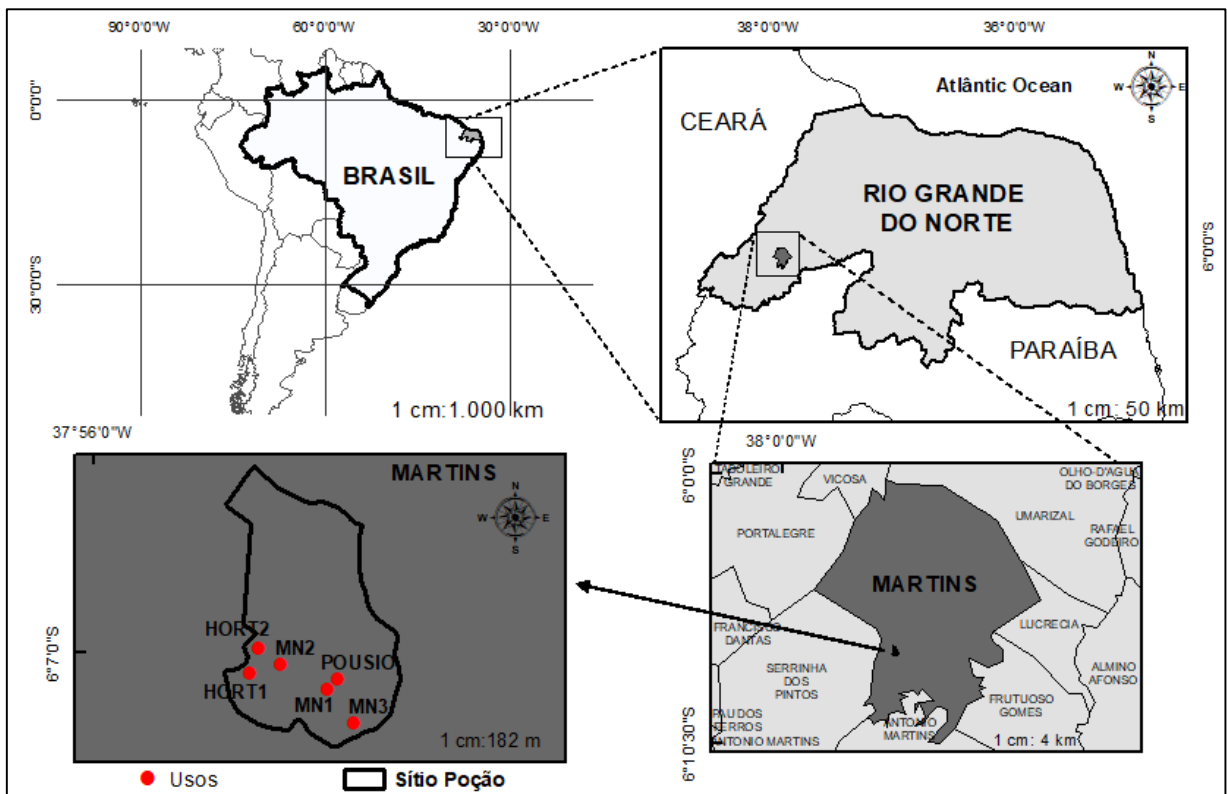


Figura 1. Localização da área de estudo: Sítio Poção no Município Martins, Rio Grande do Norte, Brasil.

Apesar de estar inserido na região semiárida, o município de Martins-RN possui uma precipitação pluviométrica em torno de 1127 mm por ano, com temperatura média de 24,2 °C (Emparn, 2018). O clima da região é do tipo Aw, tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono (Alvares et al., 2013), com temperatura mais amena no topo da serra durante o dia, quando comparadas à área localizada na depressão sertaneja.

Segundo Jacomine et al., (1971), no planalto da Serra de Martins devido ao maior volume de chuva e menor temperatura, a vegetação é do tipo subcaducifolia, estando em contraste com a vegetação da depressão sertaneja que é do tipo hiperxerófila.

A propriedade do Sítio Poção foi formada há mais de 150 anos, sendo sempre utilizada para o desenvolvimento da agricultura. A área possui uma extensão de 30 ha sendo composta por 30 famílias. No período chuvoso a água armazenada no açude é utilizada diretamente da fonte para a realização de tarefas domésticas que não incluam ingestão (banho, lavar louça, etc.).

Para as análises físicas, carbono orgânico total e determinação da infiltração de água no solo, foram selecionados seis agroecossistemas definidos pelas classes e uso do solo, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Usos, classes e localização dos ambientes estudados.

| Usos | Classes | | Localização |
|---|---|----------|---------------------------------|
| Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores (MN1) | LUVISSOLO Órtico típico | CRÔMICO | 06°07'03,7" S 037°55'35" W |
| Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores (MN2) | ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico | | 06°07'01,1" S 037°55'40" W |
| Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores (MN3) | NEOSSOLO Eutrófico típico | LITÓLICO | 06°07'07,3" S 037°55'32,3" W |
| Área onde ocorre o preparo mínimo do solo envolvendo curvas de nível para o controle do processo erosivo com posterior plantação de hortaliças que são comercializadas na cidade e bastante utilizada no negócio local (Restaurante Bela Vista) (HORT1) | PLANOSSOLO Eutrófico típico | HÁPLICO | 06°07'02,1" S 037°55'43,3" W |
| Área onde ocorre o preparo mínimo do solo envolvendo curvas de nível para o controle do processo erosivo com posterior plantação de hortaliças que são comercializadas na cidade e bastante utilizada no negócio local (Restaurante Bela Vista) (HORT2) | NEOSSOLO Chernossólico típico | LITÓLICO | 06°06'59,4" S 037°55'42,4" W |
| Área atualmente em pousio sendo preparada para uso futuro com plantação de milho, fava, macaxeira e jerimum) (POUSIO) | PLANOSSOLO Eutrófico típico | HÁPLICO | 06°07'02,6" S 037°55'33,9" W |

Foram realizadas coletas de amostras deformadas e indeformadas nos respectivos agroecossistemas. A coleta das amostras indeformadas foi feita utilizando-se anéis volumétricos (com dimensões: 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro), foram abertas 4 pequenas trincheiras nos 6 agroecossistemas de estudo para a coleta de 2 amostras nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, totalizando 144 amostras. As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) conforme Teixeira et al. (2017).

As análises físicas e carbono orgânico total (COT) foram realizadas em três repetições na terra seca fina ao ar (TFSA) no Laboratório de Física e Manejo do Solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

Com as amostras deformadas foram realizadas análises de: granulometria pelo método da pipeta com a utilização do hexametáfosfato de sódio como dispersante químico, adição de água destilada em 20 g de (TSFA), com agitação mecânica lenta em agitador por um período de 16 horas (Teixeira et al., 2017). A quantificação da areia foi feita por peneiramento, a fração argila pelo processo de sedimentação e a fração silte por diferença das outras frações já quantificadas; argila dispersa em água com dispersão lenta em água e água destilada, calculando-se o grau de floculação (GF); densidade de partículas com a utilização do método do balão volumétrico com adição de álcool para preencher os espaços vazios, para considerar o espaço ocupado pelas

partículas do solo (Teixeira et al., 2017) e carbono orgânico total (COT) por meio da titulação do dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ remanescente juntamente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida (Yeomans e Bremner, 1988).

Com as amostras indeformadas foram determinadas a densidade do solo pelo método do anel volumétrico, com conhecimento das dimensões dos anéis e o peso da massa úmida e posteriormente da massa seca, seguindo metodologia proposta por Teixeira et al. (2017) e análise de agregados conforme Yoder (1936).

Para a análise dos agregados dos agroecossistemas foram coletadas amostras nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30, a amostragem do solo foi realizada utilizando pá reta na camada superficial do solo. Os blocos extraídos foram separados entre si por superfícies de fraqueza, destorroados com as mãos e passados em peneiras com abertura de malha 4,00 e 2,00 mm, sendo os agregados retidos na última peneira (2,00 mm) acondicionados em potes plásticos devidamente identificados e secos ao ar.

Para avaliar a infiltração de água no solo e estimar as taxas de infiltração nos agroecossistemas foi utilizado o método do infiltrômetro de anel com a instalação em campo em triplicata de dois anéis concêntricos, com altura de 40 cm e diâmetro de 30 cm para o anel interno e 50 cm para o anel externo, posicionados a aproximadamente 10 cm de profundidade. A função do anel externo é evitar que ocorra o movimento de dispersão lateral da água que infiltra no anel interno, evitando assim, a superestimação da taxa de infiltração.

Após a instalação, o anel interno foi revestido com plástico, colocando-se água ao mesmo tempo nos dois anéis, com posterior retirada do plástico. Para acompanhar a infiltração vertical no anel interno foram utilizados cronômetro e régua. Durante a realização do teste, o cilindro interno foi mantido com uma altura de água de forma constante, variando de 15 a 18 cm, a depender do tipo de solo. As leituras de infiltração foram realizadas nos tempos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 min de acordo com Bernardo et al (2006).

Durante o teste de infiltração também foram coletadas amostras deformadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm para a realização da análise da umidade gravimétrica. Essas amostras foram pesadas, depois levadas para secagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 horas, e em seguida pesadas novamente, seguindo metodologia descrita Teixeira et al (2017).

As curvas de infiltração acumulada (I) foram obtidas por meio da Eq.1:

$$I = aT^n \quad (1)$$

Onde:

I - Infiltração acumulada (cm);

- a - Constante dependente do solo;
- T - Tempo de infiltração (min);
- n - Constante dependente do solo (de 0 a 1).

A velocidade de infiltração básica (VIB) é a derivada da equação de infiltração acumulada em relação ao tempo e foi obtida por meio da Eq.2:

$$VIB = 60anT^{(n-1)} \tag{2}$$

Onde:

- VIB – Velocidade de infiltração básica (cm/h);
- a - Constante dependente do solo;
- T - Tempo de infiltração (min);
- n - Constante dependente do solo (de 0 a 1).

Para classificar o solo de acordo com a sua velocidade de infiltração básica foi utilizada a metodologia de Bernardo et al. (2006) que está representada na tabela 2.

Tabela 2. Classificação do solo a partir da velocidade de infiltração básica (VIB).

| Tipo de solo | VIB (cm/h) |
|------------------------|------------|
| Solo de VIB muito alta | > 3,0 |
| Solo de VIB alta | 1,5 - 3,0 |
| Solo de VIB média | 0,5 - 1,5 |
| Solo de VIB baixa | < 0,5 |

Para análise estatística dos atributos do solo dos agroecossistemas estudados foram utilizadas técnicas de análise multivariada por meio do software Statistica 7.0 (StatSoft, 2004). A matriz de correção estabeleceu um padrão para os resultados analíticos para a aplicação de técnicas multivariadas como Análise de Agrupamento (AA), Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP) (Hair et al., 2009).

Análise de agrupamento (AA) foi representada pelo dendrograma vertical da matriz de distância com a utilização da distância euclidiana como medida de similaridade e o método de Ward para relacionar os casos entre si. A importância de cada variável na diferenciação dos ambientes formados é representada pela sua menor distância em relação ao eixo de referência, seja o eixo x ou o y, sendo interessante adotar o eixo que apresenta a maior variância acumulada, pois esse explica melhor a variação existente (Sá Paye et al., 2012).

Para a análise fatorial, foram extraídos os componentes principais que apresentaram autovalores maiores que 1, com rotação realizada pelo método Varimax. Na consideração das cargas fatoriais significativas foi estabelecido o valor de 0,65 (Hair et al., 2009).

Para a análise dos componentes principais foram confeccionados quatro diagramas (Fator 1 e 2, Fator 1 e 3) para os atributos físico-hídricos e carbono orgânico total. Com base nesses dados foram criados dois diagramas bidimensionais para a distinção das áreas e dois diagramas de projeção de vetores para a verificação dos atributos do solo sensíveis na diferenciação da área de estudo (Hair et al., 2009).

As variáveis envolvidas foram: areia, silte, argila, argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, carbono orgânico total, umidade gravimétrica, velocidade de infiltração básica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos das áreas de estudo estão inseridos em um relevo bastante diversificado, o que permitiu uma variação de granulometria nos ambientes estudados. Os agroecossistemas apresentam valores da fração areia superiores a fração silte e argila, porém é possível perceber que nos ambientes de MN1 e MN2, ocorre um elevado incremento da fração argila em profundidade (Tabela 3).

As áreas de HORT1, HORT2, POUSIO e MN3 foram as que apresentaram os menores valores de argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação (GF) (Tabela 3). Isso ocorre em virtude da predominância de cargas positivas e atividade coloidal baixa (Czys e Dexter, 2015). Segundo Portela et al (2018), a ADA é a porção de argila total que é naturalmente dispersa pela ação da água e o GF é a porcentagem de argila floculada, sendo esses valores inversamente proporcionais e bastante utilizados para avaliar a estabilidade estrutural do solo, como também o processo erosivo.

O valor da densidade de partículas dos solos estudados variou de 2,30 a 2,60 g/cm³ (Tabela 3). A densidade de partículas é influenciada pelas massas específicas dos diferentes componentes que fazem parte da fração sólida do solo e para solos minerais seu valor oscila entre 2,6 e 2,7 g/cm³. Segundo Marinho et al., (2016), o manejo do solo poderá ser capaz de influenciar no valor da densidade de partículas ao longo do tempo, se houver durante esse período, um incremento de matéria orgânica no solo.

Tabela 3. Atributos físicos e carbono orgânico total dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN.

| Camada cm | Areia -----g/kg----- | Silte | Argila | ADA | GF % | Dp (g/cm ⁻³) | Ds | Pt | AGRI>2 mm -----%----- | DMG -----mm----- | DMPu | COT g/kg |
|---|-------------------------|-------|--------|-----|---------|-----------------------------|------|-------|--------------------------|---------------------|------|-------------|
| Área de mata nativa 1 (MN1) | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 590 | 280 | 130 | 111 | 14,61 | 2,30 | 1,50 | 35,22 | 48,39 | 1,19 | 2,11 | 27,04 |
| 10-20 | 620 | 230 | 150 | 132 | 12,00 | 2,30 | 1,60 | 30,77 | 29,44 | 1,11 | 1,80 | 16,66 |
| 20-30 | 490 | 210 | 290 | 221 | 23,75 | 2,50 | 1,50 | 38,46 | 22,56 | 1,08 | 1,72 | 10,83 |
| Área de mata nativa 2 (MN2) | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 600 | 190 | 210 | 182 | 13,30 | 2,50 | 1,20 | 52,19 | 24,50 | 1,06 | 1,44 | 15,27 |
| 10-20 | 650 | 180 | 170 | 138 | 17,46 | 2,40 | 1,20 | 50,82 | 6,06 | 0,61 | 0,85 | 14,78 |
| 20-30 | 200 | 190 | 610 | 17 | 97,15 | 2,60 | 1,20 | 54,02 | 71,85 | 0,70 | 0,84 | 4,48 |
| Área de mata nativa 3 (MN3) | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 700 | 190 | 110 | 100 | 9,09 | 2,50 | 1,30 | 55,34 | 46,68 | 1,22 | 2,02 | 12,9 |
| 10-20 | 693 | 195 | 112 | 110 | 8,33 | 2,50 | 1,30 | 55,34 | 46,68 | 1,22 | 2,02 | 12,9 |
| Área de plantação de hortaliças 1 (HORT1) | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 660 | 220 | 120 | 94 | 18,45 | 2,30 | 1,20 | 48,05 | 35,11 | 1,11 | 1,78 | 35,82 |
| 10-20 | 660 | 180 | 160 | 136 | 16,57 | 2,40 | 1,30 | 45,15 | 27,74 | 1,05 | 1,53 | 30,48 |
| 20-30 | 630 | 190 | 180 | 170 | 6,81 | 2,40 | 1,40 | 42,39 | 36,56 | 1,11 | 1,71 | 14,97 |
| Área de plantação de hortaliças 2 (HORT2) | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 630 | 240 | 130 | 110 | 15,38 | 2,40 | 1,40 | 40,93 | 34,50 | 1,17 | 1,72 | 43,74 |
| 10-20 | 630 | 240 | 130 | 120 | 7,79 | 2,40 | 1,40 | 40,93 | 34,50 | 1,17 | 1,72 | 43,74 |
| 20-30 | 640 | 210 | 150 | 120 | 22,04 | 2,50 | 1,20 | 51,81 | 53,60 | 1,35 | 2,26 | 22,68 |
| Área de pousio (POUSIO) | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | 670 | 230 | 100 | 89 | 14,94 | 2,50 | 1,30 | 47,01 | 63,71 | 1,51 | 2,50 | 21,52 |
| 10-20 | 610 | 200 | 190 | 161 | 13,90 | 2,50 | 1,30 | 47,79 | 38,87 | 1,29 | 1,90 | 11,21 |
| 20-30 | 640 | 160 | 200 | 171 | 12,80 | 2,60 | 1,30 | 49,81 | 38,87 | 1,29 | 1,90 | 10,77 |

ADA – argila dispersa em água; GF – Grau de floculação; Dp – densidade de partícula; Ds – Densidade do solo; Pt – Porosidade total calculada; AGRI>2 mm - agregados > 2,00 mm estáveis em água; DMG – Diâmetro Médio Geométrico; DMPu – Diâmetro Médio Ponderado; COT – carbono orgânico total.

A densidade do solo apresentou valores de 1,2 à 1,6 g/cm³ (Tabela 3). O sistema de preparo mínimo adotado nos agroecossistemas favoreceu a manutenção e incremento da matéria orgânica diminuindo assim os valores de densidade do solo. Os sistemas de preparo convencional, de início, modificam a densidade do solo e influenciam no processo de infiltração de água, em especial nas áreas onde ocorrem intensa mecanização agrícola, afetando negativamente os atributos físicos, estruturais, químicos e biológicos do solo (Rodrigues et al., 2018).

A porosidade total calculada variou de 30,77 a 55,34 % (Tabela 3), sendo a área de MN1 a que apresentou a menor porosidade total em todas as camadas, estando essa porosidade relacionada diretamente com o teor de argila dispersa em água e a estabilidade dos agregados.

É possível perceber que os valores de porosidade total são inversamente proporcionais aos valores de densidade do solo, evidenciando que a porosidade total também pode estar associada as forças de coesão, em função da maior área superficial específica e da adesão que é governada pelo conteúdo de água no solo.

De modo geral, as maiores percentagens de agregados estáveis em água maiores que 2 mm e diâmetro médio ponderado, encontram-se na superfície (Tabela 3). Segundo Rossetti et al (2014) a maior estabilidade dos agregados deve-se ao contínuo fornecimento de matéria orgânica que é utilizada como fonte de energia para atividade microbiana que geram subprodutos constituídos de moléculas orgânicas que atuam como agente de formação e estabilização dos agregados.

Arcoverde et al. (2015) estudando a qualidade física de solos na região semiárida sob diferentes usos agrícolas, ressaltaram que a agregação é influenciada pelas intervenções mecânicas. Para Sales et al. (2016) o revolvimento do solo desestrutura as suas camadas, enquanto que um manejo conservacionista preserva a qualidade estrutural e favorece a agregação. Nos agroecossistemas o revolvimento mínimo do solo e o aporte de resíduos orgânicos provenientes dos resíduos vegetais e animais contribui para a manutenção do carbono orgânico total em superfície favorecendo assim a agregação das partículas do solo (Tabela 3).

Em relação a velocidade de infiltração básica, os agroecossistemas apresentaram classificação muito alta, com valores variando de 4,09 (MN3) a 37,25 cm/h (HORT2) (Tabela 4).

