



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

JUSSIARA SONALLY JÁCOME CAVALCANTE

**RELAÇÕES SOLO-PAISAGEM ASSOCIADAS AOS USOS AGRÍCOLAS
NO MUNICÍPIO DE MARTINS – RN**

**MOSSORÓ – RN
2016**

JUSSIARA SONALLY JÁCOME CAVALCANTE

**RELAÇÕES SOLO-PAISAGEM ASSOCIADAS AOS USOS AGRÍCOLAS
NO MUNICÍPIO DE MARTINS – RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sc. Jeane Cruz
Portela – UFERSA

MOSSORÓ – RN
2016

© 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 tornar-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.

C376r Cavalcante, Jussiana Sonally.
Relações solo-paisagem associadas aos usos
agrícolas no município de Martins-RN / Jussiana
Sonally Cavalcante. - 2016.
64 f. : il.

Orientadora: Profª. Dra. Jeane Cruz Portela.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2016.

1. Solos. 2. Estabilidade de agregados. 3.
Monocultivos. 4. Consórcio. 5. Neossolos. I.
Portela, Profª. Dra. Jeane Cruz, orient. II. Título.

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.

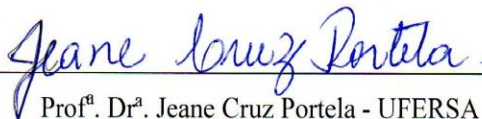
JUSSIARA SONALLY JÁCOME CAVALCANTE

RELAÇÕES SOLO-PAISAGEM ASSOCIADAS AOS USOS AGRÍCOLAS
NO MUNICÍPIO DE MARTINS – RN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

APROVADA EM: 19/02/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof.^ª. Dr.^ª. Jeane Cruz Portela - UFERSA
Orientadora



Prof.^º. Dr. Renato Dantas Alencar - IFRN
Primeiro Membro



Prof.^º. Dr. Francisco Ernesto Sobrinho
Segundo Membro



Prof.^º. Dr. Nildo da Silva Dias (UFERSA)
Terceiro Membro

DEDICATÓRIA

Dedico

Aos meus pais

João Bosco Cavalcante (*In memoriam*)

e

Lucenira Jácome Cavalcante
pelo incentivo e apoio em todas
as minhas decisões e escolhas

Ofereço

Aos meus irmãos queridos

Jussiêu Jácome Cavalcante

e

Jandiara Sinara Jácome Cavalcante

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pai todo poderoso que me deu forças para seguir sempre em frente.

À minha orientadora, **Prof. Dr^a. Jeane Cruz Portela** por sua dedicação, sensibilidade e apoio ao longo dessa jornada.

Ao Professor **Francisco Ernesto Sobrinho** pela sua experiência e ensinamentos compartilhado.

Aos agricultores pela concessão da área em estudo, pela experiência passada e o apoio para a realização dessa pesquisa, em especial ao seu Antônio Galdino e Uelson Alves Galdino.

À **Universidade Federal Rural do Sêmi-Árido (UFERSA)**, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Laboratório de Análise de Solo Água e Planta (LASAP) pela efetivação da pesquisa e contribuinte para a realização do curso de Pós-Graduação.

Aos (as) Professores do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Sêmi-Árido: Jeane Cruz Portela, Carolina Malala Martins, Miguel Ferreira Neto, Rafael Batista, Nildo da Silva Dias e José Francismar de Medeiros que contribuíram direto e indiretamente com os ensinamentos passados e para efetivação da pesquisa.

Aos (as) técnicos e funcionários do LASAP Antônio Carlos da Silva, Francisco Souto Júnior, Elídio Andrade Barbosa, Ana Kaline da Costa Ferreira, Antônio Tomaz da Silva Neto, Antônia Edna da Fonseca, Maria Lúcia de Souza Costa pelo apoio nas análises laboratoriais.

À **CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Stefeson Bezerra de Melo pelo apoio na condução da estatística multivariada realizada nesse trabalho.

Á uma grande amiga que sempre levarei em todo meu caminho pela paciência e amor com o que trabalha Jucirema Ferreira da Silva.

Aos (as) grandes amigos que adquiri que foram essenciais ao longo dessa jornada Mikhael Rangel de Souza Melo, Maria Laiane do Nascimento Silva, Cezar Augusto Medeiros Rebouças, Joaquim Emanuel Gondim, Safira Yara Azevedo Medeiros da Silva, Luiz Eduardo Vieira de Arruda, Rauny Oliveira de Souza, Alyssandny Matos Xavier, Tarcísio José de Oliveira Filho, Joseany Dunga da Costa, Ana Cláudia Medeiros Souza, Maria Clara Correia Dias, Luiz Ricardo Rebouças, Rita de Cássia Alves, Pedro Romualyson, José Leônicio de Almeida Silva, Ana Santana de Medeiros pelos momentos de apoio nos estudos e os de lazer.

À turma do mestrado em Manejo de Solo e Água pelo companheirismo, apoio e por todos os momentos felizes que passamos juntos.

À banca pelas valiosas sugestões e trabalho dedicado a avaliação do presente estudo. E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para esta dissertação tornar-se realidade, o meu MUITO OBRIGADO.

RESUMO

A ausência de diversidade de plantas em sistemas de cultivo agrícolas constitui como uma forma extensiva e preocupante da degradação do solo. Neste contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar os atributos físicos e químicos de um solo em relação a paisagem e usos agrícolas, visando detectar quais desses atributos foram os mais sensíveis na distinção dos ambientes. A pesquisa foi desenvolvida no município de Martins/RN no sítio Bela Vista. Para a caracterização do ambiente em estudo realizou-se a abertura de três perfis representativos e, coletou-se amostras de solos nos horizontes diagnósticos para análises físicas e químicas do solo e posteriormente sua classificação. Foram estudadas seis áreas: consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); monocultivo de cana de açúcar (CAN); monocultivo de banana (BN); monocultivo de capim elefante (CE); monocultivo de milho (MM) e mata nativa, como referência (MN). Para o estudo das áreas, coletou-se 6 amostras compostas oriundas de 15 subamostras em cada área supracitadas, com estrutura deformada nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m a fim de proceder as análises dos atributos físicos e químicos do solo. As análises foram realizadas nos laboratórios de Física e Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Quanto a classificação dos solos nos ambientes de cultivo a classificação textural variou dos solos nos ambientes de cultivo a classificação textural variou caracterizando os ambientes nos perfis quanto a classificação textural variou de argilo arenosa, argilosa e muito argilosa, com pH variando de ácido a neutralidade. Verificou-se baixas concentrações de bases trocáveis, consequentemente baixa saturação por bases, considerados distróficos. Quanto aos usos agrícolas seguiu a mesma tendência quanto a fertilidade, sendo que na área de capim elefante apresentou maior qualidade estrutural. Os solos foram classificados em Neossolos Flúvicos nas áreas de cana de açúcar e capim elefante, consórcio, banana e milho e Neossolo Litólico na mata nativa. A classificação textural nos perfis de solo variou de argila arenosa, a argilosa (Neossolos Flúvico), argiloso a muito argiloso (Neossolo Flúvico) e argilo arenoso (Neossolo Litólico). A fertilidade quanto aos usos agrícolas apresentaram reações de acidez para as áreas de Mata Nativa (MN); e Consórcio (CON), tendendo a neutralidade para o Capim Elefante (CE), Milho (MM) e Banana (BAN), com presença de Al^{3+} e $H+Al$ e sem elevada salinidade. O maior teor de Carbono Orgânico Total (COT) foi nos usos agrícolas de Capim Elefante (CE) e o consórcio (CON) o que favoreceu a maior agregação e estabilidade de agregados no solo, sendo influenciado pela relação solo-paisagem. Por meio dos componentes principais da análise multivariada demonstraram-se que alguns dos atributos químicos (pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Soma de bases, t, V, CE, Na^+ e PST foram indicadores da separação dos ambientes). Todavia os mais sensíveis foram (Al^{3+} ; $H-Al$).

Palavras-chave: Estabilidade de agregados, monocultivos, interflúvio.

ABSTRACT

The absence of plant diversity in agricultural cultivation systems is as extensive and alarming rate of soil degradation. In this context, the research aimed to evaluate the physical and chemical properties of the soil in relation to landscape and agricultural uses to detect which of these attributes were the most sensitive in distinguishing environments. The research was conducted in the city of Martins / RN on site Bela Vista. To characterize the environment in study opening was held three representative profiles and collected soil samples to the diagnostic horizons for physical and chemical analysis of the soil and subsequently classification. six areas were studied: maize consortium, beans and cassava (CON); monoculture of sugarcane (CAN); banana monoculture (BN); monocultures of elephant grass (CE); corn monoculture (MM) and native vegetation as reference (MN). For the study of areas, collected by 6 samples derived from compound 15 replicates for each area mentioned above, the deformed structure with layers of 0.00 to 0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m in order to perform analyzes of the physical and chemical soil. Analyses were performed in the laboratories of Physics and Soil Fertility of the Federal Rural University of Semi-Arid. The textural classification of soils in cultivation environments textural rating ranged Characterizing the environments in profiles as textural rating ranged from sandy clay, clay, and clayish, with pH ranging from acid neutralidade. Verificou low concentrations of exchangeable cations, consequently low base saturation, considered dystrophic. As for agricultural use followed the same trend as fertility, and the grass area elephant showed higher structural quality. The soils were classified in Fluvisols in the fields of sugar cane and elephant grass, consortium, banana and corn and Udorthent the native forest. Textural classification in soil profiles varied from sandy clay, the clay (Neossolos Fluvic), clayey to very clayey (Fluvisol) and sandy clay (Udorthent). Fertility on farming uses showed acidity reactions to the natural forest areas (MN); and Consortium (CON), tending towards neutrality for elephant grass (CE), corn (MM) and Banana (BAN), with the presence of Al^{3+} and H^+ and without high salinity. The largest Total Organic Carbon (COT) content was in agricultural use of elephant grass (CE) and the consortium (CON) which favored the largest aggregation and aggregate stability in the soil is influenced by soil-landscape relationship. By means of the main components of multivariate analysis demonstrated that some of the chemical characteristics (pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} Sum bases, T, V, CE, Na^+ and PST were indicators of separation environments). However the most sensitive were (Al^{3+} , H-Al).

Keywords: Aggregate stability, monocultures, interfluvial.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo sua classificação quanto referente aos usos agrícolas no Sítio Bela Vista, Martins-RN.....	40
Tabela 2 - Distribuição do tamanho das partículas, classificação textural, classificação do solo e coordenadas geográficas de Neossolos, Sítio Bela Vista, município de Martins, RN	42
Tabela 3 - Médias dos atributos químicos de um Neossolo em sistemas de usos agrícolas, nas camadas 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, no Sítio Bela Vista, Martins - RN.....	47
Tabela 4 - Médias dos atributos físicos de Neossolos em sistemas de usos agrícolas, nas camadas 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m no Sítio Bela Vista, município de Martins - RN.	49
Tabela 5 - Médias dos atributos físicos de Neossolos em sistemas de usos agrícolas, no Sítio Bela Vista, município de Martins-RN	50
Tabela 6 - Estatística descritiva de atributos químicos e físicos do solo nas camadas de (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m) em sistemas de usos agrícolas no Sítio bela Vista, município de Martins/RN	52
Tabela 7 - Autovetores dos atributos químicos e físicos do solo analisados, com as componentes principais e autovalores da matriz de correlação, percentagem de explicação e explicação acumulada da variância total	54
Tabela 8 - Matriz de correlação dos atributos químicos e físicos do solo obtidos pela análise de componentes principais (ACP) em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 02 – monocultivo de cana de açúcar (CAN); 03 – monocultivo de banana (BN); 04 – monocultivo de capim elefante (CE); 05 – monocultivo de milho (MM) e 06 – mata nativa (MN) e diagrama de ordenação dos componentes principais, no Sítio bela Vista, município de Martins/RN	58

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de solos do município de Martins - RN	6
Figura 2 - Dados climáticos da Estação meteorológica convencional instalado no município Apodi-RN nos meses de Janeiro a Dezembro de 2015	8
Figura 3 - Localização do município de Martins/RN e do Sítio Bela Vista.....	17
Figura 4 - Identificação das áreas agrícolas em estudo e imagem aérea do perímetro, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.Fonte: pesquisa de campo, 2015. https://www.google.com.br/maps/	Erro! Indicador não definido.
Figura 5 - A área de consórcio de milho, feijão e mandioca (CON), Sítio Bela Vista no município de Martins/RN	19
Figura 6 - Área de Cana de Açúcar (CAN), Sítio Bela Vista no município de Martins/RN....	20
Figura 7 - (A) Área de monocultivo de banana c.v Prata, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN	20
Figura 8 - (A) Área de Área de Capim Elefante (CE), Sítio Bela Vista no município de Martins/RN	21
Figura 9 - (A) Área de monocultivo de milho (MM) no final do ciclo; (B) Área de milho em pousio, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN	22
Figura 10 - (A) Área de Mata nativa, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.....	23
Figura 11 - Perfis de Neossolos Flúvicos (A e B) e Litólico (C), representativos das áreas de usos agrícolas, Sítio Bela Vista, município de Martins, RN. Fonte: Acervo do pesquisador, 2014	24
Figura 12 - Perfis de Neossolos Flúvicos (A e B) e Litólico (C), representativos das áreas de usos agrícolas, Sítio Bela Vista, município de Martins, RN. Fonte: Acervo do pesquisador, 2014	24
Figura 13 – (A) Percentagem de agregação, (B) estabilidade de agregados em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – monocultivo de capim elefante (CE); 02 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 03 – mata nativa (MN); 04 – monocultivo de banana (BN); 05 – monocultivo de cana de açúcar (CAN) e 06 – monocultivo de milho (MM) no Sítio Bela Vista, município de Martins - RN	13
Figura 14 -Diagrama de projeção dos vetores para os atributos químicos e físicos, em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 02 – monocultivo de cana de açúcar (CAN); 03 – monocultivo de banana (BN); 04 – monocultivo de capim elefante (CE); 05 – monocultivo de milho (MM) e 06 – mata nativa (MN) diagrama de ordenação dos componentes principais no Sítio bela Vista, município de Martins/RN.....	56

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM	3
2.2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO SERRANA DE MARTINS - RN	5
2.2.1. Geologia	5
2.2.2. Clima	7
2.2.3. Vegetação	8
2.3. ASPECTOS ECONÔMICOS E ATIVIDADES AGRÍCOLAS	9
2.4. ATRIBUTOS DO SOLO AFETADOS PELOS USOS AGRÍCOLAS	10
2.4.1. Físicos	10
2.4.2. Químicos	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	17
3.2. SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS NA PESQUISA	18
3.2.1. Área de consórcio de milho, feijão e mandioca (CON)	18
3.2.2. Área de Cana de Açúcar (CAN).....	19
3.2.3. Área de Banana (BAN)	20
3.2.4. Área de Capim Elefante (CE).....	21
3.2.5. Área de milho (MI)	21
3.2.6. Área de Mata Nativa (MN)	22
3.2.7. Caracterização das áreas em estudo e identificação das Classes de Solos	23
3.2.8. Amostragem das áreas em estudo e o beneficiamento das amostras para realização das análises laboratoriais de solo com estrutura deformada	24
3.3. ANÁLISES REALIZADAS	40
3.3.1. Análises químicas do Solo	40
3.3.2. Análises físicas do solo	40

3.3.3 Análise estatística e interpretação dos resultados.....	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÃO.....	1
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1

INTRODUÇÃO

Os solos apresentam variabilidade espacial em consequência do material de origem, paisagem, relevo e o padrão climático. Dentre os diversos fatores que influenciam na variabilidade espacial dos atributos do solo, destacam-se a posição do terreno na paisagem (declividade e forma do relevo) como uma característica que controla as rotas preferenciais do fluxo de água e a sua dinâmica no solo (Souza, 2006). Dessa forma, a localização dos solos na paisagem, os diferentes sistemas de usos agrícolas e o manejo do solo são considerados como principais ferramentas para mudanças na composição e nos seus arranjos estruturais. As práticas conservacionistas de suporte e a diversidades de plantas no sistema refletem positivamente na manutenção e/ou melhoria na capacidade produtiva do solo e consequentemente, ao crescimento radicular e à permanência dos resíduos vegetais na superfície.

Conforme Rebouças et al., (2013) o monitoramento nos sistemas de usos agrícolas permiti um diagnóstico das áreas estudadas, e a partir dessas informações atuar com ações indispensáveis para manutenção e/ou melhoria dos atributos do solo, uma vez que, essas alterações decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, normalmente são comparadas a áreas com menor interferência antrópica, sendo assim, utilizada como referência, a qual em muitas vezes, a retirada da cobertura vegetal original e a implantação de culturas, aliadas a práticas de preparo intensivo do solo promovem o rompimento da estabilidade entre o sistema solo-planta-atmosfera. Atuando na eficácia para a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Bertol et al., 2004; Silva & Mielniczuk, 1997).

O município de Martins/RN localizada no alto da serra homônima caracteriza-se por apresentar uma variabilidade de classes de solos caracterizados por rochas cristalinas com baixo potencial hidrogeológicos. Com predominância dos Latossolos, localizados nos topos de elevações e, nas encostas de elevações e baixadas, os Neossolos Flúvicos e Litólicos. Uma característica marcante dessa região refere-se aos elevados índices de precipitação pluvial no topo do planalto e temperaturas amenas em função dos efeitos orográfico regionais, quando comparado ao seu redor. E embora nos últimos anos os registros de chuvas foram escassos, com probabilidade de secas na faixa de 80 a 100 % (Emparn, 2015). As características naturais do relevo acidentado com áreas de encostas, associada a uma agricultura que não considera as áreas de encostas vizinhas (posição na paisagem onde foi desenvolvido o estudo) associado a uma agricultura que não aplica práticas adequadas de manejo e o uso sustentável do solo, tais como: uso e preparo

intensivo do solo, monocultivos, pecuária extensiva, queimadas, desmatamento e extrativismo vegetal desordenado, sem observar as particularidades locais, tornando a região local mais suscetível aos processos de degradação (Nunes et al., 2015).

Estudos avaliando os atributos do solo na região potiguar são escassos, vistos que sua quantificação em diferentes usos agrícolas de forma integrada se faz necessário para o estabelecimento de práticas agrícolas adequadas, e estes estão inter-relacionados.

Neste contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar os atributos físicos e químicos de um solo e sua classificação em relação a paisagem e usos agrícolas, visando detectar quais desses atributos foram os mais sensíveis na distinção dos ambientes.

As principais hipóteses do presente estudo delineadas foram:

Os atributos físicos e químicos do solo são influenciados pelo uso agrícola e posição na paisagem;

Diferentes usos agrícolas, dos solos refletem no crescimento aéreo e radicular e ao aporte de resíduos vegetais e podem modificar a estrutura do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM

São muitos os conceitos de solos elaborados para compreensão desse recurso, sendo contextualizado de acordo com sua destinação e de acordo com seus fins de estudo. Um conceito bastante utilizado é o solo como corpos naturais resultante da interação do intemperismo biogeoquímico das rochas por meio da ação dos fatores ambientais clima e organismos sobre o material de origem em função do relevo ao longo do tempo. Sendo resultante da interação da ação da atmosfera pelo o ar do solo, a biosfera fornecendo matéria orgânica e biomassa, a litosfera compondo as partículas do solo e a hidrosfera pelo ciclo hidrológico. É um sistema dinâmico constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos de natureza mineral e orgânica, que ocupa a maior parte das superfícies continentais do planeta terra (Kämpf; Curi, 2012).

A matriz do solo (fase sólida) é composta principalmente de sólidos orgânicos e partículas minerais, cuja fração orgânica é formada da acumulação de resíduos animais e vegetais em diferentes graus de decomposição. a matéria orgânica é um componente que contribui de maneira significativa para o balanço de cargas elétricas no solo influenciando decisivamente a densidade das mesmas, principalmente pela alta quantidade de sítios com cargas negativas, variando de 2000 a 5000 mmolc kg⁻¹ (matéria húmica unificada), sendo que, suas quantidades dependem das condições de intemperismo e da atividade biológica. Segundo Alleoni, Mello e Rocha, (2009).

A parte mineral é constituída de partículas unitárias (frações areia, silte e argila), resultantes do intemperismo (físico, químico e biológico) do material de origem do solo ou pela ação vulcânica apresentando diversas formas, tamanhos, arranjos e composições (Ferreira, 2010).

A relação de todos os componentes do solo faz com que os solos desempenhem funções básicas como parte do ambiente oferecendo meio de suporte para o crescimento de plantas, regulador de fluxos de água, gás e energia, filtrar e reciclar os contaminantes ambientais em potencial, suportar as obras de engenharia tais como estradas, aterros e edificações. As interações desses vários elementos contribuem para a formação de diferentes paisagens a partir da diversidade do ambiente, potencialidades e limitações de uso (Bastos et al., 2012; Coelho et al., 2009).

Na paisagem os solos diferenciam-se devido a ação de seus fatores de formação (Material de Origem, Clima, Relevo, Biosfera, Tempo) e ação antrópica cuja atuação de caráter independente. Cada paisagem é composta por um conjunto de diferentes solos, sua própria maneira de influenciar os processos ecológicos. Dessa forma, o solo deve ser estudado e examinado em relação a paisagem que ocupa e aos fatores externos que o influenciam (atmosfera, hidrosfera, litosfera e atmosfera) (Resende et al., 1997).

Nesse sentido, a paisagem compreende a porção da superfície terrestre que abrange em uma única visada e que são descritas segundo suas dimensões horizontais e verticais e pela forma e ângulo das vertentes que as compõem. A vertente pode ser definida como unidades básicas do relevo que por seu gradiente (inclinação em relação à horizontal), por seu perfil (distribuição ao longo do gradiente) e por seu contorno (distribuição normal ao comprimento da vertente) são fundamentais para explicar o desenvolvimento das paisagens, conforme Ruhe e Walker (1968).