Tabela 4. Umidade gravimétrica dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN.

| Camada (cm) | UG (%) | VIB (cm/h) |
|---|--------|------------|
| Área de mata nativa (MN1) | | |
| 0-10 | 2,1 | 11,32 |
| 10-20 | 5,5 | |
| 20-30 | 5,2 | |
| Área de mata nativa 2 (MN2) | | |
| 0-10 | 2,0 | 6,97 |
| 10-20 | 1,8 | |
| 20-30 | 1,7 | |
| Área de mata nativa 3 (MN3) | | |
| 0-10 | 2,2 | 4,09 |
| 10-20 | 1,9 | |
| Área de plantação de hortaliças 1 (HORT1) | | |
| 0-10 | 1,7 | 11,78 |
| 10-20 | 2,2 | |
| 20-30 | 2,2 | |
| Área de plantação de hortaliças 2 (HORT2) | | |
| 0-10 | 1,5 | 37,25 |
| 10-20 | 1,6 | |
| 20-30 | 1,4 | |
| Área de pousio (POUSIO) | | |
| 0-10 | 1,3 | 8,83 |
| 10-20 | 2,1 | |
| 20-30 | 5,1 | |

VIB – velocidade de infiltração básica; UG – Umidade gravimétrica.

A cobertura do solo oriunda dos resíduos vegetais e animais, o relevo, a porosidade, o teor de carbono orgânico total (Tabela 3), assim como o manejo de preparo mínimo adotado nos agroecossistemas em estudo influenciaram positivamente na velocidade de infiltração básica (Silva et al., 2014).

A umidade inicial do solo em todos os agroecossistemas foi baixa, sendo o solo considerado seco no momento de realização do teste, variando de 1,3 % na camada superficial da área POUSIO a 5,5 % na camada subsuperficial da área de MN1 (Tabela 4).

A área de HORT2 foi a que apresentou a maior infiltração acumulada (78,7 cm) e maior quantidade de reposição (Tabela 5). Tal fato pode ser explicado pela: predominância da fração areia que favorece a formação de macroporos que contribuem para o processo de infiltração; maior teor de COT em subsuperfície (22,68 g/kg) que favorece a formação de agregados mais estáveis e conseqüentemente uma maior porosidade total (51,81 %) (Tabela 3).

Tabela 5. Infiltração acumulada em função do tempo para os agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN.

| Tempo de infiltração (min) | Infiltração acumulada (cm) | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|------|------|-------|-------|--------|
| | MN1 | MN2 | MN3 | HORT1 | HORT2 | POUSIO |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0,1 | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,8 | 1,0 |
| 2 | 0,2 | 1,0 | 1,5 | 2,9 | 5,5 | 1,6 |
| 3 | 0,7 | 1,3 | 2,0 | 3,7 | 6,9 | 2,2 |
| 4 | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 4,3 | 8,1 | 2,6 |
| 5 | 1,2 | 1,7 | 2,8 | 4,9 | 8,6 | 3,2 |
| 10 | 2,3 | 3,0 | 4,0 | 7,2 | 15,1 | 4,9 |
| 20 | 4,3 | 4,8 | 6,1 | 11,6 | 22,5 | 7,5 |
| 30 | 6,0 | 6,3 | 7,4 | 15,0 | 30,5 | 9,4 |
| 45 | 7,8 | 8,2 | 8,7 | 20,4 | 41,7 | 12,7 |
| 60 | 9,3 | 11,3 | 10,1 | 24,2 | 45,2 | 16,3 |
| 90 | 14,4 | 16,3 | 12,2 | 32,5 | 62,3 | 21,9 |
| 120 | 16,5 | 20,0 | 13,8 | 40,0 | 78,7 | 27,8 |

Segundo Klein e Klein (2014), o teor de matéria orgânica independente da fonte e da quantidade aplicada, contribui para uma melhor agregação e coesão das partículas do solo favorecendo assim o processo de infiltração de água. De acordo com Scopel et al (2013) em solos arenosos uma maior quantidade de água pode infiltrar em um curto intervalo de tempo, porém a matéria orgânica é essencial na melhoria da qualidade estrutural nesse tipo de solo.

O ambiente de (HORT1) foi o que apresentou a segunda maior infiltração acumulada (40 cm) seguido do POUSIO, MN2, MN1 e MN3 com 27,8, 20,0, 16,5 e 13,8 cm, respectivamente (Tabela 5). Vale salientar que a MN3 mesmo apresentando predominância da fração areia não conseguiu atingir os mesmos valores de infiltração acumulada da área de HORT2 em virtude da sua profundidade efetiva ser inferior (20 cm), o que influenciou na quantidade de água infiltrada.

As curvas de infiltração de água no solo das áreas estudadas apresentaram um padrão normal, ou seja, a velocidade de infiltração de água no solo é crescente no início do teste e decrescente ao decorrer do tempo (Figura 2).

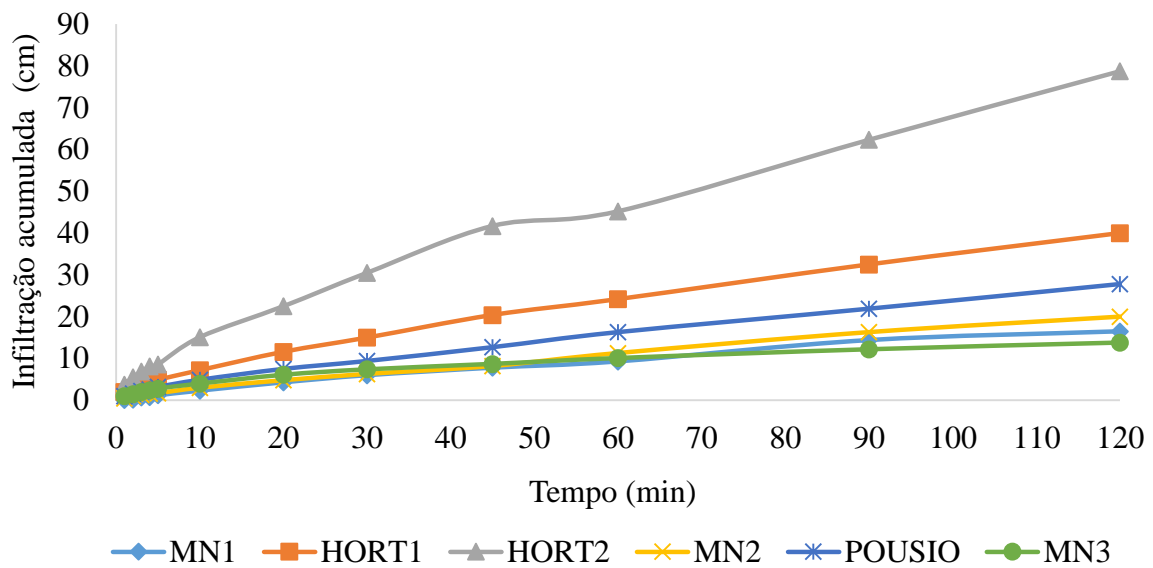


Figura 2. Infiltração acumulada em função do tempo para os perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

A HORT2 apresentou a maior infiltração de água. Os agroecossistemas estudados apresentaram um comportamento de quase estabilização da infiltração, em decorrência da umidade que ocasiona uma menor velocidade de infiltração e consequentemente estabilização da velocidade.

Em relação aos valores de velocidade de infiltração, MN1 apresentou um considerável aumento da velocidade na hora final do teste (de 6 para 30 cm/h) (Tabela 6). Isso pode ter ocorrido em virtude do processo de adensamento do solo em subsuperfície, ocasionado pelo alto teor de argila dispersa em água que o ambiente apresentou (221 g/kg) (Tabela 3) e pela menor estabilidade dos agregados, o que por consequência influenciou diretamente na porosidade total.

Segundo Padrón et al. (2015) a instabilidade dos agregados do solo e a elevada concentração de argila dispersa em água, podem favorecer a diminuição do espaço poroso, exercendo influência direta no processo de infiltração. A presença de impedimentos físicos em profundidade reduz a infiltração de água, exercendo influência direta na velocidade de infiltração (Klein e Klein, 2014).

Tabela 6. Velocidade de infiltração de água no solo em função de tempo para os agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN.

| Tempo de infiltração (min) | Velocidade de infiltração (cm/h) | | | | | |
|----------------------------|----------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | MN1 | MN2 | MN3 | HORT1 | HORT2 | POUSIO |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 30,00 | 30,00 | 60,00 | 120,00 | 228,00 | 60,00 |
| 2 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 54,00 | 102,00 | 36,00 |
| 3 | 30,00 | 18,00 | 30,00 | 48,00 | 84,00 | 36,00 |
| 4 | 6,00 | 18,00 | 24,00 | 36,00 | 72,00 | 24,00 |
| 5 | 24,00 | 6,00 | 24,00 | 36,00 | 30,00 | 36,00 |
| 10 | 13,20 | 15,60 | 14,40 | 27,60 | 78,00 | 20,40 |
| 20 | 12,00 | 10,80 | 12,60 | 26,40 | 44,40 | 15,60 |
| 30 | 10,20 | 9,00 | 7,80 | 20,40 | 48,00 | 11,40 |
| 45 | 7,20 | 7,60 | 5,20 | 21,60 | 44,80 | 13,20 |
| 60 | 6,00 | 12,40 | 5,60 | 15,20 | 14,00 | 14,40 |
| 90 | 30,20 | 10,00 | 4,20 | 16,60 | 34,20 | 11,20 |
| 120 | 28,60 | 7,40 | 3,20 | 15,00 | 32,80 | 11,80 |

Na primeira hora do teste, a HORT2 foi a que apresentou a maior distância percorrida pela água, com uma velocidade que variou de 14 a 228 cm/h (Figura 3). A baixa umidade, a quantidade de macroporos e a estabilidade dos agregados influenciaram na alta velocidade de infiltração durante o início do teste.

O ambiente de POUSIO foi o que apresentou a maior tendência de ocorrer a estabilidade da velocidade de infiltração (11,20 e 11,80 cm/h). Isso pode ser explicado pela microporosidade (em função do incremento da fração argila).

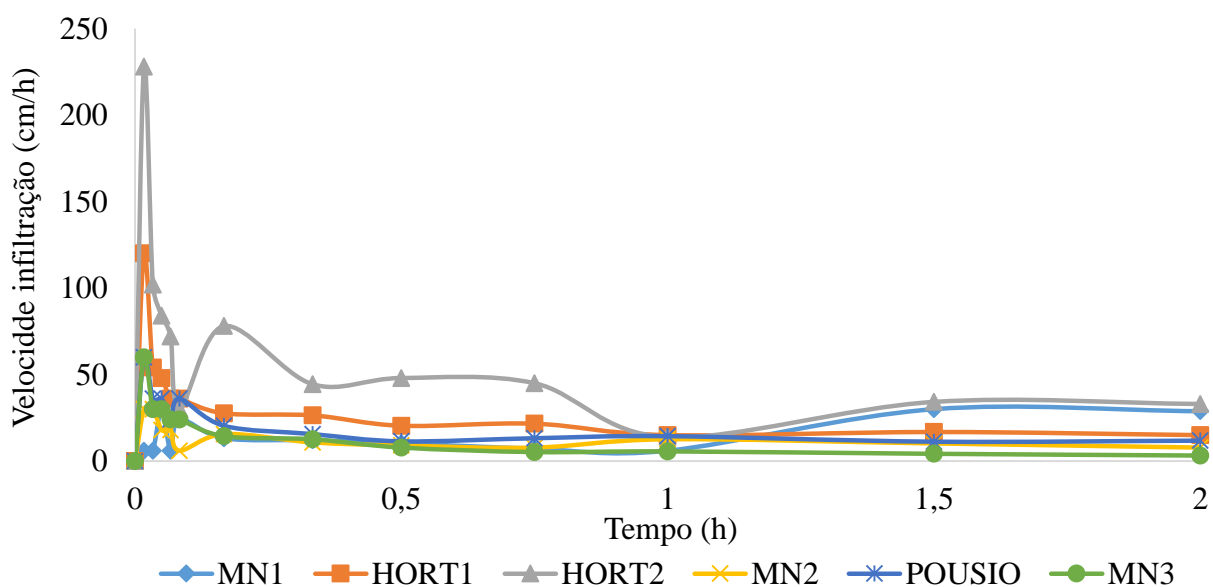


Figura 3. Velocidade de infiltração da água no solo para os perfis de solos do Sítio Poção, Martins/RN.

De acordo com a matriz de correlação, a fração areia apresentou uma correlação alta e negativa com a fração argila e o grau de floculação (Tabela 7), indicando que o aumento do teor de areia ocasiona diminuição no teor de argila e por consequência no grau de floculação, visto que esse está diretamente relacionado com a fração argila. A relação de proporcionalidade direta entre a fração argila e o grau de floculação pode ser confirmada pela correlação alta e positiva entre esses dois fatores.

Tabela 7. Matriz de correlação entre as variáveis físicas e o COT dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN.

| Variáveis | Areia | Silte | Argila | ADA | GF | Dp | Ds | Pt | AGRI>2 mm | COT | U | VIB |
|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------|--------------|-------------|-------|------|
| Areia | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| Silte | 0,04 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| Argila | -0,97 | -0,29 | 1,00 | | | | | | | | | |
| ADA | 0,34 | -0,23 | -0,28 | 1,00 | | | | | | | | |
| GF | -0,93 | -0,14 | 0,93 | -0,58 | 1,00 | | | | | | | |
| Dp | -0,37 | -0,61 | 0,50 | -0,01 | 0,41 | 1,00 | | | | | | |
| Ds | 0,06 | 0,55 | -0,20 | 0,30 | -0,30 | -0,46 | 1,00 | | | | | |
| Pt | -0,03 | -0,65 | 0,20 | -0,28 | 0,26 | 0,66 | -0,89 | 1,00 | | | | |
| AGRI>2 mm | -0,37 | 0,19 | 0,32 | -0,69 | 0,49 | 0,40 | -0,16 | 0,27 | 1,00 | | | |
| COT | 0,37 | 0,58 | -0,49 | -0,15 | -0,34 | -0,60 | 0,14 | -0,37 | -0,15 | 1,00 | | |
| U | -0,07 | -0,17 | 0,10 | 0,53 | -0,11 | 0,04 | 0,58 | -0,45 | -0,32 | -0,37 | 1,00 | |
| VIB | 0,10 | 0,43 | -0,20 | -0,05 | -0,12 | -0,19 | 0,12 | -0,27 | 0,01 | 0,72 | -0,25 | 1,00 |

ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; Pt: porosidade total calculada; AGRI>2 mm - agregados > 2,00 mm estáveis em água; COT: Carbono Orgânico Total; U: umidade gravimétrica; VIB: velocidade de infiltração básica.

A densidade do solo apresentou uma correlação alta e negativa com a porosidade total calculada (Tabela 7), ou seja, à medida que a densidade do solo aumenta a porosidade diminui, evidenciando que essas duas variáveis apresentam uma relação inversa. A densidade de partículas apresentou uma correlação positiva com a porosidade total calculada e correlação negativa com o teor de carbono orgânico total.

Na leitura do dendrograma vertical da análise de agrupamento, o eixo vertical representa a diferença entre os grupos formados, já o eixo horizontal está relacionado com a semelhança dos grupos formados.

Utilizando um nível de homogeneidade de 40 % de dissimilaridade, foram formados três grupos. O primeiro grupo foi formado pela área MN1 na sua camada superficial, e pelas áreas de HORT2 e MN3 em todas as profundidades (Figura 4). A argila dispersa em água e os teores de silte favoreceram esse agrupamento.

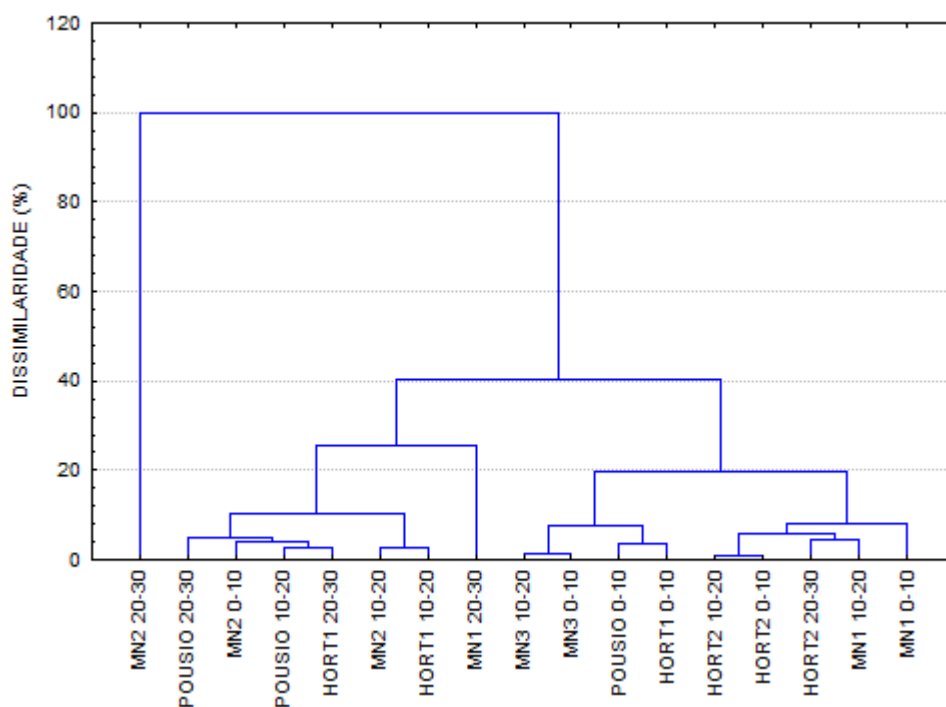


Figura 4. Dendrograma vertical da matriz de distâncias dos agroecossistemas pelo método de agrupamento Ward.

O segundo grupo foi formado pelas áreas de MN1, MN2, HORT1 e POUSIO nas suas camadas subjacentes, indicando que em profundidade as características desses ambientes se assemelham, envolvendo COT, VIB e GF (Figura 4).

O terceiro grupo foi formado somente pela área de MN2 em profundidade, refletindo a diferenciação desse ambiente dos demais, sendo ADA, teor de areia e $AGRI > 2$ mm os atributos que mais influenciaram nessa distinção (Figura 4).

Na análise fatorial foram selecionados os fatores 1, 2 e 3 por atenderem ao critério de autovalores acima de 1, esses três fatores são responsáveis por explicar uma variância total dos dados de 79,83 % (Tabela 8) e possuem relação com o processo de infiltração de água no solo.

O fator 1 explicou 38,05 % da variação total, sendo composto pelos atributos silte, carbono orgânico total e VIB variando juntos e sendo os que apresentaram maior influência da distinção dos agroecossistemas. A textura e estrutura do solo são características importantes no processo de infiltração de água no solo, pois determinam o arranjo do espaço poroso (Santos e Pereira, 2013).

Tabela 8. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físicas e carbono orgânico total dos agroecossistemas do Sítio Poção, Martins/RN.

| Variáveis | Cargas fatoriais ⁽¹⁾ | | |
|-------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|
| | Fator 1 | Fator 2 | Fator 3 |
| | Infiltração de água no solo | | |
| Areia | -0,18 | -0,94 | 0,14 |
| Silte | -0,87 | 0,10 | -0,28 |
| Argila | 0,38 | 0,88 | -0,05 |
| ADA | 0,38 | -0,60 | -0,51 |
| GF | 0,16 | 0,95 | 0,15 |
| Dp | 0,67 | 0,34 | 0,34 |
| Ds | -0,33 | -0,06 | -0,87 |
| Pt | 0,51 | 0,06 | 0,84 |
| AGRI>2 mm | -0,16 | 0,63 | 0,38 |
| COT | -0,85 | -0,28 | 0,11 |
| U | 0,40 | -0,06 | -0,81 |
| VIB | -0,67 | -0,05 | 0,08 |
| Autovalores | 4,57 | 2,67 | 2,34 |
| Variância Total (%) | 38,05 | 22,23 | 19,54 |
| Variância Acumulada (%) | 38,05 | 60,29 | 79,83 |

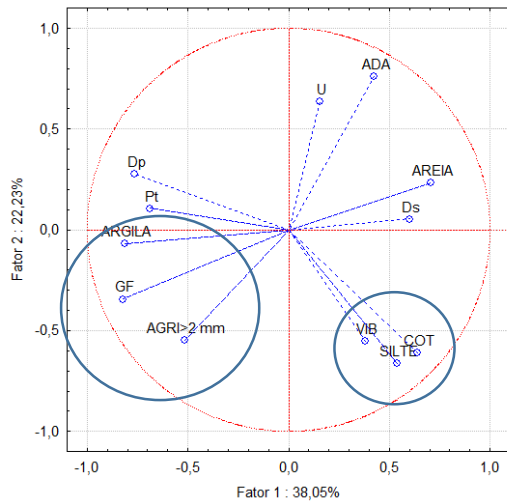
⁽¹⁾ Para fins de interpretação foram consideradas significantes cargas fatoriais $\geq 0,65$.

O fator 2 com 22,23 % da variância total dos dados, é composto pela fração areia, fração argila e grau de floculação. O fator 3 é responsável por explicar 19,54 % da variância total dos dados, sendo composto pelos atributos físicos densidade do solo, porosidade total e umidade gravimétrica (Tabela 8).

Esse último fator (densidade do solo, porosidade total e umidade gravimétrica) está relacionado com a estrutura do solo e representam as forças capilares, responsáveis pela retenção de água, porém quando o solo está seco predomina as forças de adsorção que independem da estrutura do solo, e sim da superfície específica (Silveira et al., 2010).

Por meio dos diagramas de projeção de vetores gerados pela análise dos componentes principais relacionados aos fatores físicos e o carbono orgânico total, é possível perceber que os fatores 1 e 2 são os que mais influenciaram na distinção dos ambientes (figura 5 A,B). As variáveis físicas silte, argila dispersa em água e o grau de floculação, assim como o carbono orgânico total, foram as principais responsáveis na diferenciação dos ambientes, pois são as que mais se aproximam do círculo de correlação. A argila dispersa em água foi muito discriminante para o ambiente de MN2 em profundidade, pois o seu valor de 17 g/kg foi bem inferior quando comparado aos demais agroecossistemas (Tabela 3).

A.



B.

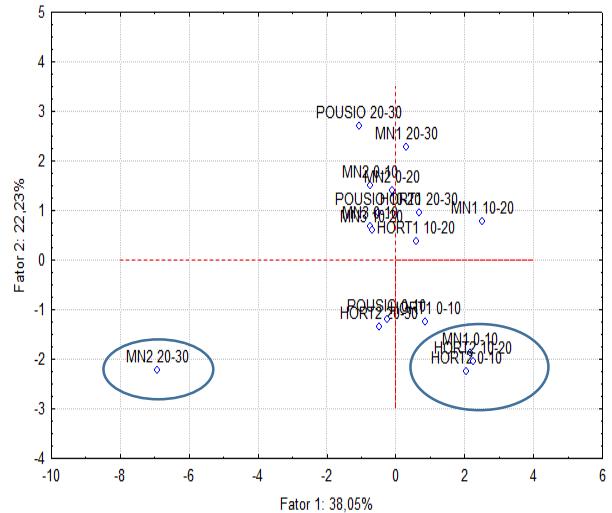


Figura 5. Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (B).

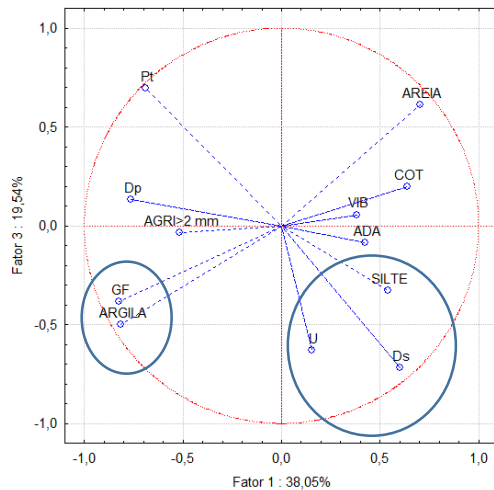
A análise dos diagramas permite discriminar dois ambientes, sendo o fator 1 responsável por explicar 38,05 % da variância acumulada, enquanto que o fator 2 explica 22,23 %, apresentando uma variância acumulada de 60,28 % na distribuição das variáveis escolhidas (figura 5 A,B).

A área de MN1 e HORT2 é discriminada nas suas camadas superficiais (Figura 5B), sendo possível observar que os atributos carbono orgânico total, a fração silte e VIB foram os que mais contribuíram nessa distinção (Figura 5A). Rebouças et al. (2014) também encontraram elevados teores da fração silte em classes de Luvissole e Neossolo. Na área de HORT2 é cultivada hortaliças, com a deposição dos vegetais, o que contribui para que essa área apresente um elevado teor de carbono orgânico total. Em relação a velocidade de infiltração, esses dois agroecossistemas se destacaram dos demais por apresentarem uma alta taxa de infiltração nos minutos finais do teste. (Tabela 4).

O segundo ambiente é discriminado pela área de MN2 em subsuperfície (Figura 5B). Os atributos físicos fração argila, grau de floculação e agregados estáveis em água foram os que mais influenciaram na distinção da MN2 (Figura 5A). Segundo Santos et al. (2018) a classe de solo do agroecossistema (Argissolo) apresentam um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte subsuperficial. Os minerais da fração argila influenciaram para que esse solo apresentasse um elevado grau de floculação e por consequência uma maior estabilidade de agregados.

Em relação aos fatores 1 e 3, observou-se que as variáveis estudadas apresentaram variância acumulada de 57,59 % para os eixos 1 e 3, sendo o fator 1 capaz de explicar 38,05 % dessa variância e o fator 3 19,54 % (Figura 6 A,B).

A.



B.

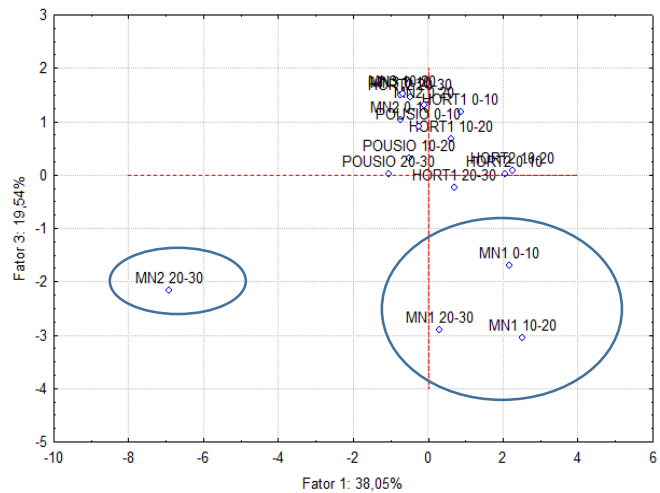


Figura 6. Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 3 (B).

Houve a diferenciação de dois ambientes constituídos dessa vez pela MN1 e a MN2 (Figura 6B). A MN1 é discriminada especialmente pelos atributos físicos densidade do solo, silte e umidade gravimétrica nas três camadas estudadas, enquanto que a MN2 continuou sendo diferenciado apenas na camada subsuperficial, pelos atributos físicos fração argila e grau de flocculação.

4 CONCLUSÕES

As práticas conservacionistas adotadas nas áreas favorecem a manutenção da matéria orgânica e conseqüentemente diminuição das densidades do solo e de partículas, além de manter a agregação nos horizontes superficiais.

Em todos os agroecossistemas, a velocidade de infiltração básica é muito alta, sendo a HORT2 a que apresenta a maior infiltração acumulada.

O carbono orgânico total, a fração silte e velocidade de infiltração básica são os fatores que mais influenciam na distinção entre MN1 e HORT2.

A fração argila, grau de flocculação e agregados estáveis em água contribuem para a diferenciação da MN2 em profundidade.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C.A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M. de.; Sparovek, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- Arcoverde, S. N.S.; Salviano, A. M.; Olszewski, N.; Melo, S. B. de.; Cunha, T. J. F.; Giongo, V.; Pereira, J. S. de. Qualidade física de solos em uso agrícola na Região Semiárida do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 5, p. 1473-1482, 2015.
- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- Czyż, E. A. e Dexter, A. R. Mechanical dispersion of clay from soil into water: readily dispersed and spontaneously-dispersed clay. *International Agrophysics*, v. 29, n. 1, p. 31-37, 2015
- Emparn, Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte. Monitoramento pluviométrico (2018). Disponível em: <http://189.124.130.5:8181/monitoramento/2018/acumulapr.htm>. Acesso em: 15 de jun. 2018.
- Feliciano, C. A.; Lopes, A. W. P.; Silva, M. C. da.; Costa, M. B. B. da.; Ferante, V. L. S. B. Qualidade do solo em sistemas de manejo convencional e orgânico na propriedade da agricultura familiar. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, v. 4, n. 1, Edição Especial, 2018.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. Bookman Editora, 2009. Análise multivariada de dados. Bookman Editora, 2009.
- Jacomine, P.K.T.; Silva, F. B. R. e.; Formiga, R. A.; Almeida, J. C. A.; Beltrão, V. A. de.; Pessôa, S. C. P.; Ferreira, R. C. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: MA-DNEPEA: SUDENE-DRN. 1971. 531 p.
- Klein, C e Klein, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, v.13, n. 5, p. 3915-3925, 2014.
- Libardi, P.L. Dinâmica da água no solo. Ed. 2, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 346 p.
- Marinho, A. C. da C. S.; Portela, J. C.; Silva, E. F. da.; Dias, N. da S.; Sousa Júnior, F. S. de.; Silva, A. C. da.; Silva, J. F. da. Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. *Australian Journal of Crop Science*. v. 10, n. 1, p. 32-41, 2016.

- Minosso, J.; Antoneli, V. e Freitas, A. R. de. Variabilidade sazonal da infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso na região sudeste do Paraná. *Geographia Meridionalis*, v. 03, n. 1, p. 86–103, 2017.
- Padrón, R. A. R., Nogueira, H. M. C. M. de.; Cerquera, R. R.; Albino, G. D.; Nogueira, C. U. Caracterização físico-hídrica do solo argissolo amarelo para estabelecimento de projeto e manejo da irrigação. *Acta Iguazu*, v.4, n. 1, p. 36-47, 2015
- Portela, J. C. Silva, A. C. da.; Silva, S. Y. A. M. da.; Max Oliveira, M. A. S. de.; Silva, F. W. A. da. Argila dispersa em água e grau de floculação em classes de solos. DOI <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00288>
- Rebouças, C. A. M.; Portela, J. C.; Sobrinho, F. E. S.; Cavalcante, J. S. J.; Silva, M. L. N. do.; Gondim, J. E. F. Caracterização física, química e morfológica do solo em várzea do município de Florânia, RN. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 10, n. 1, p. 134-142, 2014.
- Rodrigues, M.; Rabêlo, F. H. S.; Castro, H. A. de.; Roboredo, D. R.; Carvalho, M. A. C. de.; Roque, C. G. Cultivo mínimo é o sistema recomendado para introdução da *Brachiaria brizantha* em Latossolo na Amazônia. *Amazonian journal of agricultural and environmental sciences/revista de ciências agrárias*, v. 61, n. 1, p. 1-7, 2018.
- Rosseti, K. de V.; Teixeira, D. D. B.; Reis, I. M. S.; Centurion, J. F. Agregação de um Latossolo em função de diferentes ciclos de cultivo de cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. *Revista Agro@ambiente*, v. 8, n. 1, p. 10-17, 2014.
- Sá Paye, H., Mello, J. W. V. de.; Melo, S. B. de. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos traço em solos. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 36, n. 3, p. 1031-1041, 2012.
- Sales, R. P.; Portugal, A. F.; Moreira, J. A. A.; Kondo, M. K.; Pegoraro, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.
- Santos, J. N.; Pereira, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. *Cadernos de Pesquisa*, São Luís, v. 20, p. 63-71, 2013.
- Scopel, I.; Sousa, M. S.; Martins, A. P. Infiltração de água e potencial de uso de solos muito arenosos nos Cerrados (savanas) do Brasil. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 33, n. 2, p. 203-219, 2013.
- Silva, N. F.; Cunha, F. N.; Filho, F. R. C.; Morais, W. A.; Cunha, E. S.; Roque, R. C.; Alves, D. K. M.; Teixeira, M. B. Métodos para estimativa da infiltração de água em um Latossolo sob plantio direto e convencional. *Global Science Technology*, v.10, n.1, p.169-176, 2017.

- Silva, N. F. da.; Cunha, F. N.; Oliveira, R. C. de.; Cabral Filho, F. R.; Teixeira, M. B.; Carvalho, J. J. Características físico-hídricas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.8, n. 5, p.375 - 390, 2014.
- Silveira, D. C. de.; Melo Filho, J. F. de.; Sacramento, J. A. A. S. do.; Silveira, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.
- Souza, B. I. de e Martins, V. L. Infiltração da água em solos de zona semiárida e sua relação com os processos de desertificação. *Boletim Gaúcho de Geografia*, v. 39, n. 1, p. 25-40, 2012.
- StatSoft, Inc. (2004). *STATISTICA* (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.
- Thomazini, A.; Azevedo, H. C. A. de.; Mendonça, E. S. de. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 7, n. 2, p. 150-159, 2012.
- Vieira José, J.; Rezende, R.; Freitas, P. S. L. de.; Hongyu, K.; Perboni, A.; Marques, P. A. A. M.; Santos, C. T. dos.; Coelho, R. D. Análise multivariada e geoestatística de variáveis físico-hídricas de diferentes solos. *Water Resources and Irrigation Management*, v.2, n.3, p.121-129, 2013.
- Yeomans, J. C. e Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, v.19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.
- Yoder, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of the American Society of Agronomy*., v. 28, n. 5, p 337-351, 1936.

CAPÍTULO III - RETENÇÃO DE ÁGUA EM CLASSES DE SOLO SOB USOS AGRÍCOLAS NO SEMIÁRIDO, MARTINS-RN

RESUMO: Conforme as variações de pedogênese, os solos apresentam diferentes dinâmicas e armazenamento de água, que também podem ser influenciadas pelo manejo do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a retenção de água e suas inter-relações com os atributos do solo em classes uso no município de Martins-RN, utilizando a estatística multivariada para evidenciar os atributos mais sensíveis na diferenciação dos ambientes. Foram realizadas coletas de amostras deformadas e indeformadas em nove perfis, nos seus respectivos horizontes, envolvendo as classes: Neossolo Flúvico (Perfis um e três) e Litólico (Perfis seis e nove); Cambissolo Háptico (Perfil dois); Luvisolo Crômico (Perfil quatro); Planossolo Háptico (Perfis cinco e oito) e Argissolo Vermelho-Amarelo (Perfil sete). Os solos dos perfis um e três são utilizados para plantação de feijão, milho, jerimum, no ambiente do perfil dois ocorre a retirada de material para confecção de louças, nos solos dos perfis cinco e seis é realizada a plantação de hortaliças, enquanto que nos perfis quatro, sete e nove a vegetação é nativa. As análises constituíram de atributos físicos, como: granulometria, densidade do solo, porosidade total determinada e de aeração, macroporosidade e microporosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível e a curva de retenção de água no solo; e químicos: pH em água, fósforo e carbono orgânico total. A manutenção da matéria orgânica proporcionou redução dos valores de densidade do solo e aumento dos teores de fósforo. A granulometria, assim como as práticas de manejo do solo, possui influência direta no processo de retenção e distribuição de água no solo. Os Neossolos Flúvicos são os solos que mais retém água em suas camadas superficiais, já o Argissolo Vermelho-Amarelo retém mais água nas camadas subsuperficiais. Os atributos estruturais umidade a base de massa e de volume, microporosidade, porosidade total determinada e porosidade de aeração, são os mais sensíveis na distinção dos ambientes formados nas áreas de estudo.

Palavras-chave: Textura. Manejo. Estrutura. Multivariada.

CHAPTER III - WATER RETENTION IN SOIL CLASSES UNDER SEMI-ARID USES, MARTINS-RN

ABSTRACT: Depending on pedogenesis variations, soils have different dynamics and water storage, which may also be influenced by soil management. The present work aimed to evaluate the soil water retention and the factors that influence it in different soil classes of the

municipality of Martins-RN, using multivariate statistics to highlight the most sensitive attributes in the differentiation of environments. Samples of deformed and undeformed samples were collected in nine profiles, in their respective horizons, involving the classes: Neossolo Flúvico/Aeric Fluvaquents (Profiles one and three) and Litólico/ Lithic Udipsamments (Profiles six and nine); Cambissolo Háplico/Aquic Haplustepts (Profile Two); Luvisso solo Crômico/Rhodic Kanhaplustalfs (Profile four); Planossolo Háplico/Rhodic Kanhaplustalfs (Profiles five and eight) and Argissolo Vermelho-Amarelo/Typic Kanhaplustults (Profile seven). The soils of profiles one and three are used for planting beans, corn, jerimum, in the environment of profile two occurs the removal of material to make dishes, in the soils of profiles five and six is planted vegetables, while in the profiles four, seven and nine vegetation is native. The analyzes consisted of physical attributes such as: granulometry, soil density, total and aerated porosity, macroporosity and microporosity, field capacity, permanent wilting point, available water and soil water retention curve; and chemicals: pH in water, phosphorus and total organic carbon. The maintenance of organic matter reduced soil density values and increased phosphorus contents. Granulometry, as well as management practices, has a direct influence on the retention and distribution process of soil water. Neossolos Flúvicos are the soils that retain more water in their superficial layers, whereas the Argissolo Vermelho-Amarelo retains more water in the subsurface layers. The structural attributes mass and volume moisture, microporosity, total determined porosity and aeration porosity are the most sensitive in distinguishing the environments formed in the study areas.

Keywords: Texture. Management. Structure. Multivariate.

1 INTRODUÇÃO

O solo é um sistema natural aberto que permite a troca de matéria e energia, sendo considerado um fator de crescimento vegetal complexo e que é composto por vários outros fatores como: físicos, químicos e biológicos (Souza et al., 2019). Dentre os fatores físicos, a textura e a estrutura do solo são as propriedades que mais influenciam na capacidade do solo de reter e conduzir a água (Silva, Benevenuto e Melo, 2017).

Em um solo bem estruturado a proporção entre os macro e microporos permite a penetração das raízes, bem como, favorece a dinâmica de água no solo. Esse processo é dependente da evolução pedogenética do solo, dos atributos do mesmo, assim como, da ação antrópica, que podem contribuir tanto para a degradação quanto para a preservação e recuperação (Souza et al., 2019).