Nas vertentes planas e altas, o movimento vertical da água resulta em uma maior uniformidade dos solos, tendendo a ser bem drenados e profundos, o que influencia a atividade agrícola da fruticultura e das espécies vegetais com maior desenvolvimento radicular. As áreas de encosta predomina o processo de transporte lateral de material e água, resultando em solos com superfícies irregulares que ao longo da vertente, apresentam grande variação na morfologia e nas características e propriedades físicas e químicas, formando solos menos espessos e com uso agrícola limitado. Nas áreas de sopé (áreas mais baixas, em relação ao plano superior da vertente), existem zonas deposicionais, caracterizadas por materiais trazidos em solução, via superfície. Nas áreas de sopé os solos tendem a apresentar maiores teores de bases e matéria orgânica e serem geralmente muito heterogêneos, em razão dos depósitos coluviais originados por movimentos de massa, drenagem irregular e deposição desuniforme (Ker et al., 2012).

Há uma forte relação entre o relevo e o fator tempo no processo de formação dos solos. As regiões expostas ao intemperismo há mais tempo são justamente as grandes elevações tais como chapadas e serras. Nessas paisagens mais antigas, ocorrem predominância de solos mais velhos e intemperizados. Por refletirem seus fatores e processos de formação, os solos são grandes indicadores da variabilidade ambiental e, por conseguinte, são excelentes estratificadores do meio natural. Para Thomas (1994), à medida que a umidade vai ficando escassa, sobretudo quando se adentra no ambiente semiárido, o clima vai perdendo gradativamente importância (menor ação do intemperismo químico) e a geologia (litologia) passa a assumir, cada vez mais, destaque no conjunto de características e propriedades dos solos.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO SERRANA DE MARTINS - RN

2.2.1. Geologia

O município de Martins no estado do Rio Grande do Norte apresenta uma área de aproximadamente 169,47 km² (Fermurn, 2014), compõem essas pedopaisagens de elevações. A região é formada por rochas do pré-cambriano, pertencentes ao complexo nordestino, com predominância do migmatito e núcleos de granitoides, podendo ser localizados tanto rebaixados, pediplanados, como realçadas em pequenos maciços residuais.

Quanto à disposição dos solos na paisagem do vale observa-se o que se segue: LATOSSOLOS AMARELO Distrófico, ocupando as partes mais elevadas das encostas, CAMBISSOLOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS nos termos médios e inferior, com afloramentos de blocos de arenito de cor amarelada e violeta enterrados; NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico, na parte plana do sedimento fluvial no fundo do vale, influenciado pela impermeabilidade das rochas cristalinas subjacentes. No geral, a pedoforma básica que favorece a concentração de água de chuva na bacia hidrográfica do Sítio Bela vista é linear côncavo, em que o escoamento das águas das encostas se dá sem o processo de formação de ravinas. A hidrografia se resume ao córrego intermitente de primeira ordem, em que no trecho mais baixo, com sedimentos fluviais de 2 a 3 m de espessura, se mantém praticamente encharcado durante boa parte do ano pelo lençol freático elevado, mantido pelo minar de água do aquífero subterrâneo no sopé da elevação da formação arenítica do planalto sobrejacente, que recebe as precipitações pluviais no período chuvoso (Jacomine et al., 1971).

Os solos predominantes no município, conforme levantamento realizado por Jacomine et al., (1971), tem sua origem no pré-cambriano, sendo representado pelo grupo Barreiras. O grupo Barreiras constitui uma cobertura sedimentar terrígena continental, de idade pliocênica, depositada por sistemas fluviais entrelaçados associados a leques aluviais, originando no topo da serra Latossolos, Luvisolos e os Neossolos nas encostas em relevo acidentado (Figura 1).

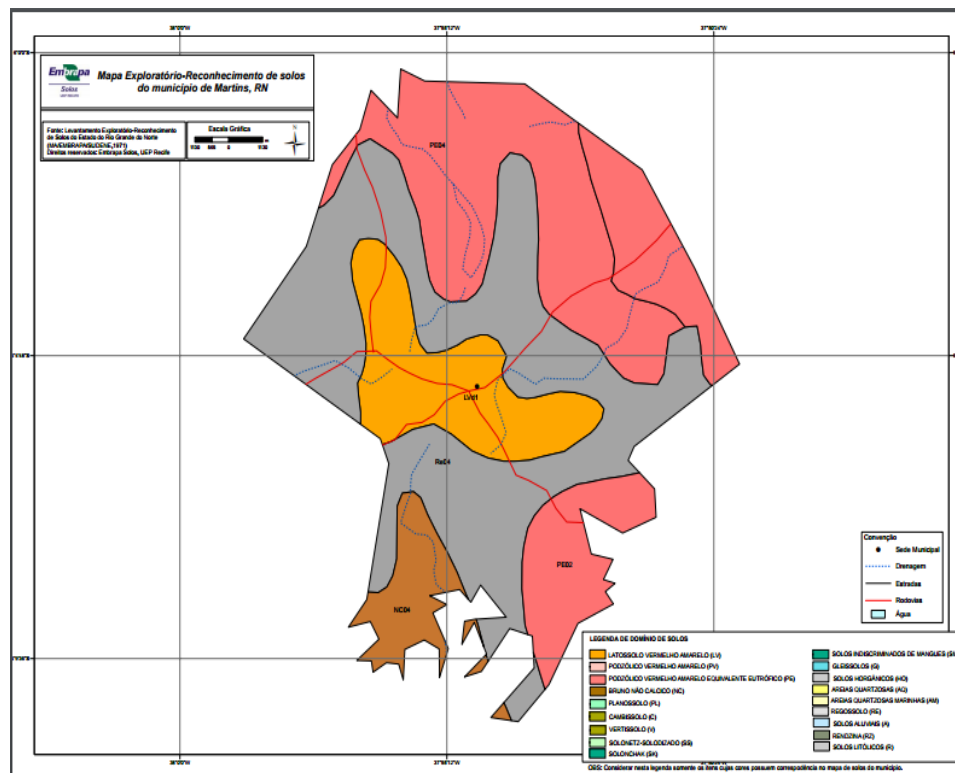


Figura 1 - Mapa de solos do município de Martins - RN

Os estudos dos Neossolos tem sido escassos no Brasil, representando solos pouco desenvolvidos, podendo elucidar o comportamento evolutivo em termos mineralógicos no clima atual, permitir um maior conhecimento da reatividade da fração coloidal e sua influência na fertilidade do solo, como também, contribui na definição de atributos diagnósticos para a sua classificação. Ocorrendo levantamentos de informações no segundo nível categórico de forma muito subjetiva, o que dificulta o trabalho dos especialistas na área. Neste sentido, são necessários estudos mais aprofundados sobre essa classe de solo, considerando a sua importância para a região semiárida e o avanço da fronteira agrícola no Brasil com a utilização de solos de baixa fertilidade natural e que necessitam de cuidados especiais no manejo da água, do solo e dos cultivos implantados (Pedron et al., 2007).

O planalto residual da Serra de Martins é constituída por sedimentos areníticos terciários da série Serra do Martins (Jacomine, 1971) sobre rochas do embasamento cristalino. Os sedimentos são formados por arenito e conglomerados com cimento de óxidos de ferro de consolidação moderada e forte. É comum, no terço inferior da encosta e partes mais profundas dos cacimbões cavados no fundo do vale, evidências de processos de desferificação (parte branca) ao lado de pontos avermelhados e violetas (Ernesto Sobrinho, 1987).

2.2.2 Clima

A região oeste do estado do Rio Grande do Norte está entre isoietas pluviais de 500 e 750 mm, em que o clima atual se ajusta ao semiárido quente, com duas estações definidas: período das chuvas de janeiro a junho e os da estiagem de julho a dezembro, ou mais, quando o ano não é chuvoso (Jacomine, 1971). Os dados da estação do posto pluvial da Serra do Martins apresenta maior precipitação pluvial anual em relação a Mossoró. No entanto, há resfriamento razoável durante a noite, principalmente nos meses de junho, julho e agosto, na qual as características do relevo influência no clima de uma localidade, principalmente próximo à superfície. O planalto da serra do Martins está inserido na região sertaneja semiárida de alto relevo apresentando clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantando-se para o outono apresentando duas estações definidas, uma chuvosa (janeiro a maio) e outra de estiagem (junho a dezembro).

Embora o município esteja inserido no semiárido brasileiro, os índices pluviais médios são de 900 mm por ano e temperatura média de 28°C, com umidade relativa do ar média de 50% no período de estiagem e 80% nos meses mais chuvosos. Segundo classificação de Köppen o clima é do tipo BSw'h' (clima quente e semiárido tipo estepe), com estação chuvosa atrasando-se para o outono. A temperatura no topo da serra de Martins é variável, sendo ligeiramente mais amena durante o dia, em relação a depressão sertaneja circundante. No entanto, ocorre um resfriamento significativo durante a noite, principalmente nos meses de junho e julho.

Nos meses de agosto e novembro de 2015, não foi registrado precipitação pluvial, o que agrava a situação da seca nesses últimos períodos. Registrando também, nos últimos três anos um dos maiores índice de probabilidade de secas na faixa de 80 a 100% (EMPARN, 2015). Aproximadamente 90% da área do município é constituída por solos profundos e rasos nas encostas de elevações, além de ser caracterizada por rochas cristalinas, com baixo potencial hidrogeológicas. As características naturais, associada a uma agricultura que não leva em consideração os recursos naturais e áreas de encosta que não são aplicadas práticas para promover o uso sustentável do solo, faz do município um estágio avançado de desmatamento (Nunes, 2015).

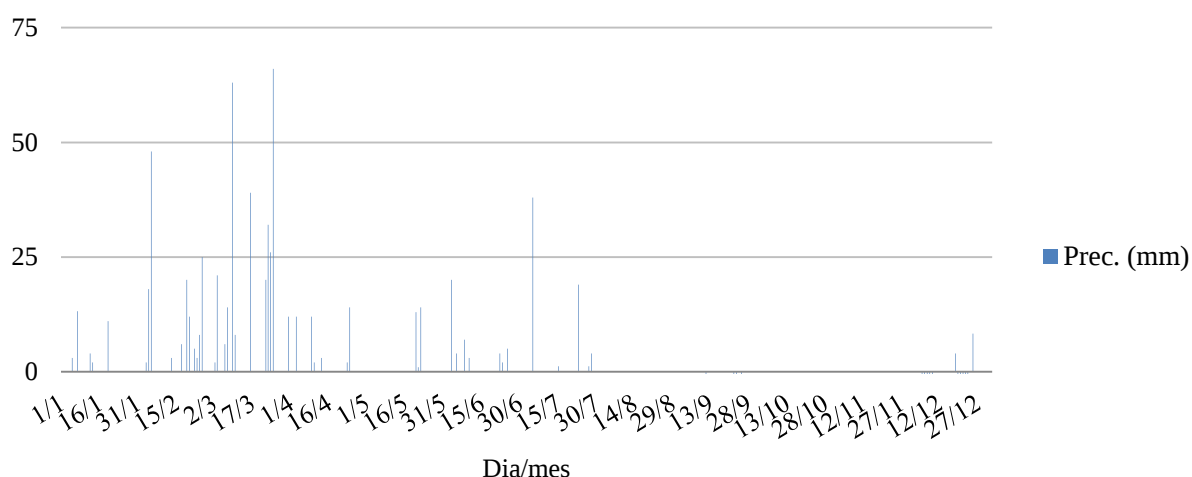


Figura 2 –Precipitação pluvial no período do estudo- EMPARN, 2015

2.2.3 Vegetação

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 hiperxerófila da depressão sertaneja deve-se ao maior volume de chuva e solo explorado pelas plantas e a temperatura amena que diminui a transpiração. Dessa forma a caatinga hiperxerófila arbórea encontrada nas áreas de relevo inclinado é a mais susceptível a ação antrópica constituídas principalmente de espécies de cactáceas, bromeliáceas e leguminosas, estando às arbóreas e arbustivas da Caatinga constituídas, por arbustos e árvores de médio e pequeno porte, sobre extrato herbáceo. Dessa forma, o que a paisagem nos permite ver, são catingas arbustivo-arbóreas ocupando maiores extensões do bioma. Um dos aspectos mais interessantes do ponto de vista botânico é a capacidade das espécies da caatinga perderem suas folhagens nos períodos secos, esse mecanismo permite as plantas regular o ajuste de sua transpiração economizando água para o convívio com estiagens prolongadas (Oliveira, 1988).

A cobertura vegetal predominante é a do tipo Caatinga Hiperxerófila - vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas. Entre outras espécies destacam-se a jurema-preta (*Mimosa hostilis*), mufumbo (*Combretum leprosum*), faveleiro (*Cnidocolus quercifolius*), marmeleiro (*Cydonia oblonga*), xique-xique (*Pilosocereus polygonus*) e facheiro (*Pilosocereus pachtycladus*).

A opção em desenvolver sistemas de cultivos que se assemelham aos mesmos processos realizados pela natureza, não implicam apenas na não utilização de

agroquímicos, do mínimo revolvimento do solo ou da adoção de práticas conservacionistas. Implica sim, conceber os sistemas naturais como sistemas complexos, dinâmicos e que, as perturbações ocorridas nesses sistemas poderão alterar de forma desordenada os diferentes arranjos naturais das populações de insetos, fungos e bactérias que promovem a melhoria desse ambiente para o estabelecimento das culturas (Gliessman, 2009).

2.3. ASPECTOS ECONÔMICOS E ATIVIDADES AGRÍCOLAS

As principais atividades econômicas estão ligadas à agropecuária e ao extrativismo nas áreas de relevo plano, enquanto no alto da serra relaciona-se quase que totalmente com a fruticultura, sendo também cultivadas, culturas de subsistência, como mandioca, feijão e milho, porém em escala mais reduzida. Nas áreas de relevo ondulado, a principal atividade econômica é a pecuária extensiva e o consórcio de milho e feijão e diversos monocultivos (Semarh, 2008). Uma parte da área está submetida a um nível tecnológico médio e baixo, onde as práticas agrícolas dependem do trabalho braçal e de tração animal, com implementos agrícolas simples. Outras áreas estão submetidas das práticas agrícolas de alto nível tecnológico, com a mecanização estando presente nas diversas fases das operações agrícolas.

Apesar de não apresentar sinais evidentes de degradação, suas áreas agrícolas usam manejo inadequado do solo e da cultura, como, monocultivo, pecuária extensiva, queimadas, plantio e semeadura morro abaixo, ausência de práticas conservacionistas, juntamente com o desmatamento e extrativismo vegetal, ou seja, um conjunto de práticas inapropriadas, que promovem modificação nas características e propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à degradação (Centurion et al., 2001).

Os agricultores que não dispõem de técnicas agrícolas de alto nível tecnológico utilizam áreas de baixadas para cultivar, por apresentar fertilidade natural média a alta. Porém, utilizam o uso de queimadas, monocultivos, sobrepastejo e outras práticas inadequadas de conservação do solo e da água. As áreas com declividades acentuadas refletem a necessidade do uso limitado de máquinas e de técnicas agrícolas conservacionistas, como o plantio em curva de nível, cultivos consorciados e implantação de cordões vegetados, como fator do controle do escoamento superficial, para minimizar o processo erosivo (Mendes et al., 2011). Em áreas de encosta práticas conservacionistas

de solo e culturas não são adotadas, bem como não observada a aptidão agrícola da terra, as classes de capacidade de uso dos solos, resultando em manejo inadequado do solo e da cultura, e utilização de máquinas e implementos agrícolas que aceleram e ampliam a degradação do solo.

Porém práticas conservacionistas de solo e culturas não são adotadas, bem como não observada a aptidão agrícola da terra, as classes de capacidade de uso dos solos, resultando em manejo inadequado do solo e da cultura, e utilização de máquinas e implementos agrícolas que aceleram e ampliam a degradação do solo. Os solos não muito profundos, pobres de ferro e, por extensão, em elementos traço (Resende, 1997), são susceptíveis ao processo erosivo (particularmente voçorocas), ou seja, o estágio mais avançado de degradação do solo. Portanto, em tais áreas um programa de proteção das pequenas bacias é fundamental para que os solos de suas várzeas possam ser utilizados de forma mais intensiva do que os das encostas, e a adaptabilidade de espécies vegetais (nativas ou não), são parâmetros fundamentais nos programas de manejo.

2.4 ATRIBUTOS DO SOLO AFETADOS PELOS USOS AGRÍCOLAS

2.4.1 Físicos

O uso de atributos físicos para o monitoramento do manejo empregado ao solo apresenta vantagens relacionadas ao baixo custo, metodologias simples e rápidas e relação direta com os demais atributos químicos e biológicos do solo e produtividade das plantas, pois influencia a aeração, a capacidade de armazenamento e disponibilidade de água. Os indicadores mais utilizados na análise física do solo são: densidade do solo, densidade de partículas, distribuição e tamanho dos poros, profundidade efetiva de enraizamento, índice de compressão, diâmetro médio de agregados (Schoenholtz et al., 2000; Singer & Ewing, 2000).

A densidade do solo (D_s) é uma propriedade variável em função da mineralogia, estrutura, textura, matéria orgânica, profundidade do solo e o seu uso agrícola. A densidade dos solos minerais varia de 700 a 2000 kg.m^{-3} , sendo que, para solos arenosos, esta em torno de 1300-1800 kg m^{-3} e para solos orgânicos esse valor compreende a faixa de 200-600 kg m^{-3} . Apesar de possuir menor densidade do solo em função da maior área superficial específica, os solos argilosos podem ser facilmente modificados em virtude do rearranjo estrutural das partículas causado pelo manejo inadequado do solo,

podendo chegar a valores superiores aos encontrados em solos arenosos (Brady & Weil, 2002; Libardi, 2012).

A densidade dos sólidos ou densidade de partículas (D_p) é uma característica que não está relacionada com o tamanho ou arranjo das partículas do solo (estrutura do solo), e sim com a parte sólida, (inorgânico e orgânico), ou seja, a matriz do solo. Sendo considerado o valor médio para solos minerais 2650 kg m^{-3} , enquanto, a faixa de variação da densidade dos sólidos para material orgânico é de 900 a 1300 kg m^{-3} (Kiehl, 1979). Ela representa a relação entre a massa de solo seco em estufa (Kg) e o seu volume de sólidos (m^{-3}).

A estrutura do solo é um dos indicadores importantes para o desenvolvimento das plantas, uma vez que influencia diretamente nas condições de adensamento, compactação, encrostamento, infiltração e suscetibilidade do solo à erosão (Campos et al., 1995). Uma das definições mais abrangentes referenciadas por Ferreira, 2010, é que estrutura do solo refere-se ao arranjo das partículas do solo e espaço poroso entre elas, inclusive o tamanho, forma e arranjo dos agregados formado quando partículas primárias podem se agrupar em unidades separáveis. Essa característica permite aos solos terem suas estruturas modificadas por se tratar de natureza dinâmica, modificando com o manejo adotado. Solos arenosos por possuírem partículas maiores, apresentam espaço poroso constituídos de poros de maior diâmetro, por outro lado, o volume total de poros é menor quando comparados aos de textura argilosa, onde a formação de microagregados pelas partículas de argila aumenta a microporosidade (Klein, 2006).

Sistemas de preparo do solo associados à rotação de culturas influenciam a estabilidade e o tamanho de agregados, ter havido significativa elevação do DMP dos agregados estáveis em água quando o plantio direto foi associado à rotação de culturas, fato que não se repetiu quando o sistema de preparo foi conduzido em ausência da rotação. Quando uma das culturas do sistema é a pastagem, esses efeitos ocorrem de forma acentuada e relativamente rápida, provavelmente devido ao abundante sistema radicular formado pela pastagem logo após sua implantação (Salton et al., 2008).

A textura do solo constitui uma das características físicas mais estáveis e representa a distribuição das partículas sólidas minerais (menores que 2 mm em diâmetro) ao tamanho. A estabilidade faz com que a textura seja considerada uma característica importante na descrição morfológica, como também, apresenta uma ligação com outros atributos do solo (Ferreira, 2010). O papel das raízes na formação de agregados, especialmente de plantas da família das gramíneas, tem se mostrado muito importante,

conforme demonstrado em vários trabalhos, como o de Silva & Mielniczuk (1997a), que avaliaram a distribuição de tamanho dos agregados estáveis em água em dois solos do Rio Grande do Sul e verificaram maior diâmetro de agregados do solo sob o sistema pangola em comparação a aveia/milho, siratro e solo descoberto.

A textura do solo exerce influência na dinâmica da matéria orgânica, pois solos de textura arenosa, a macroagregação pode ser o principal fator de estabilização da matéria orgânica, enquanto em solos argilosos intemperizados, ocorre formação de microagregados altamente estáveis, onde parte da matéria orgânica pode ser protegida fisicamente em locais inacessíveis aos microorganismos (Dick et al., 2009).

A consistência do solo diz respeito a presença das forças de físicas de coesão e de adesão entre as partículas do solo e outros materiais, conforme oscilações do conteúdo de água existente no solo. Dessa forma, a consistência varia com o conteúdo de água, textura, matéria orgânica, quantidade e natureza do material coloidal e ainda pelo tipo de cátion adsorvido nas partículas minerais tais como os teores e tipos de argilas presentes. Assim, argilominerais do grupo das esmectitas tal como montmorilonitas ocasionam maior consistência do que o argilomineral caulinita, tamanho das partículas e matéria orgânica promovem maior coesão do que areia e silte. Dessa forma os solos arenosos são aqueles que contêm mais de 70 % de areia, são soltos, friáveis e não apresentam plasticidade e nem pegajosidade e baixa fertilidade. São solos que retêm pouca água, apresentam boa permeabilidade e aeração (Freire, 2006).

2.4.2 Químicos

Os atributos químicos do solo que influenciam o desenvolvimento das plantas são aqueles que estão dispostos na solução do solo. Temos então que, a composição do solo exerce uma influência ímpar nas propriedades e estes são o resultado da interação entre o material ao qual foi originado o solo e os demais fatores de formação. Nessa perspectiva, alguns macronutrientes serão apresentados. É de consenso entre os pesquisadores das ciências do solo de que existem dezessete elementos essenciais e de que a demandada nutricional da planta depende do balanceamento destes elementos essenciais na solução do solo (Freire, 2006). A concentração em que os elementos se encontram na solução do solo são bastante dependentes do pH do solo, em especial para os solos bem arejados, tais como os Neossolos.

O pH afeta a distribuição de micronutrientes que estão associados aos diferentes componentes do solo, o aumento de pH diminui a presença de cobre, ferro, manganês e zinco na solução do solo (Abreu et al., 2001). O pH do solo é uma medida simples e indica se a reação do solo é ácida, neutra ou alcalina, a escala varia de 0 a 14, sendo que um valor de pH igual a 7 indica que ele é neutro, acima e menor que 7 indica pH alcalino e ácido, respectivamente (Melo, 2013; Meurer., 2006). Grande parte dos solos agrícolas das regiões tropicais e subtropicais apresenta limitações ao crescimento de muitas culturas em virtude dos efeitos da acidez excessiva, de forma direta os efeitos mais acentuados estão relacionados com os transtornos fisiológicos.

A condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo expressa a concentração total de sais solúveis no solo, pelo fato de estar intimamente relacionada com a concentração total de eletrólitos dissolvidos na solução. A CEes é afetada pela temperatura da amostra, mobilidade, valência e concentração relativa dos íons contidos na solução (Rhoades, 1992). Solos com problemas de excessos de sais, com CEes $>4\text{dSm}^{-1}$ geralmente ocorrem em regiões áridas ou semiáridas e nas regiões costeiras de manguezais, sendo considerada limitante ao desenvolvimento das culturas. (Tomé Junior, 1997).

Os Neossolos compõe uma classe de solos com baixa capacidade de fornecer nutriente aos cultivos, às gramíneas são as que mais evidenciam a sua baixa produtividade quando ocorre uma indisponibilidade de nitrogênio (N) nos estádio inicial de desenvolvimento. Em escala global, o nitrogênio é importante por ser um elemento chave para a produtividade dos Agrossistemas. A disponibilização do N orgânico no solo passa pelo processo de mineralização, definido como a transformação do N da forma orgânica para inorgânica NH_4^{4+} ou NH_3 , (Cantarella, 2007).

A matéria orgânica do solo pode ser definida como a fração que engloba todas as substâncias mortas no solo que provenha de plantas, microrganismo e excreções animais nos mais diferentes graus de decomposição (Primavesi, 2002; Abreu, et al., 1997), define que a matéria orgânica do solo é constituída por ácidos húmicos e fúlvicos, polifenóis, aminoácidos, peptídeos, proteínas e polissacarídeos. Sendo, portanto, importantes para formação de complexos orgânicos com ferro, manganês, cobre e zinco do solo. Sendo composta basicamente por C, H, O, N, S e P, Silva & Mendonça (2007), ou seja, todo material orgânico contido no solo, incluindo a liteira, as frações leves, a biomassa microbiana, substâncias orgânicas solúveis em água e a matéria orgânica estabilizada (Stevenson, 1994).

Dessa forma, a matéria orgânica reorienta a configuração dos demais atributos e a manutenção desta nos solos tropicais é de fundamental importância para garantir a fertilidade dos solos mesmo estes cultivados por longos períodos. A cobertura do solo no semiárido brasileiro apresenta-se formada principalmente pelas folhas caídas e galhos das árvores hiperxerófilas. Esse fornecimento de galhos e folhas embora não aconteça o ano inteiro, está associado aos longos períodos de estiagem, por isso a importância da manutenção dessa cobertura, durante, a estiagem em clima semiárido pode se prolongar até a estação chuvosa no ano seguinte.

Em ecossistemas naturais, o conteúdo de matéria orgânica do horizonte A pode alcançar de 15 a 20 % ou mais, porém na maioria dos solos, está na média de 1 a 5%. Assim, em solos de matas preservadas, o conteúdo de matéria orgânica do solo esta diretamente ligada à cobertura vegetal existente, ou seja, da liteira ao clima da região (Gliessman, 2005). Os solos brasileiros são notoriamente reconhecidos pela sua carência em fósforo, em parte isto esta relacionada ao material de origem e também, assim como a forte interação desse elemento com o solo (Raij, 1991). A falta de fósforo é o que mais restringe a produção agrícola no Brasil, entretanto nos ambientes aluvionais na região do Vale do Assú-RN, essas reservas possuem níveis satisfatórios, embora com problema relacionado à disponibilidade (Oliveira, 1988).

O fósforo está disponível para as plantas entre os pH de 6 a 7, e depois do nitrogênio e do potássio é o nutriente mais demandado (Correa, 2005). A fixação do fósforo é um dos maiores problemas da agricultura tropical, pois é responsável pela transferência de energia da síntese de substâncias orgânicas. A cobertura morta também aumenta os níveis de fósforo disponível no solo e com isso os rendimentos, a melhor maneira de manter o fósforo disponível e aumentar a eficiência do adubo é incorpora-lo junto à matéria orgânica seca, isto é, a palha, folhas secas ou outros restos orgânicos presentes em especial na serrapilheira, na superfície do solo (Primavesi, 2002).

O potássio do solo provém do intemperismo de minerais primários e secundários, sendo o macronutriente mais requerido pelas plantas, participa de inúmeras funções, sendo fundamental no processo de fotossíntese e ativação de vários sistemas enzimáticos. Atua também na síntese de proteína, carboidrato e da adenosina trifosfato (ATP), da pressão osmótica, na manutenção de água na planta por meio do controle de fechamento dos estômatos, na resistência e na permeabilidade da membrana plasmática (Ernani et al., 2007; Furtini Neto et al., 2008).

O cálcio é o quinto elemento mais abundante, sendo os minerais primários de Ca mais importantes a anortita que contém entre 70 a 140 g kg⁻¹ de Ca, e os piroxênio com

90 a 160 g kg⁻¹ de Ca. São encontrados em calcita, gesso, conchas de ostras e corais. Esse nutriente em excesso poderá inibir a absorção de magnésio, como também, pode melhorar a absorção de micronutrientes. São muitas as funções desenvolvidas pelo cálcio nas plantas, sendo essencial para o crescimento de tecidos meristemáticos, atuando para o crescimento dos ápices radiculares e exerce função estrutural impedindo lesões ou danos a parede celular (Dechen; Nachtigall, 2007).

O Ca²⁺ é comumente encontrado nos tecidos vegetais em concentração que pode variar entre 0,5 a 3 dag/kg da matéria seca. A maior parte do Ca nas plantas ocorre formando ligações intermoleculares nas paredes celulares e membranas, contribuindo, assim, para a estabilidade estrutural e o movimento intercelular de vários metabólitos. Atua, ainda, como catalisador de várias enzimas. Níveis adequados de Ca ajudam a planta a evitar estresse decorrente da presença de metais pesados e, ou, salinidade. A substituição do cálcio por metais pesados pode causar um desequilíbrio estrutural e alterar a rigidez estrutural da parede celular. Apresenta interações com Mg e K a ponto de um excesso do nutriente promover deficiências nos últimos. A presença do cálcio e magnésio nos solos na Chapada do Apodi esta diretamente ligada ao material de origem destes, estando o magnésio presente em menor proporção. A formação Jandaíra é caracterizada por camadas de calcário calcítico de coloração cinza clara, branca ou amarela, intercalado com calcário dolomítico de coloração cinza e granulação maior que do calcário calcítico. Também são encontrados pequenas conchas de moluscos nodulosos, lageados e arenitos calcíticos. A formação Barreiras também esta presente na formação com clorações vermelha (Mota et al., 2008).

O teor médio de magnésio na crosta terrestre é de 19,3 g K g⁻¹, tendo podendo variar de acordo com a origem geológica do solo, o magnésio encontra-se no solo nas formas: não trocável, e na solução do solo. O Mg²⁺ na forma não trocável é encontrado nos minerais primários e secundários, estando então em maior concentração em solos jovens (hornblenda, olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários, como clorita, illita, montmorilonita e vermiculita. É essencial para o metabolismo de plantas e animais, que tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila (Dechen; Nachtigall, 2007). Os altos teores de Mg²⁺ no solo devem-se ao processo de formação e das particularidades locais, da paisagem e do padrão climático. Mesmo exercendo pouca influência sobre as características do solo, no que diz respeito às plantas, o Mg é de importância decisiva devido a sua condição de elemento essencial (Melo, 2013).

O sódio é o sexto elemento mais abundante, constitui 2,8 % da crosta terrestre. Encontra-se na natureza como sal marinho, cloreto de sódio (NaCl), como o mineral ilita e na água do mar, no qual o Na^+ forma 31 % dos constituintes dissolvidos. Também se encontra adsorvido as argilas, estando esse elemento presente no solo em elevadas concentrações, ocorre mudanças na estrutura, favorecendo a dispersão das partículas do solo (agregados) (Dechen; Nachtigall, 2007).

A salinidade refere-se à acumulação gradativa de sais solúvel no solo e a sodicidade é o aumento gradual de sódio trocável. Normalmente, a sodicidade trata-se de um processo posterior a salinização, porém elas podem ocorrer simultaneamente, quando se tem, na solução do solo sais exclusivo ou predominantemente de sódio. As plantas em ambientes com alta concentração de sais podem ser afetadas pela falta de água no solo e pela presença de íons.

O alumínio constitui num importante componente da acidez do solo devido a reação de hidrólise do alumínio contribuir para o poder tampão dos solos. Quando este elemento junto com manganês estiverem em níveis elevados no solo podem ser tóxicos para as plantas, sendo umas das principais limitações agrícolas em solos ácidos (Souza et al., 2006).

As variações dos atributos do solo são causadas por diversos fatores, entre os mais comentados podemos citar a posição do solo em relação a paisagem, a drenagem do terreno, tipo de vegetação presente, processo erosivos e de deposição. Portanto, os atributos do solo são interligados pelo relevo e este sendo influenciado pela paisagem. O gradiente de fertilidade segue também essas variações devido as mudanças que ocorrem na paisagem ao longo do tempo. Assim, há uma tendência muito forte de pensar a paisagem a partir do que se está vendo e automaticamente até onde a visão alcança, sem fazer relação entre os elementos, sendo assim, o resultado das inter-relações de vários elementos que determinam a paisagem (Puntel, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido na área do perímetro do Sítio Bela Vista, no município de Martins, no estado do Rio Grande do Norte (Figura 3), estando situado na mesorregião do Oeste Potiguar e microrregião de Umarizal, entre as coordenadas geográficas de 6°05'16''S e 37°54'40''O e 705 m. Em escala maior a área situa-se no planalto da Borborema, porém seu relevo compreende também a Depressão Sertaneja, limitando-se com os municípios de Umarizal, Serrinha dos Pintos, Antônio Martins, Frutuoso Gomes, Lucrécia, Portalegre e Viçosa, abrangendo uma área de 169,47 km² (IBGE, 2008). A mesma tem uma altitude média 703 m.