Do ponto de vista da física do solo, a estrutura é um atributo dinâmico, modificável por meio de condições pedogenéticas e antrópicas e, portanto, requer uma abordagem integrada. Desse modo, a curva característica de retenção de água no solo é um atributo físico-hídrico relacionado ao armazenamento de água e ao desenvolvimento das plantas (Souza et al., 2014) e tem sido utilizada como importante ferramenta na avaliação da estrutura do solo e nas tomadas de decisões agronômicas (Silva et al., 2018).

As variações existentes entre as curvas de retenção de água no solo estão relacionadas às características intrínsecas como: mineralogia, textura, agregação das partículas, quantidade de matéria orgânica, manejo do solo e dos cultivos agrícolas. Assim, informações sobre a retenção de água é essencial para a conservação do solo (Maia, Bufon e Leão, 2018).

O conteúdo de água retido no solo em um determinado potencial matricial é dependente da sua estrutura, da distribuição dos poros e da densidade do solo, onde os fenômenos de capilaridade possuem maior importância, porém quando há a predominância dos fenômenos de adsorção esta é dependente da textura e conseqüentemente da área superficial específica das partículas do solo (Costa et al., 2016)

Como o tamanho das partículas do solo, a composição mineralógica e o teor de matéria orgânica são bastante variáveis de acordo com a litologia, altitude e clima, os estudos devem relacionar a retenção e a disponibilidade de água com as demais propriedades do solo de acordo com as particularidades locais (Costa et al., 2013).

O semiárido brasileiro abrange cerca de 90 % da região Nordeste, apresentando padrão climático com baixos índices de precipitação pluvial e altas taxas de evapotranspiração (Silva et al., 2018). Porém no Rio Grande do Norte existem formações serranas que apresentam condições edafoclimáticas que se diferem das predominantes no estado, apresentando solos mais ácidos e clima mais ameno (Farias et al., 2018), é o caso do município de Martins.

Conforme as variações de pedogênese, os solos apresentam diferentes dinâmicas e armazenamento de água (Serafim et al., 2013), que também podem ser influenciadas pelo manejo do solo.

As inter-relações entre os atributos físico-hídricos e químicos do solo podem ser analisadas utilizando-se técnicas de estatística multivariada que permite a identificação de ambientes com características semelhantes. Essa forma de interpretação melhora a compreensão dos diferentes processos que ocorrem no solo (Arcoverde et al., 2015).

Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a retenção de água no solo e os fatores que a influenciam em diferentes classes de solo do município de Martins-RN, utilizando a estatística multivariada para evidenciar os atributos mais sensíveis na diferenciação dos ambientes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Sítio Poção localizado no município de Martins-RN que abrange uma área de 169,47 km² (Figura 1) e que se encontra inserido na mesorregião do Oeste Potiguar e na microrregião de Umarizal, nas coordenadas geográficas: 6° 05' 16'' de latitude Sul e 37° 54' 40'' de longitude Oeste. Seu relevo compreende o planalto da Borborema e a Depressão Sertaneja. A região apresenta índices pluviiais médios de 1127 mm por ano e temperatura média de 24,2 °C (Emparn, 2018). O clima é do tipo Aw, tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono (Alvares et al., 2013).

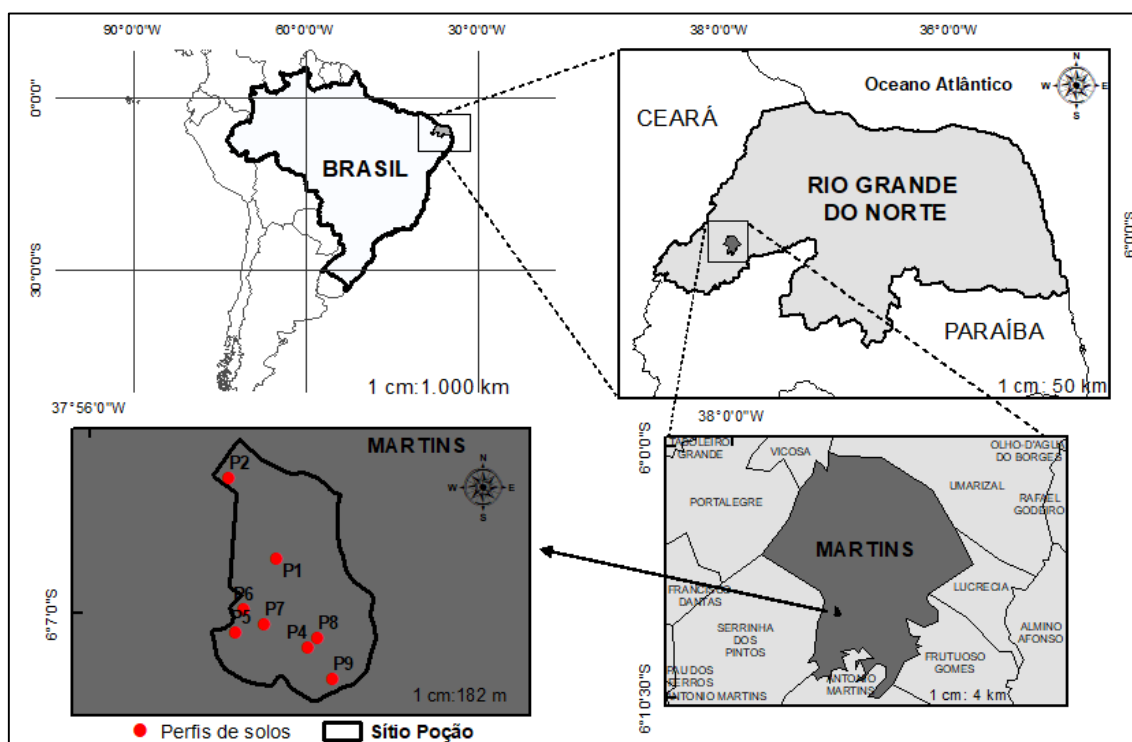


Figura 1. Localização da área de estudo: Sítio Poção no Município Martins, Rio Grande do Norte, Brasil.

A vegetação que abrange o planalto da Serra do Martins é do tipo floresta subcaducifolia, apresentando contraste com a vegetação hiperxerofila existente na depressão sertaneja (Jacomine, 1971). Foram selecionadas nove áreas representadas pelas classes e usos do solo (Tabela 1). Os perfis de solo foram coletados em todos os seus horizontes de acordo com Santos et al. (2013). Foram coletadas amostras indeformadas e deformadas em todos os horizontes.

Tabela 1. Usos, classes e localização das áreas de estudo.

| Usos | Classes | Localização |
|--|--|---------------------------------|
| No período seco ocorre o plantio de culturas como feijão, milho, jerimum, no período chuvoso é utilizado para plantação de hortaliças na cota mais alta do terreno. A produção é comercializada na cidade. O solo é manejado com o preparo mínimo. | NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico – P1 | 06°06'53,7" S 037°55'38,6" W |
| Área onde é realizada a coleta de material para a confecção de louça de barro, sendo fonte de renda para as famílias. | CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico – P2 | 06°06'44,4" S 037°55'44" W |
| Ambiente com histórico de cultivo de culturas como feijão, milho, jerimum, no período seco com preparo mínimo. A produção é comercializada na cidade. | NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico – P3 | 06°06'59" S 037°55'35,5" W |
| Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores. | LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico – P4 | 06°07'03,7" S 037°55'35" W |
| Área onde ocorre o preparo mínimo do solo envolvendo curvas de nível para o controle do processo erosivo com posterior plantação de hortaliças que são comercializadas na cidade e bastante utilizada no negócio local (Restaurante Bela Vista). | PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico – P5 | 06°07'02,1" S 037°55'43,3" W |
| Área onde ocorre o preparo mínimo do solo envolvendo curvas de nível para o controle do processo erosivo com posterior plantação de hortaliças que são comercializadas na cidade e bastante utilizada no negócio local (Restaurante Bela Vista). | NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico – P6 | 06°06'59,4" S 037°55'42,4" W |
| Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores. | ARGISSOLO VERMELHO- AMARELO Eutrófico típico – P7 | 06°07'01,1" S 037°55'40" W |
| Área atualmente em pousio sendo preparada para uso futuro com plantação de milho, fava, macaxeira e jerimum). | PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico – P8 | 06°07'02,6" S 037°55'33,9" W |
| Ambiente de vegetação nativa, preservada pelos agricultores. | NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico – P9 | 06°07'07,3" S 037°55'32,3" W |

Para a coleta das amostras indeformadas foram utilizados anéis volumétricos (com dimensões: 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro), totalizando 330 amostras (10 amostras x 33 horizontes). As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 2 mm, com a finalidade de adquirir a terra fina seca ao ar (TFSA), seguindo metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Utilizando-se as amostras deformadas, com três repetições no laboratório, foram realizadas: granulometria utilizando o método da pipeta, por meio da adição de dispersante químico (hexametáfosfato de sódio) e água destilada em 20 g de (TSFA), com agitação mecânica lenta em agitador (Tipo Wagner 50 rpm) por 16 horas (Teixeira et al., 2017); pH em água; extração

de P disponível com Mehlich-1 e determinação dos teores por colorimetria, seguindo a metodologia de Teixeira et al., (2017) e carbono orgânico total (COT) com determinação por meio da titulação do dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ remanescente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida (Yeomans e Bremner 1988).

Com a utilização das amostras indeformadas foram determinadas: curva de retenção de água, densidade do solo, porosidade total determinada e de aeração, macroporosidade, microporosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, umidade a base de massa e de volume e teor de água disponível.

Para obtenção das curvas de retenção foram utilizadas as tensões de: 2, 6, 10, 33, 50, 100, 300, 500 e 1500 kPa. As curvas foram ajustadas com base na equação de van Genuchten (1980), por meio do software Soil Water Retention Curve (SWRC) versão 3.0 beta (Dourado Neto et al., 2001). As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Física e Manejo do Solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

A análise estatística dos atributos físico-hídricos e químicos dos solos estudados foi realizada por meio de técnicas de análise multivariada com utilização do software Statistica 7.0 (StatSoft, 2004). A correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) para as 16 variáveis garantiu que esses atributos possuíssem correlações mínimas que pudessem justificar o seu uso na matriz de dados. A matriz de correlação estabeleceu um padrão para os resultados analíticos para a aplicação de técnicas multivariadas como Análise de Agrupamento (AA), Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP) (Hair et al., 2009).

A análise de agrupamento (AA) foi representada pelo dendrograma vertical da matriz pelo método de rotação Ward, com a utilização de uma medida de similaridade e a adoção de uma distância euclidiana. Na análise fatorial, os eixos foram rotacionados pelo método Varimax, sendo extraídos os fatores que apresentaram um autovalor acima de 1, considerando significativas as fatoriais com valor acima de 0,65 (Hair et al., 2009).

Para a análise dos componentes principais foram confeccionados quatro diagramas (Fator 1 e 2, Fator 3 e 4) para os atributos físico-hídricos e químicos. Com fundamentação nesses dados foram criados dois diagramas bidimensionais para a distinção das áreas e dois diagramas de projeção de vetores para a verificação dos atributos do solo sensíveis na diferenciação da área de estudo (Hair et al., 2009).

As variáveis envolvidas constaram de: pH (H₂O), fósforo, carbono orgânico total, areia, silte, argila, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível, densidade do solo, umidade a base de massa e de volume, microporosidade, macroporosidade, porosidade total determinada e porosidade de aeração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos atributos físicos das classes de solos das áreas de estudo, percebe-se que com exceção do horizonte diagnóstico do Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (Perfil 7 Bt), a fração areia predomina em relação as frações silte e argila (Tabela 2), com teores que variaram de 390 a 730 g/kg. Segundo Rêgo et al., (2016), durante o processo de formação da classe dos Argissolos, ocorre a translocação da fração argila em subsuperfície.

Tabela 2. Atributos físicos, estruturais e químicos em classes de solos, Martins/RN.

| Hor./Prof. cm | Areia g/kg | Silte g/kg | Arg. g/kg | Ds g/cm ³ | U g/g | θ cm ³ /cm ³ | Ptdert. | Microp. % | Macrop. % | Pareação | CC cm cm ⁻³ | PMP cm cm ⁻³ | AD cm cm ⁻³ | pH (H ₂ O) | P mg/kg | COT g/kg |
|---|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------|---------------------------------------|---------|--------------|--------------|----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------|-------------|
| Perfil 1- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ap (0-15) | 390 | 340 | 270 | 1,20 | 0,41 | 0,39 | 64 | 47 | 17 | 27 | 0,34 | 0,11 | 0,23 | 4,32 | 30,68 | 34,63 |
| 2C1 (15-34) | 600 | 210 | 190 | 1,20 | 0,18 | 0,18 | 51 | 26 | 25 | 14 | 0,28 | 0,10 | 0,18 | 3,98 | 55,34 | 17,91 |
| 2C2(34-55) | 620 | 210 | 170 | 1,20 | 0,17 | 0,20 | 44 | 27 | 17 | 16 | 0,27 | 0,09 | 0,18 | 4,30 | 83,80 | 16,72 |
| 3C3 (55-65) | 620 | 180 | 200 | 1,60 | 0,14 | 0,23 | 49 | 29 | 20 | 18 | 0,28 | 0,10 | 0,18 | 4,74 | 77,30 | 10,77 |
| 3C4 (65-85) | 620 | 150 | 230 | 1,60 | 0,18 | 0,28 | 48 | 34 | 13 | 20 | 0,28 | 0,11 | 0,17 | 5,03 | 62,06 | 7,95 |
| Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 620 | 160 | 220 | 1,40 | 0,19 | 0,27 | 64 | 36 | 28 | 21 | 0,21 | 0,11 | 0,11 | 5,30 | 107,34 | 23,10 |
| AB (10-21) | 640 | 160 | 200 | 1,10 | 0,17 | 0,18 | 46 | 25 | 21 | 16 | 0,21 | 0,10 | 0,11 | 5,50 | 114,06 | 19,48 |
| BA (21-40) | 620 | 160 | 220 | 1,40 | 0,18 | 0,25 | 60 | 34 | 26 | 20 | 0,21 | 0,11 | 0,11 | 4,93 | 61,84 | 11,92 |
| B (40-60) | 600 | 170 | 230 | 1,50 | 0,16 | 0,25 | 49 | 32 | 16 | 19 | 0,22 | 0,11 | 0,11 | 4,91 | 48,39 | 8,36 |
| Perfil 3- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 380 | 390 | 230 | 1,20 | 0,19 | 0,22 | 44 | 26 | 18 | 15 | 0,34 | 0,09 | 0,25 | 6,40 | 186,24 | 45,73 |
| A2 (10-20) | 630 | 210 | 160 | 1,60 | 0,15 | 0,24 | 55 | 32 | 22 | 20 | 0,27 | 0,09 | 0,18 | 4,87 | 149,03 | 21,53 |
| AC (20-50) | 630 | 180 | 190 | 1,20 | 0,14 | 0,17 | 49 | 24 | 24 | 17 | 0,27 | 0,10 | 0,18 | 5,22 | 100,84 | 5,83 |
| Perfil 4 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 590 | 280 | 130 | 1,50 | 0,25 | 0,30 | 60 | 41 | 20 | 28 | 0,19 | 0,08 | 0,11 | 5,50 | 112,05 | 27,04 |
| AB (10-20) | 620 | 230 | 150 | 1,60 | 0,22 | 0,29 | 55 | 41 | 14 | 25 | 0,19 | 0,08 | 0,11 | 5,10 | 96,36 | 16,66 |
| BA (20-33) | 490 | 210 | 290 | 1,50 | 0,23 | 0,26 | 52 | 36 | 16 | 23 | 0,24 | 0,12 | 0,12 | 4,82 | 23,06 | 10,83 |
| Bt (33-57) | 490 | 200 | 310 | 1,60 | 0,23 | 0,25 | 53 | 32 | 21 | 22 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 5,11 | 8,51 | 8,34 |
| Perfil 5 – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (0-10) | 660 | 220 | 120 | 1,20 | 0,21 | 0,24 | 60 | 30 | 30 | 22 | 0,25 | 0,07 | 0,18 | 6,70 | 199,54 | 35,82 |
| A2 (10-32) | 660 | 180 | 160 | 1,30 | 0,15 | 0,20 | 49 | 25 | 23 | 16 | 0,26 | 0,09 | 0,17 | 6,34 | 197,71 | 30,48 |
| A3 (32-44) | 630 | 190 | 180 | 1,40 | 0,16 | 0,23 | 53 | 30 | 23 | 19 | 0,28 | 0,11 | 0,18 | 5,16 | 21,01 | 14,97 |
| BA (44-64) | 710 | 150 | 140 | 1,70 | 0,10 | 0,17 | 44 | 22 | 21 | 16 | 0,24 | 0,08 | 0,17 | 4,46 | 27,05 | 10,42 |
| B (64-100) | 630 | 140 | 230 | 1,40 | 0,13 | 0,18 | 49 | 24 | 25 | 16 | 0,28 | 0,11 | 0,17 | 4,78 | 5,28 | 9,58 |
| Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 (0-28) | 630 | 240 | 130 | 1,40 | 0,14 | 0,19 | 55 | 22 | 33 | 17 | 0,26 | 0,08 | 0,18 | 6,35 | 233,19 | 43,74 |
| A2 (28-44) | 640 | 210 | 150 | 1,20 | 0,23 | 0,28 | 64 | 34 | 30 | 21 | 0,26 | 0,08 | 0,18 | 6,17 | 170,93 | 22,68 |
| CR (44-90) | 700 | 150 | 150 | 1,60 | 0,14 | 0,23 | 51 | 30 | 21 | 18 | 0,25 | 0,08 | 0,17 | 5,80 | 83,02 | 9,54 |

Continuação Tabela 2. Atributos físicos, estruturais e químicos em classes de solos, Martins/RN.

| Hor./Prof. | Areia | Silte | Arg. | Ds | U | θ | Ptdert. | Microp. | Macrop. | Pareação | CC | PMP | AD | pH (H ₂ O) | P | COT |
|--|-------|-------|------|-------------------|------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------|------|---------------------|------|-----------------------|--------|-------|
| cm | g/kg | | | g/cm ³ | g/g | cm ³ /cm ³ | | % | | | | cm cm ⁻³ | | | mg/kg | g/kg |
| Perfil 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-10) | 600 | 190 | 210 | 1,20 | 0,19 | 0,21 | 47 | 29 | 18 | 21 | 0,21 | 0,10 | 0,11 | 4,33 | 2,72 | 15,27 |
| BA (10-20) | 650 | 180 | 170 | 1,20 | 0,18 | 0,20 | 50 | 28 | 23 | 20 | 0,20 | 0,09 | 0,11 | 4,71 | 6,97 | 14,78 |
| Bt (20-50) | 200 | 190 | 610 | 1,20 | 0,28 | 0,27 | 56 | 33 | 23 | 21 | 0,36 | 0,22 | 0,14 | 4,38 | 0,72 | 4,48 |
| BC (50-75) | 250 | 180 | 570 | 1,20 | 0,29 | 0,31 | 60 | 44 | 16 | 25 | 0,34 | 0,21 | 0,13 | 4,30 | 1,34 | 4,03 |
| Perfil 8 - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-6) | 670 | 230 | 100 | 1,30 | 0,22 | 0,26 | 56 | 41 | 16 | 22 | 0,24 | 0,07 | 0,17 | 5,28 | 185,12 | 21,52 |
| BA (6-23) | 610 | 200 | 190 | 1,30 | 0,22 | 0,25 | 53 | 36 | 17 | 24 | 0,27 | 0,10 | 0,18 | 4,92 | 74,55 | 11,21 |
| B (23-43) | 640 | 160 | 200 | 1,30 | 0,22 | 0,25 | 55 | 35 | 21 | 24 | 0,27 | 0,10 | 0,17 | 5,22 | 62,64 | 10,77 |
| CR (43-60) | 730 | 130 | 140 | 1,30 | 0,18 | 0,22 | 56 | 31 | 25 | 21 | 0,24 | 0,07 | 0,16 | 5,24 | 65,16 | 7,18 |
| Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A (0-20) | 700 | 190 | 110 | 1,30 | 0,15 | 0,19 | 48 | 28 | 20 | 19 | 0,24 | 0,07 | 0,17 | 5,40 | 16,25 | 12,90 |

Arg.: argila; Ds: densidade do solo; U: umidade a base de massa; θ : umidade a base de volume; Ptd.: porosidade total determinada; Mic.: microporosidade; Mac.: macroporosidade; Paer.: porosidade de aeração; CC: capacidade de campo; PMP: ponto de murcha permanente; AD: água disponível; pH (H₂O): potencial hidrogeniônico; P: fósforo; COT: Carbono Orgânico Total.