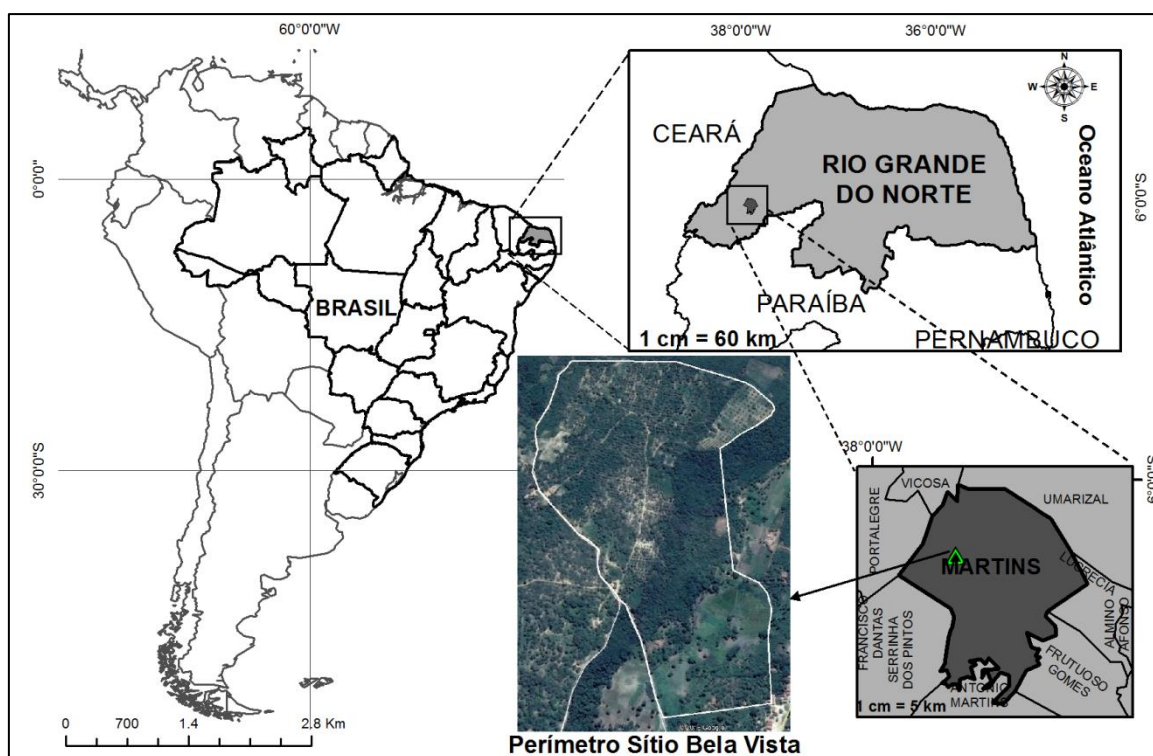


Figura 3 - Localização do município de Martins/RN e do Sítio Bela Vista

Diferente das condições climáticas normais do Estado do Rio Grande do Norte, o município de Martins está localizado em uma região serrana, com precipitação pluvial média anual de 1.114,6 mm e temperaturas com máxima de 26 °C e mínima de 15 °C (Beltrão et al., 2005). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo Aw (Tropical Chuvoso). E a vegetação do tipo floresta subperenifólia associada à caatinga.

A comunidade pertence ao município de Martins-RN, em uma unidade familiar, residentes na localidade a, aproximadamente, 30 anos. É nesse ambiente plural onde 10 famílias trabalham a terra de forma integrada, segundo as suas necessidades e particularidades locais. Apresenta uma área de aproximadamente de 100 hectares, desenvolvem vários setores, dentre eles a criação de animais e cultivos agrícolas.

O Sítio Bela Vista está localizado em um pequeno vale de fundo chato com aproximadamente 200 m de largura, mais de 500 m de comprimento e de 20 a 30 m de profundidade resultante da ampliação de uma ravina cavada em rocha arenítica até o embasamento cristalino subjacente. Esse pequeno vale localiza-se e desemboca no terço superior da encosta da borda leste, do planalto da serra de Martins, em uma cota aproximadamente de 700 m de altitude. A serra de Martins é uma área de planalto residual, de aproximadamente dois mil hectares constituída por capeamento arenítico disjunto pela erosão do sistema Borborema, localizada entre o alto e médio oeste do Estado do Rio Grande do Norte (Jacomine, 1971).

3.2 SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS NA PESQUISA

As áreas em estudos foram definidas a partir de atividades realizadas com os agricultores e a equipe de educação em Solos da Ufersa. As famílias definiram quais cultivos agrícolas seriam os mais representativos e teriam como objetivo principal a produção de alimentos para atender as necessidades das famílias.

A pesquisa foi realizada em seis áreas, sendo 05 áreas agrícolas com características peculiares no que se refere aos usos agrícolas e uma 01 área de mata preservada (referência), as quais são: área 01 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 02 – monocultivo de cana de açúcar (CAN); 03 – monocultivo de banana (BN); 04 – monocultivo de capim elefante (CE); 05 – monocultivo de milho (MM) e 06 – mata nativa, como referência (MN).

3.2.1 Área de consórcio de milho, feijão e mandioca (CON)

A área de consórcio de milho, feijão e mandioca (CON) compreende aproximadamente 02 hectares (06°03'43.8"S; 037°56'04.8"O) localizada no seguimento mais baixo de uma catena, mudança sequencial de solo ao longo da vertente de uma paisagem, desde o interflúvio até o sopé. Durante o período chuvoso, esta área encontra-

se saturada, impossibilitando o cultivo nessa época do ano. Ao final da estação chuvosa essa saturação é diminuída possibilitando aos agricultores a implantação de algumas culturas como: milho, feijão-de-corda e mandioca (Figura 5).

A área foi desmatada para a implantação das culturas e os restos vegetais foram queimados. Por várias vezes foi preparada convencionalmente com aração e gradagem, antes da implantação de culturas, sem a aplicação de fertilizantes industriais apenas adubos orgânicos (esterco) proveniente da propriedade. A implantação das culturas da mandioca, milho e feijão ocorreram em função da paisagem, ou seja, por ser um local de baixada favorece o acúmulo e a infiltração de água no solo, sendo que o comprimento e o grau do declive têm como objetivo principal conter o escoamento superficial para o controle da erosão (perda de solo) e favorecimento da infiltração de água no solo.



Figura 4 - Área de consórcio de milho, feijão e mandioca (CON), Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.

Fonte: Pesquisa de campo, 2014

3.2.2 Área de Cana de Açúcar (CAN)

A unidade de cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) corresponde a, aproximadamente 2 ha, localizada nas coordenadas (5°41'42,86"S e 37° 37'36,21"O). Essa área está delimitada pelo lago. A área foi renovada em 2007 e a primeira colheita em 2008 e o segundo corte em 2009, e o plantio foi realizado no sistema de vazante sequeiro, e a medida que o açude vai secando a área plantada é ampliada a área plantada (Figura 6).



Figura 5 - Área de Cana de Açúcar (CAN), Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.

Fonte: Pesquisa de campo, 2014.

A cana-de-açúcar foi cultivada no sistema de touceiras, na vazante do açude, com espaçamento de (0,50 x 0,80) m, em talhões para facilitar o corte diário sem comprometer o abastecimento futuro. Após o primeiro corte de um talhão, realiza-se o corte das socas e a cada 25 dias realiza-se novos cortes.

3.2.3 Área de Banana (BAN)

A área de banana encontra-se nas coordenadas 6°03'41.9"S e 37°56'06.4"O (Figura 7). Para instalação do bananal foi realizado o preparo da área e o plantio mecanicamente pelos agricultores, utilizaram mudas de bananeira c.v Prata, com espaçamento de 3 m entre plantas, como também, é aplicado esterco animal de bovino e suíno na área. Essa área aproximadamente com 10 anos que vêm sendo utilizada com o monocultivo de banana. Em 2012 o bananal foi renovado e serviu para alimentação bovina, e em 2013 os filhotes estavam em média com 1,5 m de altura.



Figura 6 - Área de monocultivo de banana c.v Prata, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.

Fonte: Pesquisa de campo, 2014

3.2.4 Área de Capim Elefante (CE)

A área de cultivo de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) corresponde a, aproximadamente, 2 ha, localizada nas coordenadas 05°41'36.1"S e 037°37'37.6"O (Figura 8). Essa área está delimitada pelo lado direito do lago. (Deresz, 1999) o descreve como uma gramínea perene, de hábito de crescimento cespitoso, atingindo de 3 a 5 metros de altura com colmos eretos dispostos em touceira aberta ou não, os quais são preenchidos por um parênquima suculento, chegando a 2 cm de diâmetro, com entrenós de até 20 cm. Possui rizomas curtos, folhas com inserções alternas, de coloração verde escura ou clara, que podem ser pubescentes ou não, chegando a alcançar 10 cm de largura e 110 cm de comprimento.

O preparo do solo foi realizado com uma aração e uma gradagem, antes da implantação, este que se encontravam em pousio, vale ressaltar que as áreas não utilizam defensivos e nem adubos químicos, sendo retirada a cobertura vegetal remanescente das culturas na entre-safra e estas sendo utilizadas para a alimentação animal.



Figura 7 - Área de Área de Capim Elefante (CE), Sítio Bela Vista no município de Martins/RN

Fonte: Pesquisa de campo, 2014

3.2.5 Área de milho (MI)

A área de monocultivo de milho nas coordenadas: 6°03'43.8"S e 37°56'04.8"O (Figura 9 A e B). Apresentando afloramento de rochas e presença de plintita (material concrecionário, contendo argila, quartzo, baixo teor de matéria orgânica e alto teor de ferro e alumínio). Na área em estudo foi realizado destoca e queima no ano de 2014, e a semeadura do milho durante 3 a 4 anos sucessivos, em seguida pousio de 3 a 4 anos, para

em seguida fazer a semeadura de milho novamente. No período em que ocorreu a coleta de amostras deformadas de solo (novembro de 2014), o local estava em pousio por dois anos, devido ao período seco prolongado, logo, com o solo exposto à radiação solar pois praticamente não havia nessa área plantas espontâneas (somente alguns exemplares de *Sida rhombifolia* L).

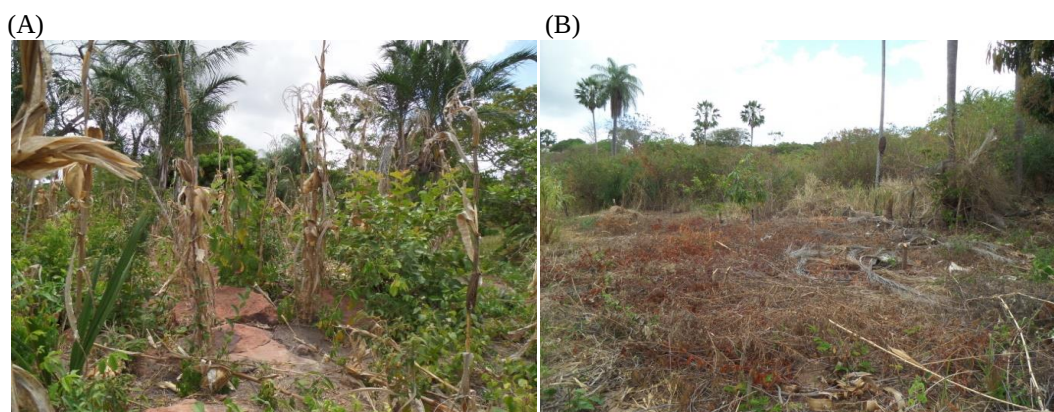


Figura 8 - (A)Área de monocultivo de milho (MM) no final do ciclo; (B) Área de milho em pousio, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.

Fonte: Pesquisa de campo, 2014

3.2.6 Área de Mata Nativa (MN)

A área de Mata Nativa (Figura 10) foi empregada como referência para comparação com os demais usos agrícolas. A vegetação é subperenifólia constituída por árvores de folhas largas, troncos relativamente delgados e densos, típica de zonas de clima tropical chuvoso. As espécies vegetais mais comumente encontradas são: Goiabinha (*Psidium firmum*), pitombeira (*Talisia esculenta*), timbauba (*Enterolobium contortisiliquum*), camunzé (*Pithecolobium polycephalum*), espinheiro (*Sideroxylon obtusifolium*), inharé (*Helicostylis tomentosa*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), cumarú (*Dipteryx odorata*), unha de gato (*Mimosa sepiaria*), podoí (*Copaifera langsdorffii*), dentre outras.