A densidade do solo variou de 1,20 a 1,70 g/cm³ (Tabela 2), esses valores podem estar relacionados ao aporte de carbono orgânico que melhora a agregação do solo, promovendo a redução da sua densidade. Para Sales et al., (2016), o sistema de preparo mínimo, com preservação da estrutura, mantém a agregação do solo. A porosidade total determinada apresentou valores que variaram de 44 a 64%, possuindo uma relação inversa com os valores de densidade do solo (Arcoverde et al., 2015).

Foram encontrados valores de porosidade de aeração variando de 14 a 28 %, em virtude do incremento da fração argila (Tabela 2). Resultados semelhantes também foram encontrados por Silva et al., (2018), quando estudaram a retenção de água em solos do semiárido brasileiro. Geralmente, condições físicas favoráveis ao desenvolvimento das plantas envolvem uma porosidade de aeração no mínimo de 10 %, pois abaixo desse valor a difusão do oxigênio é limitante (Mota et al., 2017).

O incremento das frações inorgânicas silte e argila foi responsável pelos valores mais expressivos de microporosidade, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, e umidade a base de massa e de volume, o que indica uma inter-relação entre esses atributos. Os teores da fração areia e os valores de porosidade total determinada foram os responsáveis pela porcentagem de macroporos (Tabela 2).

Todos os horizontes apresentaram reação ácida, com valores de pH (H₂O) variando de 3,98 a 6,70. As práticas conservacionistas de incremento de resíduos vegetais e animais,

contribuíram para que os solos das áreas de estudo apesar de estarem inseridos na região semiárida, apresentassem um elevado aporte de carbono orgânico total (12,90 a 45,73 g/kg). O mesmo ocorreu para os teores de fósforo (8,51 a 199,54 g/kg) que se mantiveram elevados em virtude das práticas de preparo mínimo (Tabela 2.)

Em relação a curva característica de água no solo, os Neossolos (perfis 1, 3, 6 e 9), apresentaram similaridade quanto a umidade de saturação e retenção de água, exceto para as camadas superficiais nos perfis 1 e 3 que obtiveram maiores retenções (0,4183 e 0,4137 cm cm⁻³, respectivamente) (Tabela 3). Com base na análise dos componentes principais (Figura 7), nesse caso, o carbono orgânico total explica as maiores retenções de água em superfície, além da umidade à base de massa e volume, o teor de silte, microporosidade e água disponível.

Em condições de solos de textura arenosa e principalmente no Semiárido, a matéria orgânica torna-se um componente fundamental, principalmente em função das cargas elétricas com potencial de retenção de água e disponibilidade de nutrientes (Klein e Klein, 2015).

Tabela 3. Parâmetros das curvas de retenção de água dos Neossolos.

| Hor./Prof, cm | θ_r | θ_s | α | n | m |
|---|---------------------|------------|----------|--------|--------|
| | cm cm ⁻³ | | | | |
| Perfil 1- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | |
| Ap (0-15) | 0,0734 | 0,4183 | 0,0131 | 1,4240 | 0,2978 |
| 2C1 (15-34) | 0,0578 | 0,3871 | 0,0259 | 1,3623 | 0,2629 |
| 2C2(34-55) | 0,0544 | 0,3856 | 0,0272 | 1,3707 | 0,2704 |
| 3C3 (55-65) | 0,0592 | 0,3850 | 0,0273 | 1,3503 | 0,2594 |
| 3C4 (65-85) | 0,0635 | 0,3840 | 0,0273 | 1,3271 | 0,2465 |
| Perfil 3- NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico | | | | | |
| A1 (0-10) | 0,0630 | 0,4137 | 0,0101 | 1,4815 | 0,3250 |
| A2 (10-20) | 0,0526 | 0,3851 | 0,0280 | 1,3754 | 0,2729 |
| AC (20-50) | 0,0576 | 0,3843 | 0,0279 | 1,3559 | 0,2625 |
| Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico | | | | | |
| A1 (0-28) | 0,0471 | 0,3857 | 0,0280 | 1,3909 | 0,2810 |
| A2 (28-44) | 0,0508 | 0,3847 | 0,0288 | 1,3805 | 0,2756 |
| CR (44-90) | 0,0517 | 0,3806 | 0,0319 | 1,3957 | 0,2835 |
| Perfil 9 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico | | | | | |
| A (0-20) | 0,0444 | 0,3837 | 0,0343 | 1,4216 | 0,2966 |

A contribuição da matéria orgânica na retenção de água pode ser de maneira direta em razão das cargas dependentes do pH e da elevada área superficial específica ou indireta, como agente agregante das partículas do solo contribuindo na estrutura e porosidade (Klein e Klein, 2015).

Na Figura 2, encontram-se representados os gráficos correspondentes à curva de retenção de água dos Neossolos, nos seus respectivos horizontes, Perfis (P): P1 - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico; P3 - Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico; P6 - Neossolo Litólico Chernossólico típico e P9 - Neossolo Litólico Eutrófico típico.

É possível perceber que existe uma similaridade entre as entre as curvas de retenção de água para os perfis de Neossolos (Figura 2), com pequenas variações nas tensões aplicadas.

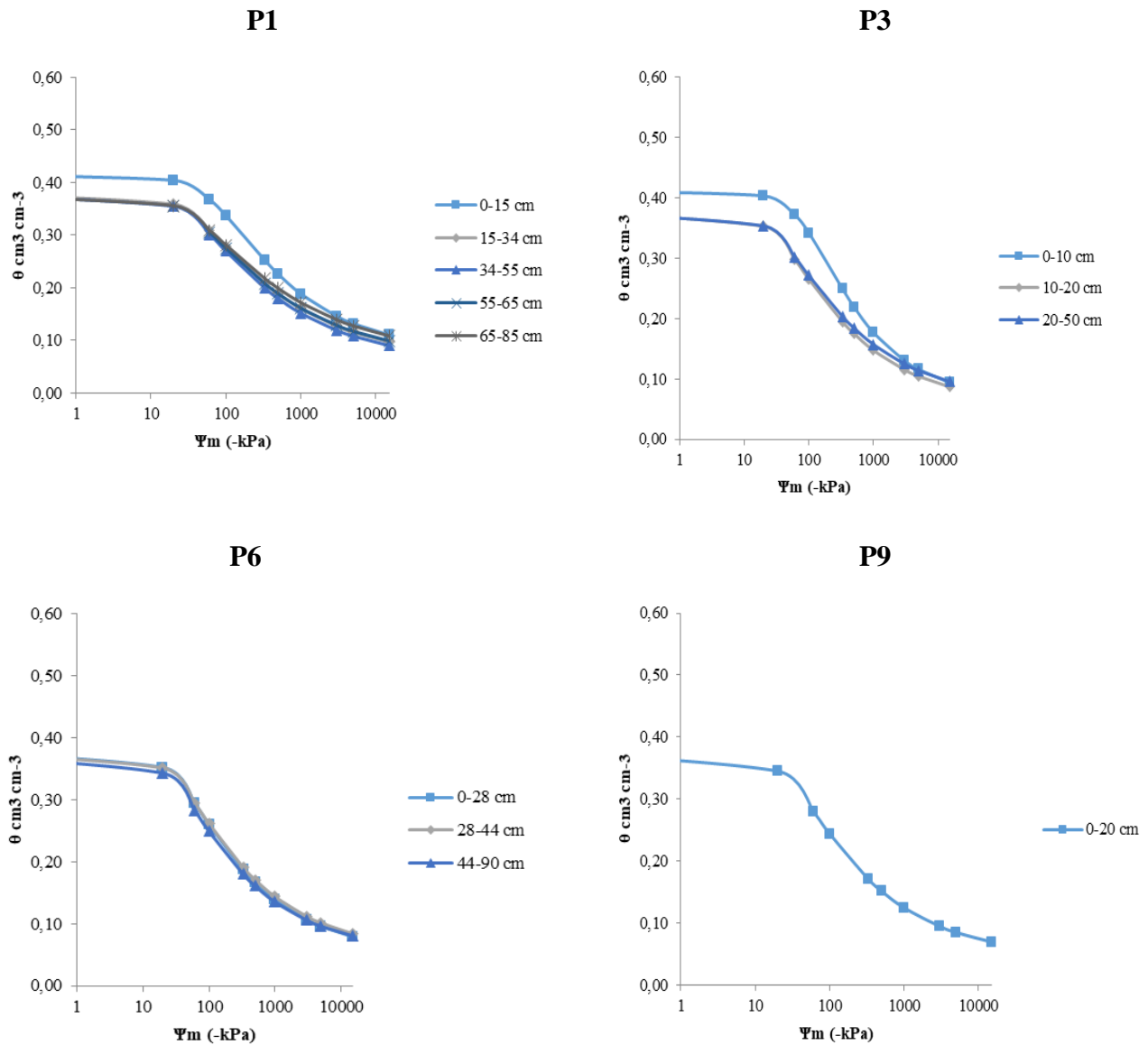


Figura 2. Curva de retenção de água dos Neossolos.

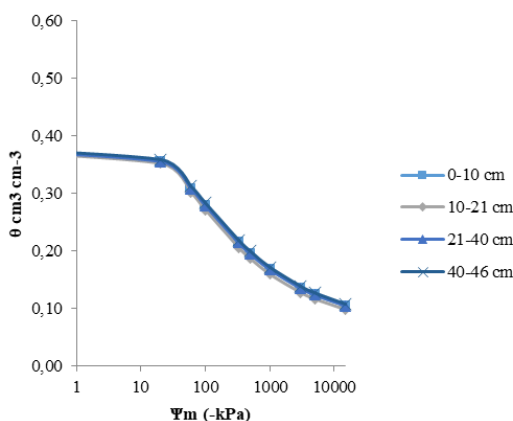
O Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (perfil 2), apresentou similaridade em relação a umidade de saturação e retenção de água em todas as profundidades, bem como os Planossolos Háplicos Eutróficos típicos (perfis 5 e 8) (Tabela 4). Tal fato pode ser justificado pela não variação de textura nesses solos. A retenção de água no solo é influenciada pela textura, estrutura, porosidade e matéria orgânica do solo (Ottoni Filho et al., 2014).

Tabela 4. Parâmetros das curvas de retenção de água dos Cambissolo e Planossolos.

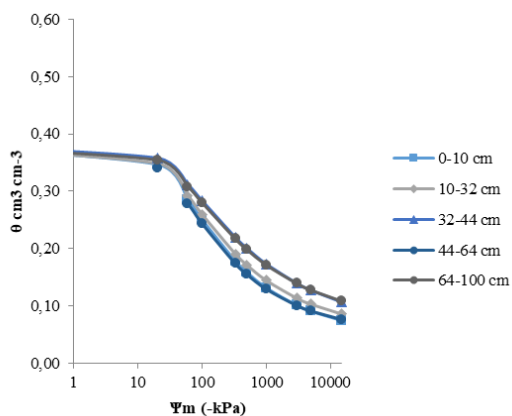
| Hor./Prof, cm | θ_r | θ_s | α | n | m |
|--|---------------------|------------|----------|--------|--------|
| | cm cm ⁻³ | | | | |
| Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico | | | | | |
| A (0-10) | 0,0621 | 0,3843 | 0,0273 | 1,3351 | 0,2510 |
| AB (10-21) | 0,0591 | 0,3829 | 0,0283 | 1,3476 | 0,2579 |
| BA (21-40) | 0,0621 | 0,3843 | 0,0273 | 1,3351 | 0,2510 |
| B (40-60) | 0,0637 | 0,3865 | 0,0264 | 1,3321 | 0,2493 |
| Perfil 5 – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | |
| A1 (0-10) | 0,0455 | 0,3848 | 0,0329 | 1,3977 | 0,2854 |
| A2 (10-32) | 0,0527 | 0,3829 | 0,0299 | 1,3757 | 0,2731 |
| A3 (32-44) | 0,0560 | 0,3846 | 0,0279 | 1,3628 | 0,2266 |
| BA (44-64) | 0,0560 | 0,3807 | 0,0327 | 1,4094 | 0,2905 |
| B (64-100) | 0,0634 | 0,3827 | 0,0276 | 1,3253 | 0,2455 |
| Perfil 8 - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico | | | | | |
| A (0-6) | 0,0418 | 0,3857 | 0,0325 | 1,4095 | 0,2905 |
| BA (6-23) | 0,0577 | 0,3862 | 0,0266 | 1,3596 | 0,2645 |
| B (23-43) | 0,0591 | 0,3829 | 0,0283 | 1,3476 | 0,2579 |
| CR (43-60) | 0,0511 | 0,3792 | 0,0327 | 1,4270 | 0,2992 |

Na Figura 3, estão representados os dados referentes aos parâmetros da curva de retenção de água para o Cambissolo e os Planossolos, Perfis (P): P2 - Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico; P5 - Planossolo Háplico Eutrófico típico e P8 - Planossolo Háplico Eutrófico típico.

P2



P5



P8

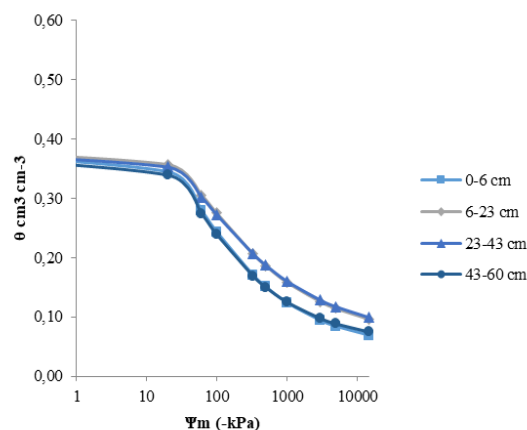


Figura 3. Curva de retenção de água dos Cambissolo e Planossolos.

O Luvissole Crômico Órtico típico (perfil 4), obteve as maiores retenções de água em subsuperfície devido aos teores da fração argila presente no horizonte Bt (Tabela 5). Conforme Brady e Weil (2013), a fração argila é a responsável pela retenção de água nos solos, devido à elevada área superficial específica de suas partículas com dimensões coloidais, superfície de adsorção e predominância de microporos.

Tabela 5. Parâmetros das curvas de retenção de água do Luvissole.

| Hor./Prof, cm | θ_r | θ_s | α cm cm ⁻³ | n | m |
|--|------------|------------|---------------------------------|--------|--------|
| Perfil 4 – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico | | | | | |
| A (0-10) | 0,0472 | 0,3873 | 0,0237 | 1,3994 | 0,2854 |
| AB (10-20) | 0,0508 | 0,3859 | 0,0271 | 1,3822 | 0,2765 |
| BA (20-33) | 0,0730 | 0,4015 | 0,0223 | 1,3236 | 0,2445 |
| Bt (33-57) | 0,0752 | 0,4039 | 0,2280 | 1,3095 | 0,2363 |

Analisando a curva de retenção de água do Luvissole, é possível observar uma pequena variação entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, evidenciada pela variação de granulometria existente nesse tipo de solo (Figura 4).

P4

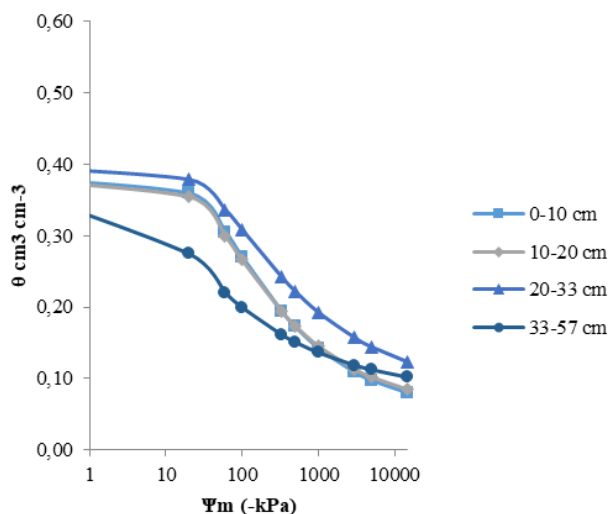


Figura 4. Curva de retenção de água do Luvissole.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (perfil 7), foi o que obteve as maiores umidades de saturação e retenção de água, principalmente nas profundidades de 20-50 e 50-75 cm (Tabela 6). Essas profundidades foram as que apresentaram maior teor da fração argila, capacidade de campo, microporosidade e porosidade total.

Tabela 6. Parâmetros das curvas de retenção de água do Argissolo.

| Hor./Prof, cm | θ_r | θ_s | α | n | m |
|--|------------|------------|---------------------|--------|--------|
| | | | cm cm ⁻³ | | |
| Perfil 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico | | | | | |
| A (0-10) | 0,0609 | 0,3869 | 0,0262 | 1,3478 | 0,2581 |
| BA (10-20) | 0,0544 | 0,3832 | 0,0292 | 1,3685 | 0,2693 |
| Bt (20-50) | 0,0973 | 0,4856 | 0,0214 | 1,2002 | 0,1668 |
| BC (50-75) | 0,0955 | 0,4730 | 0,0227 | 1,2043 | 0,1696 |

A retenção de água não implica necessariamente em disponibilidade, uma vez que a disponibilidade está relacionada aos limites de capacidade de campo e do ponto de murcha permanente que são passíveis de modificação conforme uso e manejo do solo (Ankenbauer e Loheide, 2016).

O incremento da fração argila em profundidade foi mais intenso no Argissolo em comparação com o Luvissole, tal fato permite visualizar mais claramente que os horizontes superficiais se diferem dos subsuperficiais no perfil do Argissolo (Figura 5).

Maia, Bufon e Leão (2018), avaliando a curva de retenção e disponibilidade de água em Latossolos relataram uma alta correlação entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) com as frações areia e argila, densidade do solo e porosidade total, demonstrando o efeito da textura e estrutura na dinâmica da água no solo.

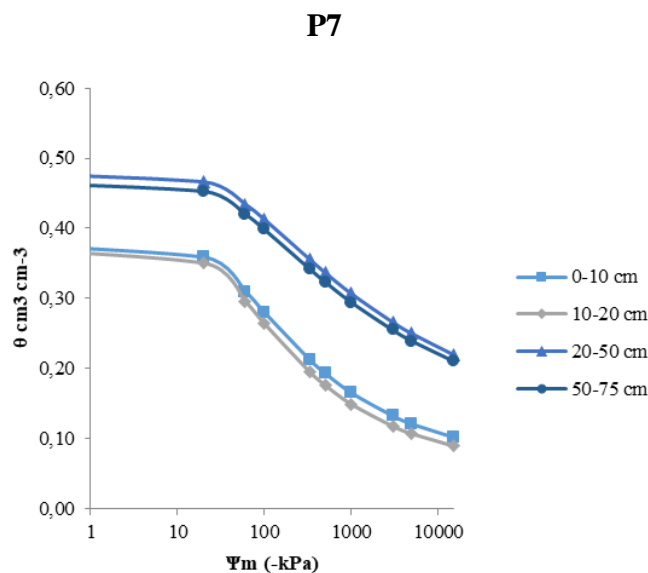


Figura 5. Curva de retenção de água do Argissolo.

Ao analisar a matriz de correlação entre os atributos físico-hídricos e químicos dos solos dos agroecossistemas, percebe-se que o pH (H₂O) possui uma correlação alta e positiva com o carbono orgânico total e fósforo (Tabela 7), indicando que o aumento do pH promove a disponibilidade desses elementos no solo. Briedis et al., (2012) estudando a relação entre o teor

de carbono orgânico total do solo e os outros atributos também identificaram a mesma correlação da presente pesquisa.

A relação direta entre os atributos carbono orgânico total e fósforo pode ser verificada pela coleção alta e positiva entre os dois (Tabela 7). Segundo Rosa, Caponi e Zanão Júnior (2017), as práticas conservacionistas, como: cobertura do solo, adição de resíduos de origem vegetal e animal, promovem o incremento de carbono orgânico no solo e melhoram a disponibilidade de fósforo para as plantas.

Tabela 7. Matriz de correlação entre as variáveis físico-hídricas e químicas em classes de solos, Martins/RN.

| Variáveis | pH (H ₂ O) | P | COT | Areia | Silte | Arg | CC | PMP | AD | Ds | U | θ | Mic. | Mac. | Ptd. | Paer. |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------|
| pH (H ₂ O) | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | 0,78 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| COT | 0,60 | 0,74 | 1,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Areia | 0,29 | 0,28 | 0,00 | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| Silte | 0,23 | 0,36 | 0,74 | -0,43 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| Arg. | -0,43 | -0,48 | -0,36 | -0,90 | -0,01 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| CC | -0,12 | 0,00 | 0,11 | -0,59 | 0,32 | 0,51 | 1,00 | | | | | | | | | |
| PMP | -0,44 | -0,46 | -0,38 | -0,85 | -0,06 | 0,98 | 0,54 | 1,00 | | | | | | | | |
| AD | 0,22 | 0,38 | 0,44 | 0,02 | 0,42 | -0,22 | 0,72 | -0,20 | 1,00 | | | | | | | |
| Ds | -0,19 | 0,12 | 0,21 | -0,14 | 0,33 | -0,01 | 0,27 | -0,03 | 0,35 | 1,00 | | | | | | |
| U | -0,20 | -0,16 | 0,14 | -0,67 | 0,51 | 0,49 | 0,31 | 0,45 | -0,02 | 0,04 | 1,00 | | | | | |
| θ | -0,12 | -0,08 | 0,08 | -0,50 | 0,39 | 0,36 | 0,20 | 0,35 | -0,06 | -0,08 | 0,86 | 1,00 | | | | |
| Mic. | -0,22 | -0,14 | -0,07 | -0,39 | 0,27 | 0,30 | 0,08 | 0,30 | -0,16 | -0,15 | 0,81 | 0,93 | 1,00 | | | |
| Mac. | 0,44 | 0,37 | 0,31 | 0,23 | -0,15 | -0,19 | -0,05 | -0,16 | 0,08 | -0,13 | -0,25 | -0,33 | -0,45 | 1,00 | | |
| Ptd. | 0,13 | 0,16 | 0,19 | -0,22 | 0,16 | 0,16 | 0,04 | 0,18 | -0,10 | -0,27 | 0,64 | 0,70 | 0,68 | 0,36 | 1,00 | |
| Paer. | -0,09 | -0,16 | -0,05 | -0,31 | 0,23 | 0,22 | -0,07 | 0,22 | -0,26 | -0,39 | 0,77 | 0,84 | 0,89 | -0,31 | 0,68 | 1,00 |

pH (H₂O): potencial hidrogeniônico; P: fósforo; COT: Carbono Orgânico Total; Arg.: argila; CC: capacidade de campo; PMP: ponto de murcha permanente; AD: água disponível; Ds: densidade do solo; U: umidade a base de massa; θ: umidade a base de volume; Mic.: microporosidade; Mac.: macroporosidade; Ptd.: porosidade total determinada; Paer.: porosidade de aeração.

A fração areia possui uma correlação alta e negativa com a fração argila e o ponto de murcha permanente (PMP), ou seja, os solos mais arenosos apresentam menor teor de água no PMP quando comparados com os solos de textura mais argilosa. Segundo Fidalski et al., (2013), a textura do solo, em especial a fração argila é responsável pela força de retenção de água no PMP, independente da estrutura e sim, da área superficial específica. A relação direta entre o teor de argila e o PMP pode ser verificado pela correlação alta e positiva entre esses dois atributos do solo (Tabela 7).

A porosidade de aeração apresentou correlação alta e positiva com a umidade, microporosidade e porosidade total determinada (Tabela 7), indicando que as inter-relações entre esses atributos é muito importante para o processo de retenção de água no solo.

Silva et al., (2018) ao avaliar os atributos estruturais e químicos de solos de diferentes classes e agroecossistemas, também determinaram uma relação direta entre a umidade e a porosidade

de aeração, indicando que a água disponível aumentou gradativamente na presença de microporos.

A análise de agrupamento (AA) auxilia no estudo da similaridade existente entre os ambientes estudados, pois define a formação de grupos levando em consideração, concomitantemente, todas as variáveis analisadas em cada ambiente de estudo (Araújo, Uribe-Opazo e Johann, 2013). A leitura do dendrograma vertical é feita da direita para a esquerda, sendo que as linhas verticais representam as distâncias entre os grupos formados e as linhas horizontais a união dos grupos. Utilizando um nível de homogeneidade de 20 % de dissimilaridade, foram formados três grupos (Figura 6).

O primeiro grupo foi formado pelo Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico em seu horizonte superficial (P3-A1), refletindo a diferença entre as propriedades físico-hídricas e químicas desse ambiente em relação aos demais (Figura 6).

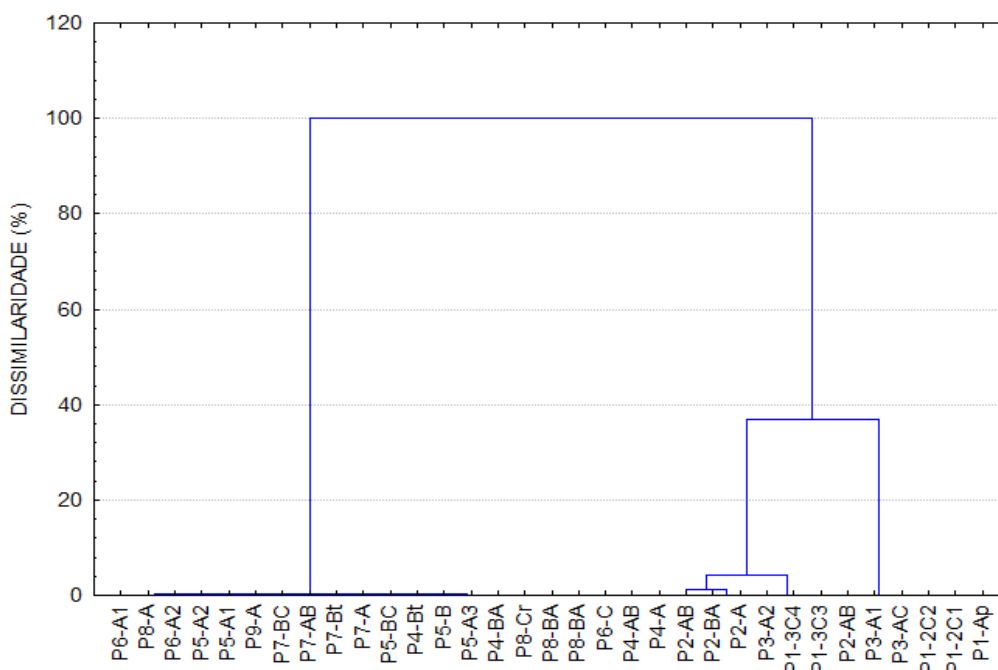


Figura 6. Dendrograma vertical da matriz de distâncias em classes de solos, Martins/RN, pelo método de agrupamento Ward.

O segundo grupo foi composto pelo Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico em todos os seus horizontes, pelo Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico ainda em superfície (P3-A2) e pelo Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico em profundidade (P1-3C4), indicando que essas áreas apresentam semelhança em relação aos seus atributos como microporosidade, teor de argila e ponto de murcha permanente (Figura 6).

O terceiro grupo é formado pelo Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico e Planossolo Háplico Eutrófico típico em todos os seus horizontes, compreendendo ainda o Luvisolo

Crômico Órtico típico em seu horizonte diagnóstico (P4-Bt) e os Neossolo Litólico Chernossólico típico e Planossolo Háptico Eutrófico típico, em seus horizontes superficiais (P6-A1, P6-A2 e P8-A, respectivamente) (Figura 6). A porosidade total determinada e a capacidade de campo foram os atributos que mais influenciaram nesse agrupamento.

Na análise fatorial (AF), o principal objetivo é reduzir a representação de um número de variáveis, organizando-as em uma estrutura que facilite a visualização de um conjunto de dados com características mais marcantes, permitindo a identificação dos atributos mais importantes (Andrade et al., 2017). Foram selecionados os fatores 1, 2, 3 e 4, pois atenderam ao critério de autovalores acima de 1, esses quatro fatores são responsáveis por explicar uma variância total dos dados de 83,84 % (Tabela 8).

O fator 1 explicou 34,77 % da variação total, sendo composto pelas variáveis umidade a base de massa umidade a base de volume, microporosidade, porosidade determinada e porosidade de aeração, variando juntas e representando a maior influência na distinção dos ambientes (Tabela 8). Esses atributos estão relacionados com a estrutura do solo e conseqüentemente com a capacidade de armazenar água, pois a formação de poros com menor diâmetro favorece a retenção de água por capilaridade (Martinkoski et al., 2017).

Tabela 8. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físico-hídricas e químicas em classes de solos, Martins/RN.

| Variáveis | Cargas fatoriais ⁽¹⁾ | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Fator 1 | Fator 2 | Fator 3 | Fator 4 |
| pH (H ₂ O) | -0,02 | 0,18 | -0,34 | 0,77 |
| P | 0,00 | 0,44 | -0,36 | 0,68 |
| COT | 0,16 | 0,66 | -0,24 | 0,58 |
| Areia | -0,36 | -0,22 | -0,84 | 0,12 |
| Silte | 0,42 | 0,78 | 0,01 | 0,12 |
| Argila | 0,18 | -0,13 | 0,93 | -0,19 |
| CC | -0,03 | 0,56 | 0,71 | 0,04 |
| PMP | 0,17 | -0,16 | 0,93 | -0,17 |
| AD | -0,18 | 0,78 | 0,05 | 0,18 |
| Ds | -0,23 | 0,66 | 0,06 | -0,29 |
| U | 0,85 | 0,19 | 0,37 | -0,08 |
| θ | 0,93 | 0,09 | 0,20 | -0,08 |
| Microp. | 0,94 | -0,03 | 0,10 | -0,21 |
| Macrop. | -0,28 | -0,18 | 0,06 | 0,84 |
| Ptdert. | 0,75 | -0,18 | 0,15 | 0,48 |
| Pareação | 0,94 | -0,19 | 0,02 | -0,07 |
| Autovalores | 5,56 | 3,56 | 2,72 | 1,57 |
| Variância Total (%) | 34,77 | 22,27 | 16,97 | 9,82 |
| Variância Acumulada (%) | 34,77 | 57,04 | 74,01 | 83,84 |

(1) Para fins de interpretação foram consideradas significantes cargas fatoriais $\geq 0,65$.

O fator 2 explicou 22,27 % da variância total e envolveu a fração silte, o teor de carbono orgânico total, a água disponível e a densidade do solo, variando juntos, indicando que o teor de silte influencia positivamente no conteúdo de água disponível (Tabela 8).

Para Barbieri et al., (2017), um solo com alto teor de silte é indicativo de solos jovens e pouco desenvolvidos que podem ser facilmente erodidos, esse fato aliado ao elevado carbono orgânico total melhora a capacidade do solo de reter mais água, uma vez que, os processos de capilaridade e adsorção nas partículas do solo são mais evidentes.

O fator 3 foi capaz de explicar 16,97 % da variação total dos dados, sendo representado pela fração inorgânica areia, variando em sentido contrário da fração argila, capacidade de campo e ponto de murcha permanente (Tabela 8). O teor de argila influencia diretamente no aumento da microporosidade e por consequência aumenta a capacidade de retenção de água na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, já a fração areia retém pouco água por força capilar (Burak, Santos e Passos, 2016).

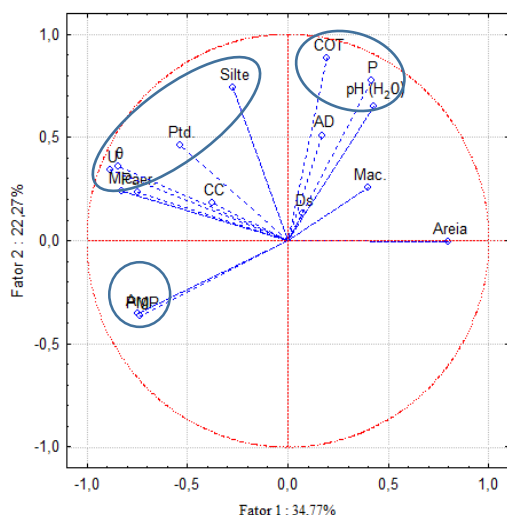
O fator 4 explicou apenas 9,82 % da variância total dos dados, sendo representado pelos atributos químico pH em água e teor de fósforo e pelo atributo físico macroporosidade, variando juntos (Tabela 8). Esse fator estabelece uma relação direta, pois o aumento do pH favorece a disponibilidade de fósforo e a formação de agregados que melhoram a estrutura do solo (Rossi et al., 2016).

A análise de componentes principais (ACP) permite a diferenciação entre os ambientes estudados, assim como, identifica quais os atributos são mais sensíveis na distinção entre as áreas estudadas (Silva et al., 2014). Os diagramas de projeções de vetores demonstra que os fatores 1 e 2 foram os que apresentaram mais influência na distinção dos ambientes estudados (Figura 7 A,B), com uma variância acumulada de 57,04 %.

O Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico foi discriminado em sua superfície (Figura 7A) pelas variáveis umidade a base de massa e de volume, microporosidade, porosidade total determinada, porosidade de aeração e teor de silte (Figura 7B). Os teores da fração silte e argila mais elevados na camada superficial desse ambiente, contribuíram para aumento da retenção de água e do espaço poroso.

Segundo Assis et al., (2015), a porosidade de aeração é dependente do espaço poroso, além de ser fortemente influenciada pelo gradiente textural do solo, sendo assim, apresenta uma relação direta com a microporosidade e porosidade total.

A.



B.

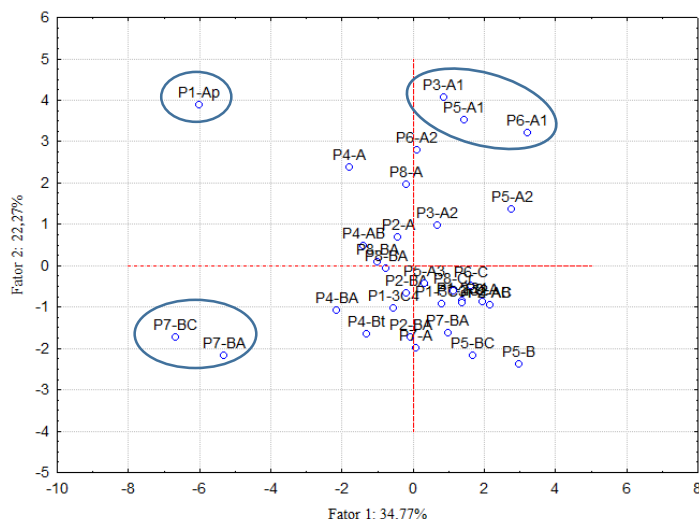


Figura 7. Distribuição das variáveis, no círculo de correlações (A) e distribuição da nuvem de pontos representando a relação entre os fatores 1 e 2 (B).

O Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, o Planossolo Háptico Eutrófico típico e o Neossolo Litólico Chernossólico típico foram discriminados em superfície (Figura 7B) pelos atributos químicos carbono orgânico total, fósforo e pH (H₂O) (Figura 7A). As práticas conservacionistas adotadas nessas áreas como: deposição de resíduos de origem animal e vegetal, assim como ações que envolvem o controle dos processos erosivos, contribuem de maneira significativa para aumento dos teores de carbono e conseqüentemente de fósforo.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico foi diferenciado dos demais ambientes em suas camadas mais profundas (Figura 7B) por meio dos atributos físicos teor de argila e ponto de murcha permanente (Figura 7A). Segundo Portela et al., (2014), o aumento da retenção de água está associado à granulometria, pois maiores teores da fração argila contribuem para a formação de microporos responsáveis pela retenção de água.

Em relação aos fatores 3 e 4, a variância acumulada foi de 26,79 % (Figura 8 A,B). O Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico foi discriminado em sua superfície (P3-A1) (Figura 8B) pela maior quantidade de água disponível (Figura 8A). O maior aporte de carbono orgânico total, assim como, as frações inorgânicas silte e argila, contribuíram positivamente para que o ambiente fosse capaz de armazenar um maior conteúdo de água.

Os Neossolos Flúvicos são os solos que mais retém água em suas camadas superficiais, já o Argissolo Vermelho-Amarelo retém mais água nas camadas subsuperficiais.

Os atributos estruturais umidade a base de massa e de volume, microporosidade, porosidade total determinada e porosidade de aeração, são os mais sensíveis na distinção dos ambientes formados nas áreas de estudo.

REFERÊNCIAS

- Ankenbauer, K.J.; Loheide, S.P. The effects of soil organic matter on soil water retention and plant water use in a meadow of the Sierra Nevada, CA. *Hydrological Processes*. v.31, n.4, p. 891-901, 2016.
- Arcoverde, S. N.S., Salviano, A. M., Olzevski, N., Melo, S. B., Cunha, T. J. F., Giongo, V., Pereira, J. S. Qualidade física de solos em uso agrícola na Região Semiárida do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.5, p. 1473-1482, 2015.
- Alvares, C.A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M. de.; Sparovek, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- Andrade, A. R. S. de.; Cruz, A. F. da S.; Bezerra, T. M. Ê.; Lima, J. R. de S. Application of multivariate statistics in the identification of biometric characteristics of production and quality of melon fruits. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v.10, n.1, p.25-40, 2017.
- Araújo, E. C. de.; Uribe-opazo, M. A. e Johann, J. A. Análise de agrupamento da variabilidade espacial da produtividade da soja e variáveis agrometeorológicas na região Oeste do Paraná. *Engenharia Agrícola*, v.33, n.4, p.782-795, 2013.
- Assis, P. C. R.; Stone, L. F.; Medeiros, J. C.; Madari, B. E.; Oliveira, J. de M.; Wruck, F. J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração Lavoura Pecuária-Floresta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 4, p. 309-316, 2015.
- Barbieri, J. D.; Dallacort, R.; Oliveira, T.; Tieppo, R. C.; Araújo, D. V. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais - Anais do Simpósio Interdisciplinar de Práticas de Produção*, v. 8, n. 1, p. 21-28, 2017.
- Barbosa, J. dos S.; Silva, K. do C. R.; Carducci, C. E., Santos, K. L. dos.; Kohn, L. S.; Fucks, J. S. Atributos Físico-hídricos de um Cambissolo Húmico Sob Sistema Agroflorestal no Planalto Catarinense. *Floresta e Ambiente*, v. 24, n. 1, 2017.