Figura 9 - (A) Área de Mata nativa, Sítio Bela Vista no município de Martins/RN.

Fonte: Pesquisa de campo, 2014

3.2.7 Caracterização das áreas em estudo e identificação das Classes de Solos

Para caracterização dos ambientes referentes ao solos das áreas em estudos realizou-se a abertura de três perfis de solo representativos, em função da paisagem e os seus respectivos horizontes diagnósticos (Figura 11 A, B e C) e em seguida coletaram-se amostras de solo com estrutura deformada para as análises físicas e químicas, assim como, sua classificação, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013; Donagema, 2011).

Vale ressaltar, que a coleta de solo para os usos agrícolas foi realizada de forma diferentemente da classificação do solo, segundo critério padrão de amostragem, para cada área e a sua discussão não será realizada nessa seção.

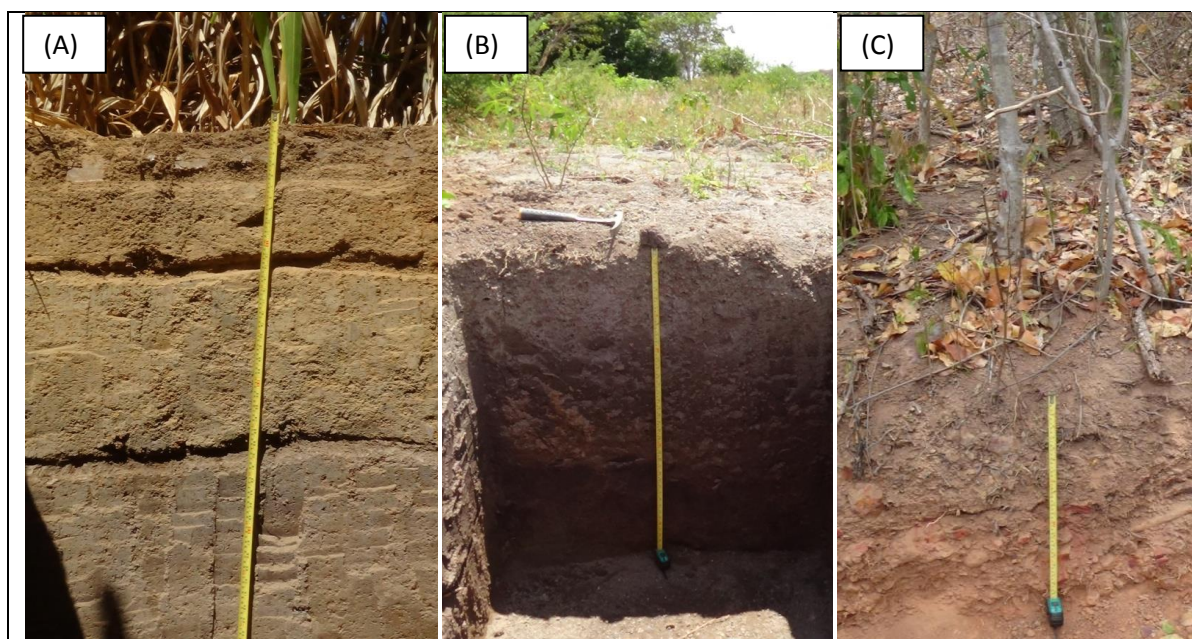


Figura 10 - Perfis de Neossolos Flúvicos (A e B) e Litólico (C), representativos das áreas de usos agrícolas, Sítio Bela Vista, município de Martins, RN. Fonte: Acervo do pesquisador, 2014.

Faz-se necessário a classificação do solo em função das particularidades da paisagem local. Nessa seção os resultados obtidos na pesquisa referente a caracterização do ambiente na relação solo- paisagem serão apresentados e discutidos, conforme tabela 1 e 2 e (Figuras 11 e 12) e posteriormente sua classificação.

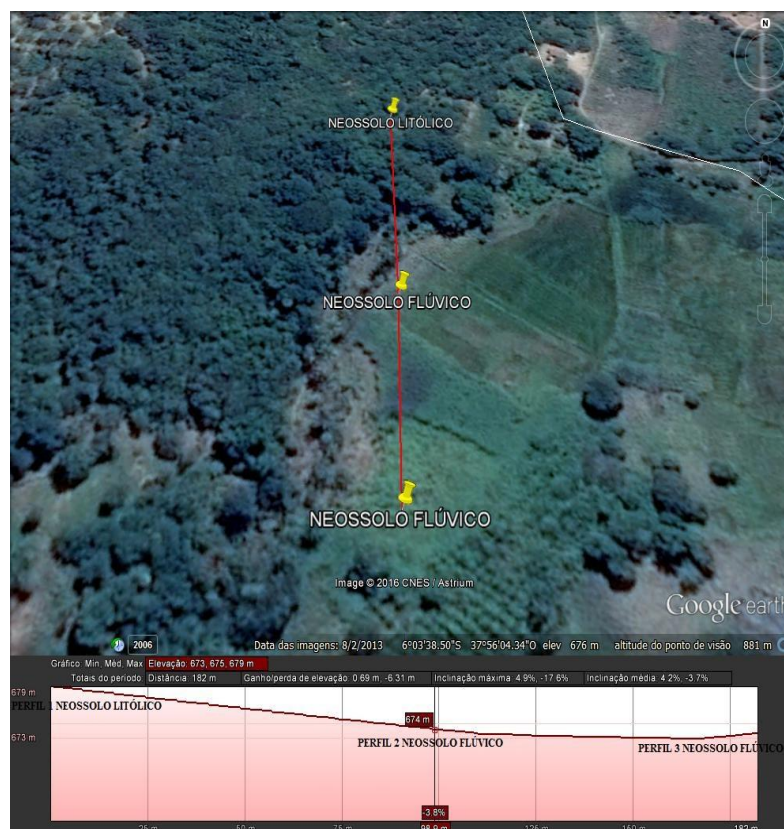


Figura 11 - Pontos da abertura dos perfis (A e B) e Litólico (C), representativos das áreas de usos agrícolas, Sítio Bela Vista, município de Martins, RN. Fonte: Acervo do pesquisador, 2014

3.2.8 Amostragem das áreas em estudo e o beneficiamento das amostras para realização das análises laboratoriais de solo com estrutura deformada

Para a realização das análises laboratoriais foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada, sendo cinco amostras compostas, oriundas de 15 subamostras, em cada área supracitada, tendo como referencia 1 ha, nas camadas de 0,00- 0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, retiradas com o auxílio trado tipo holandês, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da Universidade Federal Rural do Semi-árido-UFERSA. Posteriormente, foram

secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Estas foram submetidas às análises químicas e físicas do solo.

As análises físicas e químicas foram realizadas nos laboratórios de Física do Solo e Fertilidade e Nutrição de Plantas, respectivamente, ambos no complexo do Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP/DCAT/UFERSA).

3.3 ANÁLISES REALIZADAS

3.3.1 Análises químicas do Solo

Para os atributos químicos do solo foram realizadas análises de: potencial hidrogeniônico (pH) em água, condutividade elétrica (CE) em água, teor de cálcio trocável (Ca^{2+}) e magnésio trocável (Mg^{2+}) com extrator cloreto de potássio, acidez potencial (H+Al) com utilização de acetato de cálcio, análise do fósforo (P^+), sódio (Na^+) e potássio (K^+) com extrator Mehlich ⁻¹. Consequentemente foi calculada a capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V), sendo analisados conforme (Donagema et al., 2011). Os resultados dos atributos químicos foram interpretados conforme tabelas de recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

3.3.2 Análises físicas do solo

Para os atributos físicos do solo foram realizadas análises de: granulometria pelo método da pipeta utilizando dispersante químico (Hexametáfosfato de sódio) e água destilada em 20 g da terra fina seca ao ar (TFSA), com agitação mecânica lenta em agitador (Wagner 50 rpm) por 16 horas (Donagema et al., 2011). A areia (2 a 0,05 mm) foi quantificada por tamisagem, a argila (< 0,002 mm) por sedimentação e o silte (0,05 a 0,002 mm) por diferença entre as frações de areia e argila.

A análise de densidade de partículas (Dp) foi realizada pelo método do balão volumétrico, utilizando-se terra fina seca em estufa (TFSE) a 105°C e álcool etílico, (Donagema et al., 2011).

$$Ds = \frac{ms}{vs}$$

Ds = Densidade de partículas ou densidade dos sólidos (kg m^{-3})

ms = Massa seca a 105° (kg)

vs = volume do sólidos (m^3)

Para análise de agregados os blocos retirados nas respectivas camadas foram passados em peneiras com abertura de malha de 4,00 e 2,00 mm, sendo analisados os agregados retidos na última peneira, para cada uso agrícola foram determinados quatro pontos, cada ponto com quatro repetições, para determinação das cinco classes de tamanhos de agregados. Para análise de agregados utilizou-se o método de peneiramento via úmida, onde os agregados foram agitados em um aparelho de oscilação vertical (Yoder, 1936), com peneiras de malha de 4,76; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25.

3.3.3 Análise estatística e interpretação dos resultados

Os métodos estatísticos para analisar distinção entre as variáveis foram dispostos em dois grupos: um que obtém informações das variáveis de maneira isolada – a estatística univariada (ex. Anova e Teste t) e o outro foram empregadas técnicas de análise multivariada como ferramenta principal, especificamente a análise de componentes principais (STATISTICA, 2004), para distinção das áreas pesquisadas em função das potencialidades ou restrições do ambiente.

Como ferramenta para a distinção dos sistemas de uso agrícolas foram geradas quatro componentes principais (Fator 1 e Fator 2) para os atributos químicos e físicos nas diferentes camadas e usos agrícolas. A partir da relação entre essas componentes, foram formados diagramas de ordenação bidimensionais, para visualização da distinção dos seis ambientes, e diagramas de projeção de vetores, para os atributos do solo que mais distinguiram dos usos agrícolas estudados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- pH (potencial hidrogeniônico)

De acordo com a caracterização dos ambientes (Perfis de solos), referente aos atributos químicos dos solos, nos respectivos horizontes diagnósticos (Tabela 1), verificou-se que houve variação nos valores de pH entre as camadas e as classes de solos (Perfil 1, 2 e 3) estando próximos da neutralidade (5,20 a 6,40), conforme Rebouças et al., 2014 estudando Planossolos e Neossolos Flúvicos no município Florânea, RN encontraram valores similares.

- CE (condutividade elétrica)

Verificou-se na tabela 1 no Neossolo Litólico (Perfil 3), na camada de 0,00-0,30 m ($0,13 \text{ dS m}^{-1}$) o maior acúmulo de sais comparados com os demais Neossolos Flúvicos (Perfil 1 e 2), embora, em nenhuma condição do estudo apresentou limitações quanto aos valores de CE_s . Vale ressaltar, que embora a posição da paisagem (colúvio) e o acúmulo de água favoreçam uma má drenagem, os perfis em estudo não apresentaram limitações quanto a CE e o Na^+ , podendo ser justificado pela litologia e o padrão climático da região, devido a impermeabilidade das rochas cristalinas subjacentes, constituídas por sedimentos areníticos terciário, de origem pré-cambriana (Jacomine, 1971).