- Burak, D. L.; Santos, D. A. e Passos, R. R. Variabilidade espacial de atributos físicos: relação com relevo, matéria orgânica e produtividade em café conilon. *Coffee Science*, v. 11, n. 4, p. 455 - 466, 2016.
- Brady, N. C. e Weil, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 704 p., 2013.
- Briedis, C.; Sá, J. C. de M.; Caires, E. F.; Navarro, J. de F.; Inagaki, T. M.; Ferreira, A. de O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.7, p.1007-1014, 2012.
- Costa, A.; Albuquerque, J.A.; Costa A.; Pértile, P.; Silva, F.R. Water retention and availability in soils of the State of Santa Catarina-Brazil: effect of textural classes, soil classes and lithology. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, n.6, p. 1535-1548, 2013.
- Costa, C. D. O.; Alves, M. C. e Sousa, A. P. Armazenamento de água em dois solos sob diferentes usos e manejos. *Revista de Ciências Ambientais, Canoas*, v. 10, n. 2, p. 55-65, 2016.
- Dourado Neto, D.; Nielsen, D. R.; Hopmans, J. W.; Reichardt, K.; Bacchi, O. O. S.; Lopes, P. P. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta), 2001.
- Emparn, Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte. Monitoramento pluviométrico (2018). Disponível em: <http://189.124.130.5:8181/monitoramento/2018/acumulapr.htm>. Acesso em: 15 de jun. 2018.
- Farias, P. K. P.; Souza, C. M. M.; Portela, J. C.; Moura, I. N. B. M. de.; Silva, A. C. R. da. Genesis and characteristics of soils of the santanamountain range in the seridó region, Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Caatinga*, v.31, n.4, p. 1017 – 1026, 2018.
- Fidalski, J.; Tormena, C. A.; Alves, S. J.; Auler, P. A. M. Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranaíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 3, p. 613-621, 2013.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. Análise multivariada de dados. Bookman Editora, 2009. Análise multivariada de dados. Bookman Editora, 2009.
- Jacomine, P.K.T.; Silva, F. B. R. e.; Formiga, R. A.; Almeida, J. C. A.; Beltrão, V. A. de.; Pessôa, S. C. P.; Ferreira, R. C. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: MA-DNEPEA: SUDENE-DRN. 1971. 531 p.
- Klein, C.; Klein, V.A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.19, n.1, p. 21-29, 2015.

- Maia, F.C.O.; Bufon, V.B.; Leão, T.P. Retention curves and available water capacity in Latosols. *Engenharia Agrícola*, v.34, n.4, p.546-552, 2018.
- Martinkoski, L.; Vogel, G. F.; Jadoski, S. O.; Watzlawick, L. F. Qualidade Física do Solo Sob Manejo Silvopastoril e Floresta Secundária. *Foresta e Ambiente*, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2017.
- Mota, J. C. A.; Freire, A. G.; Alves, C. V. O.; Alencar, T. L. Impactos de uso e manejo do solo na variabilidade e qualidade de atributos físicos de Cambissolos. *Revista Agro@mbiente Online*, v. 11, n. 4, p. 277-289, 2017.
- Otoni Filho, T.B.; Otoni, M.V.; Oliveira, M.B.; Macedo, J.R. Estimation of field capacity from ring infiltrometer-drainage data. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.6, p. 1765-1771, 2014.
- Padrón, R. A. R., Nogueira, H. M. C. M. de.; Cerquera, R. R.; Albino, G. D.; Nogueira, C. U. Caracterização físico-hídrica do solo argissolo amarelo para estabelecimento de projeto e manejo da irrigação. *Acta Iguazu*, v.4, n. 1, p. 36-47, 2015.
- Portela, J. C.; Cintra, F. L. D.; Carvalho, H. W. L. de.; Anjos, J. L. dos.; Melo, P. de O. Atributos físico-hídricos e químicos de solos sob cultivo de milho na região agreste de Sergipe. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.10, n.1, p.51 - 58, 2014.
- Rêgo, L. G. da S.; Martins, C. M.; Silva, E. F. da.; Silva, J. J. A. da.; Lima, R. N. da S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Caatinga*, v. 29, n. 4, p. 1036 – 1042, 2016.
- Rosa, A.; Caponi, L. H. e Zanão Júnior, L. A. Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo. *Acta Iguazu, Cascavel*, v.5, Edição Especial “I seminário de Eng. De Energia na Agricultura”, p.108-115, 2016.
- Rossi, C. Q.; Pereira, M. G.; Moura, O. V. T. de.; Almeida, A. P. C. de. Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.9, p.1677-1685, 2016.
- Sales, R.P.; Portugal, A.F.; Moreira, J.A.A.; Kondo, M.K.; Pegoraro, R.F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. *Revista Ciência Agronômica*, v.47, n.3, p.429-438, 2016.
- Santos, R. D.; Lemos, R. C. de.; Santos, H. G. dos.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. C. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6.ed. Viçosa: SBCS, p.100, 2013.
- Serafim, M.E.; Oliveira, G.C.; Lima, J.M.; Silva, B.M.; Zeviani, W.M.; Lima, V.M.P. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Piracicaba, v.17, n. 4, p. 362–370, 2013.

- Silva, A. C. da.; Portela, J. C.; Batista, R. O.; Cunha, R. R. da.; Gondim, J. E. F.; Arruda, L. E. V. de.; Medeiros, J. F. de. Soil Water Retention in the Semiarid Region of Brazil. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 9, p. 105-115, 2018.
- Silva, A. F. da.; Barbosa, A. P.; Zimback, C. R. L.; Lima, J. S. de S.; Landim, P. M. B. Análise multivariada na diferenciação entre manejos do solo cultivado com café. *Energia na Agricultura*, v. 29, n.1, p.57-63, 2014.
- Silva, É. A.; Benevenuto, P. A. N. e Melo, L. B. B. de. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos das curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e “Índice S”. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 11, n. 4, p. 49-54, 2017.
- Soares, M. D. R.; Campos, M. C. C.; Oliveira, I. A.; Cunha, J. M.; Fonseca, J. S.; Souza, Z. M. de. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. *Revista Ciências Agrárias*, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.
- Souza, J. M. de.; Bonomo, R.; Pires, F. R.; Bonomo, D. Z. Curva de retenção de água e condutividade hidráulica do solo, em lavoura de café conilon submetida à subsolagem. *Coffe Science*, v. 9, n. 2, p. 226-236, 2014.
- Souza, L. da. S.; Mafra, Á. L.; Souza, L. D.; Silva, I. de. F. da.; Klein, V. A. Inter-relação entre manejo e atributos físicos do solo. In: Bertol, I.; De Maria, I. C. e Souza, L. da S. Manejo e conservação do solo e da água. Viçosa: SBCS, 2019. p. 193-249.
- Statsoft. *Statistica Version 7.0*. StatSoft. 2004. Retrieved from <http://www.statsoft.com>.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. *Manual de métodos de análise de solo*. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.
- Yeomans, J. C. e Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

APÊNDICE

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

PERFIL – P1M-P (área agrícola)

DATA – 18/12/2018

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°06'53,7" W 037°55'38,6".

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimento fluvial

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila

USO ATUAL – Jerimum; feijão; milho; mandioca e sorgo.

CLIMA – Tropical Chuvoso.

DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0 – 15 cm; (2,5 Y 4/4, úmida) (2,5 Y 6/4, seca); franco; fraca pequena a média blocos subangulares; poros comuns e pequenos; muito dura, muito firme; não plástico, não pegajoso; transição abrupta e plana.

2C1 – 15 – 34 cm; (2,5 Y 4/4, úmida) (2,5Y 5/4, seca); franco-arenosa; maciça pequena a média blocos subangulares; poros comuns e muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

2C2 – 34 – 55 cm; (2,5 Y 4/4, úmida) (2,5Y 5/4, seca); franco-arenosa; maciça média a grande blocos subangulares; poros comuns e muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e ondulada.

3C3 – 55 – 65 cm; (2,5 Y 4/4, úmida) (2,5Y 5/4, seca); franco-argilo-arenosa; moderada média blocos angulares; poros comuns e muito pequenos; dura, muito firme; não plástico; não pegajoso; transição gradual e ondulada.

3C4 – 65 – 85+ cm; (2,5 Y 4/4, úmida) (2,5Y 5/4, seca); franco-argilo-arenosa; forte média blocos subangulares; poros comuns e muito pequenos; dura, muito firme; não plástico; não pegajoso; transição difusa e ondulada.

RAÍZES – Poucas e fina sem A; comuns, raras e finas em 1C; raras e finas em 2C; raras e finas em A.

OBSERVAÇÕES – 1. Presença de material avermelhado em A e 2C.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P1

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| Ap | 0-15 | | 1,2 | 98,8 | 105 | 285 | 340 | 270 | 241 | 9,93 | 1,26 | 1,0 | 64 |
| 2C1 | 15-34 | | 4,3 | 95,7 | 280 | 320 | 210 | 190 | 175 | 9,62 | 1,10 | 1,0 | 51 |
| 2C2 | 34-55 | | 1,3 | 98,7 | 260 | 360 | 210 | 170 | 152 | 11,41 | 1,23 | 1,2 | 44 |
| 3C3 | 55-65 | | 2,4 | 97,6 | 267 | 353 | 180 | 200 | 180 | 10,69 | 0,90 | 1,6 | 49 |
| 3C4 | 65-85 | | 3,0 | 97,0 | 265 | 355 | 150 | 230 | 197 | 13,56 | 0,65 | 1,6 | 48 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | Δ pH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _e /kg) | | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | |
|------------|------------|--------|-------------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|--------|-------------|----------------------------|---------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | (H+Al) | | | | Valor T (soma) |
| Ap | 4,32 | 4,85 | 0,53 | 1,37 | 7,77 | 3,72 | 1,09 | 3,44 | 13,53 | 0,29 | 5,84 | 19,36 | 69,86 | 2,10 | 0,08 |
| 2C1 | 3,98 | 3,78 | -0,19 | 0,23 | 4,15 | 1,25 | 0,21 | 3,37 | 7,40 | 0,71 | 4,88 | 12,28 | 60,24 | 8,76 | 0,12 |
| 2C2 | 4,30 | 3,96 | -0,34 | 0,20 | 5,02 | 2,04 | 0,13 | 4,03 | 9,44 | 0,49 | 2,63 | 12,07 | 78,18 | 4,93 | 0,15 |
| 3C3 | 4,74 | 4,36 | -0,37 | 0,20 | 5,91 | 1,84 | 0,30 | 2,78 | 9,40 | 0,29 | 1,91 | 11,32 | 83,07 | 2,96 | 0,11 |
| 3C4 | 5,03 | 4,61 | -0,43 | 0,23 | 6,18 | 1,98 | 0,25 | 2,84 | 9,85 | 0,21 | 1,31 | 11,16 | 88,26 | 2,06 | 0,11 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ (Ki) | SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr) | Fe ₂ O ₃ | |
| Ap | 30,68 | | 34,63 | | | | | | | | | |
| 2C1 | 55,34 | | 17,91 | | | | | | | | | |
| 2C2 | 83,80 | | 16,72 | | | | | | | | | |
| 3C3 | 77,30 | | 10,77 | | | | | | | | | |
| 3C4 | 62,06 | | 7,95 | | | | | | | | | |



Figura 1. Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

PERFIL – P2M-P (área agrícola)

DATA – 18/12/2018

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°06'44,4" W 037°55'44".

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito

PEDREGOSIDADE – Moderadamente pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

EROSÃO – Ligeira a moderada

DRENAGEM – Moderadamente a imperfeitamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila

USO ATUAL – Retirada de barro para a produção de louça (produção familiar)

CLIMA – Tropical Chuvoso.

DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 10 cm; (5 YR 3/3, úmida) (5 YR 4/3, seca); franco-argilo-arenosa; moderada média blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.

AB– 10 – 21 cm; (5 YR 3/3, úmida) (5 YR 4/3, seca); franco-argilo-arenosa; moderada média blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.

BA– 21 – 40 cm; (5 YR 3/2, úmida) (5 YR 4/2, seca); franco-argilo-arenosa; moderada a forte média blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; dura, friável; não plástico, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

B – 40 – 60+ cm; (5 YR 3/2, úmida) (5 YR 4/2, seca); franco-argilo-arenosa; forte média blocos angulares; muitos poros muito pequenos; muito dura, firme; não plástico; ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

RAÍZES – Comuns e fina sem C; comuns poucas, finas e médias em A; raras e finas em BA.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P2

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| C | 0-10 | | 2,9 | 97,1 | 273 | 347 | 160 | 220 | 171 | 21,33 | 0,73 | 1,4 | 64 |
| A | 20-21 | | 4,4 | 95,6 | 284 | 356 | 160 | 200 | 152 | 23,89 | 0,80 | 1,1 | 46 |
| BA | 21-40 | | 6,9 | 93,1 | 330 | 290 | 160 | 220 | 186 | 13,76 | 0,73 | 1,4 | 60 |
| B | 40-60 | | 5,8 | 94,2 | 325 | 275 | 170 | 230 | 194 | 14,76 | 0,74 | 1,5 | 49 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | Δ pH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _c /kg) | | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | |
|------------|------------|--------|-------------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|--------|-------------|----------------------------|---------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | (H+Al) | | | | Valor T (soma) |
| C | 5,30 | 4,93 | -0,38 | 0,16 | 8,71 | 5,74 | 0,44 | 2,48 | 15,92 | 0,09 | 1,78 | 17,70 | 89,96 | 0,54 | 0,06 |
| A | 5,50 | 5,19 | -0,31 | 0,16 | 8,31 | 5,76 | 0,65 | 2,54 | 15,58 | 0,06 | 1,07 | 16,65 | 93,59 | 0,36 | 0,07 |
| BA | 4,93 | 4,34 | -0,59 | 0,14 | 7,40 | 5,88 | 0,14 | 0,38 | 13,51 | 0,27 | 1,66 | 15,17 | 89,05 | 1,96 | 0,01 |
| B | 4,91 | 4,16 | -0,75 | 0,13 | 6,26 | 6,49 | 0,13 | 0,31 | 12,94 | 0,32 | 1,52 | 14,45 | 89,49 | 2,42 | 0,01 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C/N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ (Ki) | R ₂ O ₃ (Kr) | Fe ₂ O ₃ | |
| C | 107,34 | | 23,1 | | | | | | | | | |
| A | 114,06 | | 19,48 | | | | | | | | | |
| BA | 61,84 | | 11,92 | | | | | | | | | |
| B | 48,39 | | 8,36 | | | | | | | | | |



Figura 2. Perfil de CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

PERFIL – P3M-P (área agrícola)

DATA – 18/12/2018

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°06'59" W 037°55'35,5".

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimento fluvial

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Moderadamente a imperfeitamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila

USO ATUAL – Feijão; milho; macaxeira e jurema.

CLIMA – Tropical Chuvoso.

DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0 – 10 cm; (2,5 Y 4/3, úmida) (2,5 Y 5/3, seca); franco; moderada muito pequena blocos subangulares; poros comuns e muito pequenos; dura, friável; não plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

A2 – 10 – 20 cm; (2,5 Y 4/3, úmida) (2,5 Y 5/3, seca); franco-arenosa; moderada muito pequena blocos subangulares; poros comuns e muito pequenos; dura, friável; não plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

AC – 20 – 50 cm; (2,5 Y 3/3, úmida) (2,5 Y 4/3, seca); franco-arenosa; moderada muito pequena blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

C – 50 – 98+ cm;

RAÍZES – Raras e muito finas em C.

OBSERVAÇÕES – 1. Presença de poucos mosqueados pequenos e difusos em C (fluvial); película aderida à estrutura.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P3

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A1 | 0-10 | | 5,5 | 94,5 | 214 | 166 | 390 | 230 | 220 | 5,60 | 1,70 | 1,2 | 44 |
| A2 | 10-20 | | 8,5 | 91,5 | 336 | 294 | 210 | 160 | 128 | 20,27 | 1,31 | 1,6 | 55 |
| AC | 20-50 | | 13,2 | 86,8 | 326 | 304 | 180 | 190 | 160 | 16,46 | 0,95 | 1,2 | 49 |
| C | 50-98 | | 5,9 | 94,1 | 448 | 352 | 110 | 90 | 35 | 60,97 | 1,22 | 1,2 | 47 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | Δ pH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _c /kg) | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | | |
|------------|------------|--------|-------------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|-------------|----------------------------|---------|--------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | | | | (H+Al) | Valor T (soma) |
| A1 | 6,40 | 6,56 | 0,16 | 1,42 | 11,07 | 5,08 | 3,00 | 5,82 | 19,60 | 0,00 | 1,19 | 20,79 | 94,28 | 0,00 | 0,12 |
| A2 | 4,87 | 4,57 | -0,30 | 0,42 | 6,56 | 2,14 | 0,65 | 2,91 | 10,42 | 0,18 | 2,04 | 12,46 | 83,67 | 1,73 | 0,10 |
| AC | 5,22 | 4,76 | -0,46 | 0,74 | 8,15 | 2,63 | 0,41 | 3,62 | 12,93 | 0,14 | 1,47 | 14,39 | 89,78 | 1,08 | 0,11 |
| C | 6,36 | 5,68 | -0,68 | 0,65 | 5,72 | 2,56 | 0,22 | 4,01 | 10,65 | 0,00 | 0,83 | 11,48 | 92,82 | 0,00 | 0,15 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C/N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ (Ki) | R ₂ O ₃ (Kr) | Fe ₂ O ₃ | |
| A1 | 186,24 | | 45,73 | | | | | | | | | |
| A2 | 149,03 | | 21,53 | | | | | | | | | |
| AC | 100,84 | | 5,83 | | | | | | | | | |
| C | 220,31 | | 1,8 | | | | | | | | | |



Figura 3. Perfil de NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

PERFIL – P4M-P (paisagem – terço médio de elevação)

DATA – 18/12/2018

CLASSIFICAÇÃO – LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°07'03,7" W 037°55'35".

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

EROSÃO – Ligeira

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila

USO ATUAL – Mata Nativa.

CLIMA – Tropical Chuvoso.

DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 10 cm; (5 Y 4/3, úmida) (5 Y 5/3, seca); franco-arenosa; moderada pequena blocos subangulares; poucos poros e muito pequenos; dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.

AB– 10 – 20 cm; (5 Y 3/3, úmida) (5 Y 4/3), seca; franco-arenosa; moderada pequena blocos subangulares; poucos poros e muito pequenos; dura, friável; não plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

BA– 20 – 33 cm; (5 Y 3/3, úmida) (5 Y 4/3); franco-argilo-arenosa; moderada muito pequena a pequena blocos subangulares;poucos poros e muito pequenos; dura, friável; não plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

Bt–33 – 57 cm; (7,5 YR 4/4, úmida) (7,5 YR 5/4, seca); franco-argilo-arenosa; moderada muito pequena a pequena blocos subangulares; poucos poros e muito pequenos; muito dura, friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

BC –57 – 65+ cm; (7,5 YR 4/4, úmida) (7,5 YR 5/4, seca); franco-argilo-arenosa; moderada pequena blocos subangulares; poucos poros e muito pequenos; muito dura, friável; não plástico; ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

RAÍZES – Poucas, comuns e finas, média sem A; raras e médias em AB; raras e médias em BA; raras e médias em B.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P4

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|----------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A | 0-10 | | 33,0 | 67,0 | 344 | 246 | 280 | 130 | 111 | 12,72 | 2,15 | 1,49 | 32 |
| AB | 10-20 | | 16,3 | 83,7 | 314 | 306 | 230 | 150 | 132 | 12,95 | 1,53 | 1,62 | 37 |
| BA | 20-33 | | 7,9 | 92,1 | 260 | 230 | 210 | 290 | 221 | 23,75 | 0,72 | 1,52 | 33 |
| B _t | 33-57 | | 10,5 | 89,5 | 289 | 201 | 200 | 310 | 260 | 15,24 | 0,64 | 1,60 | 34 |
| BC | 57-65 | | 8,9 | 91,1 | 296 | 264 | 210 | 230 | 216 | 5,35 | 0,91 | 1,40 | 31 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | ΔpH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _e /kg) | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | | |
|----------------|------------|--------|-------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|-------------|----------------------------|---------|--------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | | | | (H+Al) | Valor T (soma) |
| A | 5,50 | 5,43 | -0,07 | 0,23 | 6,85 | 2,75 | 0,95 | 2,50 | 11,08 | 0,47 | 2,71 | 13,79 | 80,28 | 4,09 | 0,08 |
| AB | 5,10 | 4,90 | -0,20 | 0,15 | 6,65 | 2,49 | 0,47 | 2,42 | 10,58 | 0,14 | 2,57 | 13,15 | 80,29 | 1,35 | 0,08 |
| BA | 4,82 | 4,32 | -0,50 | 0,13 | 7,64 | 1,78 | 0,06 | 0,28 | 9,59 | 0,24 | 2,56 | 12,15 | 78,90 | 2,47 | 0,01 |
| B _t | 5,11 | 4,38 | -0,73 | 0,13 | 7,31 | 2,44 | 0,10 | 0,13 | 9,83 | 0,24 | 1,60 | 11,43 | 86,04 | 2,42 | 0,00 |
| BC | 5,15 | 4,40 | -0,75 | 0,13 | 6,37 | 2,93 | 0,10 | 0,19 | 9,41 | 0,25 | 1,81 | 11,22 | 83,84 | 2,62 | 0,01 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki) | SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr) | Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|----------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--|---|---|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | | | | |
| A | 112,05 | | 27,04 | | | | | | | | | |
| AB | 96,36 | | 16,66 | | | | | | | | | |
| BA | 23,06 | | 10,83 | | | | | | | | | |
| B _t | 8,51 | | 8,34 | | | | | | | | | |
| BC | 11,45 | | 2,91 | | | | | | | | | |



Figura 4. Perfil de LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

PERFIL – P5M-P (área agrícola)

DATA – 18/12/2018

CLASSIFICAÇÃO – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico (coberto com sedimento coluvial)

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°07'02,1" W 037°55'43,3".

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

EROSÃO – Não aparente

DRENAGEM – Moderadamente a imperfeitamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila

USO ATUAL – Plantação de hortaliças.

CLIMA – Tropical Chuvoso.

DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 – 0 – 10 cm; (10 YR 3/4, úmida) (10YR 4/4, seca); franco-arenosa; fraca pequena granular; muitos poros e muito pequenos; ligeiramente dura, muito friável; não plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

A2 – 10 – 32 cm; (10 YR 3/4, úmida) (10YR 4/4, seca); franco-arenosa; maciça muito pequena granular; muitos poros e muito pequenos; dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.

A3 – 32 – 44 cm; (10 YR 3/6, úmida) (10YR 4/6, seca); franco-arenosa; fraca muito pequena a pequena blocos subangulares; muitos poros e muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

BA – 44 – 64 cm; (10 YR 3/3, úmida) (10YR 4/3, seca); franco-arenosa; fraca a moderada muito pequena a pequena blocos angulares e subangulares; muitos poros e muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

Bt – 64 – 100+ cm; (10 YR 3/3, úmida) (10YR 4/3, seca); franco- argilo-arenosa; forte pequena a média blocos angulares e subangulares; muitos poros e muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

RAÍZES – Poucas e finas em A.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P5

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A1 | 0-10 | | 11,6 | 88,4 | 400 | 260 | 220 | 120 | 94 | 18,45 | 1,83 | 1,1 | 60 |
| A2 | 10-32 | | 10,0 | 90,0 | 430 | 230 | 180 | 160 | 136 | 16,57 | 1,12 | 1,3 | 49 |
| A3 | 32-44 | | 3,8 | 96,2 | 330 | 300 | 190 | 180 | 170 | 6,81 | 1,05 | 1,4 | 53 |
| BA | 44-64 | | 7,7 | 92,3 | 420 | 290 | 150 | 140 | 136 | 2,11 | 1,07 | 1,7 | 44 |
| Bt | 64-100 | | 10,8 | 89,2 | 360 | 270 | 140 | 230 | 197 | 15,36 | 0,61 | 1,4 | 49 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | ΔpH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _e /kg) | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | | |
|------------|------------|--------|-------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|-------------|----------------------------|---------|--------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | | | | (H+Al) | Valor T (soma) |
| A1 | 6,70 | 7,06 | 0,35 | 0,42 | 8,11 | 2,16 | 0,88 | 0,11 | 10,34 | 0,00 | 0,53 | 10,87 | 95,09 | 0,03 | 0,00 |
| A2 | 6,34 | 6,62 | 0,28 | 0,29 | 6,75 | 1,24 | 0,52 | 0,27 | 8,16 | 0,00 | 1,01 | 9,16 | 88,98 | 0,04 | 0,01 |
| A3 | 5,16 | 4,87 | -0,29 | 0,22 | 3,07 | 2,40 | 0,10 | 0,34 | 5,67 | 0,08 | 2,12 | 7,79 | 72,75 | 1,33 | 0,02 |
| BA | 4,46 | 4,25 | -0,21 | 0,23 | 2,15 | 1,51 | 0,09 | 0,25 | 3,81 | 0,29 | 2,27 | 6,07 | 62,68 | 7,15 | 0,02 |
| Bt | 4,78 | 4,28 | -0,50 | 0,31 | 4,22 | 1,09 | 0,05 | 0,61 | 5,68 | 0,19 | 1,67 | 7,35 | 77,28 | 3,25 | 0,04 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki) | SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr) | Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--|---|---|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | | | | |
| A1 | 199,54 | | 35,82 | | | | | | | | | |
| A2 | 197,71 | | 30,48 | | | | | | | | | |
| A3 | 21,01 | | 14,97 | | | | | | | | | |
| BA | 27,05 | | 10,42 | | | | | | | | | |
| Bt | 5,28 | | 9,58 | | | | | | | | | |



Figura 5. Perfil de PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água
PERFIL – P6M-P (área agrícola)
DATA – 18/12/2018
CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO Litólico Chernossólico típico
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°06'59,4" W 037°55'42,4".
FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano
MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito
PEDREGOSIDADE – Não pedregosa
ROCHOSIDADE – Não rochosa
RELEVO LOCAL – Ondulado
EROSÃO – Ligeira
DRENAGEM – Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila
USO ATUAL – Plantação de hortaliças.
CLIMA – Tropical Chuvoso.
DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1– 0 – 28 cm; (2,5 Y 3/2, úmida) (2,5 Y 4/2, seca); franco-arenosa; moderada muito pequena blocos subangulares; muitos poros e muito pequenos e pequenos; muito dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

A2– 28 – 44 cm; (2,5 Y 3/2, úmida) (2,5 Y 4/2, seca); franco-arenosa; moderada muito pequena blocos subangulares; muitos poros e muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

Cr – 44 - 90 cm+;

RAÍZES – Comuns e finas em A (coluvial); comuns e médias em A.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P6

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A1 | 0-28 | | 10,4 | 89,6 | 382 | 248 | 240 | 130 | 103 | 20,25 | 1,85 | 1,4 | 55 |
| A2 | 28-44 | | 10,8 | 89,2 | 328 | 312 | 210 | 150 | 120 | 7,79 | 1,40 | 1,2 | 64 |
| C | 44-90 | | 14 | 86 | 390 | 310 | 150 | 150 | 120 | 22,04 | 1,00 | 1,6 | 51 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | ΔpH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _c /kg) | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | | |
|------------|------------|--------|-------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|-------------|----------------------------|---------|--------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | | | | (H+Al) | Valor T (soma) |
| A1 | 6,35 | 6,43 | 0,09 | 0,32 | 9,81 | 0,83 | 0,72 | 0,41 | 10,88 | 0,10 | 1,43 | 12,31 | 88,38 | 0,94 | 0,01 |
| A2 | 6,17 | 6,04 | -0,13 | 0,31 | 6,68 | 3,43 | 0,42 | 0,74 | 10,54 | 0,00 | 1,40 | 11,95 | 88,25 | 0,03 | 0,03 |
| C | 5,80 | 5,38 | -0,42 | 0,28 | 5,08 | 2,28 | 0,20 | 0,27 | 7,52 | 0,00 | 1,55 | 9,08 | 82,76 | 0,05 | 0,01 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C/N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki) | SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr) | Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--|---|---|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | | | | |
| A1 | 233,19 | | 43,74 | | | | | | | | | |
| A2 | 170,93 | | 22,68 | | | | | | | | | |
| C | 83,02 | | 9,54 | | | | | | | | | |



Figura 6. Perfil de NEOSSOLO Litólico Chernossólico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

PERFIL – P7M-P (paisagem - topo da paisagem)

DATA – 18/12/2018

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°07'01,1" W 037°55'40".

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano

MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito

PEDREGOSIDADE – Moderadamente pedregosa

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – Ondulado

EROSÃO – Ligeira

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila

USO ATUAL – Mata Nativa.

CLIMA – Tropical Chuvoso.

DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 10 cm; (10 YR 3/6, úmida) (10 YR 4/6, seca); franco-argilo-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; poros poucos e muitos e muito pequenos e pequenos; muito dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.

BA–10 – 20 cm; (10 YR 3/6, úmida) (10 YR 4/6, seca); franco-arenosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; poucos poros pequenos e médios; muito dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.

Bt–20 – 50 cm; (5 YR 4/6, úmida) (5 YR 5/6, seca); muito argilosa; forte muito pequena blocos angulares; poucos poros pequenos e médios; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

BC–50 – 75 cm; (5 YR 4/6, úmida) (5 YR 5/6, seca); argila; forte muito pequena e pequena blocos angulares; poucos poros pequenos e médios; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

RAÍZES – Comuns, finas e médias em A; comuns e finas em BA; comuns e finas em B.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL -P7

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A | 0-10 | | 10,5 | 89,5 | 350 | 250 | 190 | 210 | 182 | 13,30 | 0,90 | 1,07 | 47 |
| BA | 10-20 | | 15,9 | 84,1 | 360 | 290 | 180 | 170 | 138 | 17,46 | 1,06 | 0,97 | 50 |
| Bt | 20-50 | | 2,7 | 97,3 | 123 | 77 | 190 | 610 | 17 | 97,15 | 0,31 | 1,03 | 56 |
| BC | 50-75 | | 2,4 | 97,6 | 160 | 90 | 180 | 570 | 20 | 96,44 | 0,62 | 0,85 | 60 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | Δ pH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _e /kg) | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | | |
|------------|------------|--------|-------------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|-------------|----------------------------|---------|----------------|------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ (H+Al) | | | | Valor T (soma) | |
| A | 4,33 | 4,15 | -0,18 | 0,19 | 2,47 | 0,34 | 0,12 | 0,39 | 3,04 | 0,45 | 3,05 | 6,09 | 49,89 | 12,97 | 0,03 |
| BA | 4,71 | 4,62 | -0,10 | 0,24 | 2,82 | 0,64 | 0,14 | 0,27 | 3,62 | 0,10 | 3,07 | 6,69 | 53,87 | 2,85 | 0,02 |
| Bt | 4,38 | 4,43 | 0,05 | 0,13 | 2,78 | 1,44 | 0,06 | 0,24 | 4,37 | 0,28 | 2,62 | 6,99 | 62,45 | 5,97 | 0,01 |
| BC | 4,30 | 4,37 | 0,07 | 0,13 | 2,22 | 1,77 | 0,05 | 0,26 | 4,15 | 0,40 | 2,42 | 6,57 | 63,16 | 8,73 | 0,02 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C/N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Ki) | SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr) | Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--|---|---|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | | | | |
| A | 2,72 | | 15,27 | | | | | | | | | |
| BA | 6,97 | | 14,78 | | | | | | | | | |
| Bt | 0,72 | | 4,48 | | | | | | | | | |
| BC | 1,34 | | 4,03 | | | | | | | | | |



Figura 7. Perfil de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água
PERFIL – P8M-P (área agrícola)
DATA – 18/12/2018
CLASSIFICAÇÃO – PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°07'02,6" W 037°55'33,9".
FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano
MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito
PEDREGOSIDADE – Pedregosa
ROCHOSIDADE – Não rochosa
RELEVO LOCAL – Ondulado
EROSÃO – Moderada
DRENAGEM – Moderadamente drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila
USO ATUAL – Em pousio (preparo para uso futuro de milho, feijão, macaxeira e jerimum).
CLIMA – Tropical Chuvoso.
DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 6 cm; (2,5 Y 3/3, úmida) (2,5 Y 4/3, seca); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares e granular; poros comuns e pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

BA–6 – 23 cm; (2,5 Y 3/3, úmida) (2,5 Y 4/3, seca); franco-arenosa; fraca média blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

Bt–23 – 43+ cm; (2,5 Y 4/4, úmida) (2,5 Y 5/4, seca); franco-argilo-arenosa; forte média blocos angulares; muitos poros muito pequenos; dura, friável; ligeiramente plástico, pegajoso; transição gradual e ondulada.

Cr – 43 - 60 cm+;

RAÍZES – Raras e finas em A; raras e finas em BA; poucas e médias em B.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL –P8

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A | 0-6 | | 30,1 | 69,9 | 365 | 305 | 230 | 100 | 89 | 14,94 | 2,3 | 1,33 | 14 |
| BA | 6-23 | | 4,9 | 95,1 | 315 | 295 | 200 | 190 | 161 | 13,90 | 1,05 | 1,30 | 18 |
| Bt | 23-43 | | 2,0 | 98,0 | 362 | 278 | 160 | 200 | 171 | 12,80 | 0,8 | 1,30 | 18 |
| C | 43-60 | | 4,5 | 95,5 | 470 | 260 | 130 | 140 | 141 | 2,00 | 0,93 | 1,31 | 17 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | ΔpH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _e /kg) | | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | |
|------------|------------|--------|-------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|--------|-------------|----------------------------|---------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | (H+Al) | | | | Valor T (soma) |
| A | 5,28 | 5,27 | -0,01 | 0,21 | 7,70 | 1,08 | 0,11 | 0,10 | 8,84 | 0,00 | 3,56 | 12,40 | 71,30 | 0,00 | 0,00 |
| BA | 4,92 | 4,58 | -0,34 | 0,18 | 9,76 | 0,70 | 0,02 | 0,06 | 10,49 | 0,06 | 2,45 | 12,94 | 81,04 | 0,60 | 0,00 |
| Bt | 5,22 | 4,29 | -0,93 | 0,16 | 11,66 | 1,88 | 0,02 | 0,08 | 13,59 | 0,18 | 1,82 | 15,41 | 88,22 | 1,28 | 0,00 |
| C | 5,24 | 4,35 | -0,89 | 0,14 | 7,76 | 1,65 | 0,02 | 0,10 | 9,46 | 0,10 | 1,29 | 10,76 | 87,98 | 1,08 | 0,00 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C/N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ (Ki) | R ₂ O ₃ (Kr) | Fe ₂ O ₃ | |
| A | 185,12 | | 21,52 | | | | | | | | | |
| BA | 74,55 | | 11,21 | | | | | | | | | |
| Bt | 62,64 | | 10,77 | | | | | | | | | |
| C | 65,16 | | 7,18 | | | | | | | | | |



Figura 8. Perfil de PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.

TRABALHO – Tese do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água
PERFIL – P9M-P (paisagem – terço superior da elevação)
DATA – 18/12/2018
CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Município Martins-RN. Coordenadas S 06°07'07,3" W 037°55'32,3".
FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Pré-Cambriano
MATERIAL ORIGINÁRIO – Saprolito
PEDREGOSIDADE – Pedregosa
ROCHOSIDADE – Rochosa
RELEVO LOCAL – Suave
EROSÃO – Moderada a forte
DRENAGEM – Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Caatinga hiperxerófila
USO ATUAL – Mata Nativa
CLIMA – Tropical Chuvoso.
DESCRITO E COLETADO POR – Francisco Ernesto Sobrinho / Phâmella Kalliny Pereira Farias / Jeane Cruz Portela / Joseane Dunga da Costa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 20 cm; (2,5 Y 4/3, úmida) (2,5 Y 5/3, seca); franco-arenosa; fraca muito pequena a pequena blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; muito dura, friável; não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.

R– 20+ cm;

RAÍZES – Raras, finas e médias em A.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

PERFIL –P9

| Horizontes | | Frações da amostra total (%) | | | Composição granulométrica da terra fina (g/kg) | | | | Argila dispersa em água (g/kg) | Grau de flocculação (%) | Silte argila | Densidade do solo (g/cm ³) | Porosidade (%) |
|------------|------------|------------------------------|------------------|-------------|--|------------------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|--|----------------|
| Símbolo | Prof. (cm) | Calhaus >20 mm | Cascalho 20-2 mm | TFS A <2 mm | Areia grossa 2-0,2 mm | Areia fina 0,2-0,05 mm | Silte 0,05-0,002 mm | Argila <0,002 mm | | | | | |
| A | 0-20 | | 7,9 | 92,1 | 415 | 285 | 190 | 110 | 105 | 8,71 | 1,73 | 1,13 | 48 |

| Horizontes | pH (1:2,5) | | Δ pH | CE (dS/m) | Complexo sortivo (cmol _c /kg) | | | | | | Valor V (%) | Saturação por alumínio (%) | PST (%) | | |
|------------|------------|--------|-------------|-----------|--|------------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|-------------|----------------------------|---------|--------|----------------|
| | Água | KCl 1N | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Valor S (soma) | Al ³⁺ | | | | (H+Al) | Valor T (soma) |
| A | 5,40 | 5,11 | -0,29 | 0,33 | 4,36 | 2,18 | 0,03 | 0,16 | 6,64 | 0,01 | 1,42 | 8,06 | 82,39 | 0,15 | 0,01 |

| Horizontes | P disponível (mg/kg) | P rem (mg/dm ³) | COT (g/kg) | C/N | Ataque sulfúrico (g/kg) | | | | SiO ₂ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Equivalente de CaCO ₃ (g/kg) |
|------------|----------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ (Ki) | R ₂ O ₃ (Kr) | Fe ₂ O ₃ | |
| A | 16,25 | | 12,9 | | | | | | | | | |



Figura 9. Perfil de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, coletado no município de Martins-RN, em 18 de Dezembro de 2017.