O acúmulo de sais no solo, também é influenciado pela deficiência de drenagem interna do perfil e aos ciclos de água, seja pela irrigação, ou pela baixa precipitação pluvial (Souza et al., 2006). Analisando o teor de carbono orgânico total (COT) foram altos principalmente em superfície no perfil (2), seguido do 3 e 1. Podendo ser justificado pela localização no fundo da várzea, com deposição da matéria orgânica em diferentes estádios de decomposição, provenientes das diferentes espécies vegetais (consórcio de feijão, milho e mandioca). No perfil 3 (Neossolo Litólico) refere-se a serrapilheira proveniente da mata nativa.

- Carbono Orgânico Total (COT)

Esse decréscimo de carbono orgânico entre os perfis pode ser atribuído ao manejo adotado pelo agricultor, baseado em sistemas de preparo convencional, envolvendo aração e gradagem, que maximizam a oxidação do C, também nas frações

recalcitrantes devido à quebra dos agregados do solo, e aos sistemas de culturas, com reduzido aporte de resíduos orgânicos, que diminuem o aporte de C no solo, funcionando como fonte de CO₂. Assis et al. (2010) avaliando o impacto dos agroecossistemas irrigados, anuais e perenes na MOS e frações de fósforo na Chapada do Apodi/RN em um Cambissolo Háplico, concluíram que os estoques de COT e NT, e C em substâncias húmicas foram reduzidos pelo cultivo do solo, independentemente do sistema de manejo. Além disso, o cultivo afetou a dinâmica de P no solo, aumentando a fração de P inorgânico no agroecossistema perene e, a fração de P orgânico no agroecossistema anual.

- Fósforo (P)

De modo geral, os teores de fósforo (P) disponível no solo do Sítio Bela Vista foram baixos havendo uma diminuição em função das camadas profundas, exceto no perfil 2 (Neossolo Flúvico) em que houve aumento no teor de P (29,3 e 21,70 mg.dm⁻³) na camada (0,0-0,15 e 0,15-0,30 m). Os solos do semiárido apresentam, em geral, baixos teores de P disponível (Pereira & Faria, 1998; da Silva Galvão et al., 2008), estando dessa forma dentro dos valores esperados. Este é um elemento de baixa mobilidade no solo, onde se encontra combinado com o Fe²⁺, Al³⁺ e Ca²⁺ e a matéria orgânica. O acúmulo de fósforo em superfície do solo decorrente da decomposição dos resíduos de plantas e da diminuição da fixação em função do seu menor contato com os nutrientes inorgânicos do solo (Tabela 1).

-Bases Trocáveis

Analisando os perfis em estudos (Tabela 1), de forma geral, verificou-se baixas concentrações de bases trocáveis (K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) e, consequentemente, baixa saturação por bases, sendo considerados distróficos (V<50%), com exceções (V>50%), ou seja, eutróficos, nas camadas CIII (0,70 - 1,20 m) Perfil 1, seguido CI e CIII no Perfil 2 (0,15-0,30 e 0,80-1,15 m) e Ap (0,00-0,30 m) no Perfil 3. Podendo ser justificado pelo acréscimo das bases trocáveis (K⁺ e Na⁺), conforme tabela 1.

Conforme tabela 1, verificou-se boas concentrações de potássio e diminuição nas camadas, com exceções CI (0,15-0,35 m) no Perfil 1 e CII e CIII (0,35-0,80 e 0,80-1,15 m) no Perfil 2. Podendo ser justificado pela fácil lixiviação, em função de sua monovalência, apresentando, portanto, ligações mais fracas que o cálcio e magnésio, conforme Melo et al., (2008).

Tabela 1. Tabela 1 - Atributos químicos do solo e a sua classificação referente aos usos agrícolas no Sítio Bela Vista, Martins-RN

Camada (m)	pH Água	CE	P	CO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	T	CTC	v	m	PST
		dS m ⁻¹	mg.dm ⁻¹	molc.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³											
NEOSSOLO FLÚVICO (Perfil 1)																
Ap (0,00-0,15)	5,51	0,07	8,8	26,64	1,35	1,15	30,6	19,2	0,25	2,72	2,66	2,91	5,38	49	9	2
CI (0,15-0,35)	5,42	0,03	6,9	10,05	1,2	1	60,7	11,5	0,75	2,81	1,91	2,66	4,72	40	29	1
CII (0,35-0,70)	6,04	0,03	8,4	12,69	1,1	1	55,6	44,8	0	2,15	2,11	2,11	4,25	50	0	5
CIII (0,70-1,20)	6,03	0,01	6,3	9,47	1	0,85	55,6	45,3	0	1,65	2,06	2,06	3,71	55	0	5
NEOSSOLO FLÚVICO (Perfil 2)																
Ap (0,00-0,15)	5,28	0,06	29,3	36,11	0,3	1,2	78,6	71,9	1,05	2,72	2,01	3,06	4,74	43	34	7
CI (0,15-0,30)	5,87	0,01	21,7	24,79	0,4	1,3	64,8	69,5	0,95	2,15	2,17	2,64	4,31	51	30	7
CII (0,35-0,80)	5,44	0,06	7,2	20,2	0,5	1,5	105,2	35,2	1,05	2,81	2,42	3,47	5,23	46	30	3
CIII (0,80-1,15)	5,2	0,04	6,1	13,08	0,5	1,9	135,1	83,1	0,85	2,64	2,83	3,68	5,47	52	23	7
NEOSSOLO LITÓLICO (Perfil 3)																
Ap (0,00-0,30)	6,4	0,13	4,7	31,62	1,5	1,5	147,6	10,5	0	1,65	3,42	3,42	5,7	67	0	1
CI (0,30-0,54)	5,81	0,07	4,7	21,47	1,05	1	85,24	10,5	0,35	2,64	3,02	2,37	4,66	43	15	1

pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica; P – fósforo; CO – carbono orgânica; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Al³⁺ – alumínio; (H + Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica potencial; V – saturação por bases; m – saturação por alumínio; PST – porcentagem de sódio trocável

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da distribuição do tamanho das partículas (granulometria) e sua classificação textural. Os perfis em estudo apresentaram classificação textural variando de argila arenosa, argilosa e muito argilosa com sutis variações entre os perfis. Uma vez que as unidades em estudos apresentam a classe de solo (Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos).

Segundo Marinho et al., (2016) estudando Cambissolos em áreas de colúvel verificou maior teor de argila e silte nas camadas superficiais, corroborando com os valores encontrados. A área de colúvel refere-se aos depósitos de materiais soltos, geralmente encontrados no sopé de encostas e, que foram transportados principalmente, pela ação da gravidade ou, simplesmente, material decomposto, transportado por gravidade e o fluxo de detritos, caracterizado como um fluxo rápido de massa de detritos deslizando encosta abaixo; e a escoamento da lama, apresenta uma variedade de detritos, composta primordialmente por partículas finas (silte e argila). Vale ressaltar que a granulometria é uma característica física do solo de difícil modificação, uma vez que é inerente do material de origem, não sendo modificados pelos manejos do solo e dos cultivos agrícolas e sim, por condições de perdas e deposição, como também, em longo período de tempo.

Medeiros et al., (2013) estudando os atributos físicos em Neossolos no município de São Vicente constataram que quanto ao teor de argila nas camadas de 0-20 cm apresentou teor de argila variando de (0,564 a 1,288 kg kg⁻¹) enquanto que em Luvisolos Crômicos Órticos os teores de argila foram de (0,343 a 2,179 kg kg⁻¹) isso pode ser justificado pela maior quantidade do teor de argila nos Luvisolos comparados com aos Neossolos e a quebra de agregados e à liberação de partículas em profundidade justificado pelo revolvimento da área cultivada com hostaliças.

Em Cardoso no estado de SP foi verificado que os valores de Neossolo Quartzarênico variaram de areia a areia franca apresentando ligeiro incremento nos teores de argila em profundidade, o que pode ser atribuído à mistura com o material de textura mais fina e também de origem diferenciada, como no caso do material dos perfis, porém não chegando a apresentar horizonte com descontinuidade no material de origem (Gomes et al., 2005).

Tabela 2 - Distribuição do tamanho das partículas, classificação textural, classificação do solo e coordenadas geográficas de Neossolos, Sítio Bela Vista, município de Martins, RN

Distribuição do tamanho das partículas							
Camada. (m)	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	Classificação Textural (SBCS)	Coordenadas Geográficas
kg kg ⁻¹							
Neossolo Flúvico							
Ap (0,00-0,15)	0,314	0,157	0,471	0,139	0,390	Argila arenosa	
CI (0,15-0,35)	0,400	0,185	0,585	0,060	0,355	Argila arenosa	05°12'197"
CII (0,35-0,70)	0,143	0,193	0,336	0,148	0,516	Argiloso	37°19'475"
CIII (0,70-120)	0,384	0,146	0,530	0,106	0,364	Argila arenosa	
Neossolo Flúvico							
CI (0,00-0,15)	0,087	0,045	0,132	0,265	0,603	Muito argiloso	
CI (0,15-0,30)	0,173	0,066	0,239	0,166	0,594	Argiloso	06°03'633"
CII (0,35-0,80)	0,273	0,094	0,367	0,130	0,503	Argiloso	37°56'074"
CIII (0,80-115)	0,300	0,095	0,395	0,121	0,485	Argiloso	
Neossolo Litólico							
Ap (0,00-0,30)	0,286	0,195	0,481	0,171	0,348	Argila arenosa	06°03'600"
CI (0,30-0,54)	0,181	0,198	0,380	0,163	0,457	Argiloso	037°56'102"

Como os resultados obtidos das análises químicas e físicas dos perfis nos seus horizontes diagnósticos, os solos estudados foram classificados, conforme Santos et al., (2013) em Neossolo Flúvico (Figura 11 A) representados pelos usos agrícolas: monocultivo de cana de açúcar e monocultivo de capim elefante; Neossolo Flúvico (Figura 11 B) pelos usos de: consórcio de milho, feijão e mandioca; monocultivo de banana; e monocultivo de milho; e o Neossolo Litólico, representado pela mata nativa, (MN).

Os resultados obtidos na pesquisa das supracitadas áreas agrícolas e da mata nativa serão apresentados e discutidos nessa seção em dois grupos: nesse primeiro seção o estudo das variáveis de forma isolada (Tabelas 3, 4 e 5).

Os valores médios e análise univariada dos atributos químicos de um Neossolos em diferentes usos agrícolas, nas camadas 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, no Sítio Bela Vista, Martins-RN estão apresentados na tabela 3. Na camada superficial, referentes a mata nativa e o consórcio apresentaram acidez (pH<5,0), não diferindo estatisticamente. Enquanto o capim-elefante e Milho diferiram e apresentaram tendência

a neutralidade (pH 6,0-6,9). E nas camadas (0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) variando de média acidez à neutralidade, com oscilações entre os usos e camadas, conforme a ordem BAN>CE>MI>MN>CON.

Os solos do semiárido do nordeste do Brasil geralmente são caracterizados por apresentarem pH alcalino (pH>7.0), porém, o município de Martins-RN compreende uma área com precipitação pluvial média anual superior a 1.000 mm (Beltrão et al., 2005), o que pode ter contribuído para acidificação dos solos, em razão à lixiviação das bases trocáveis, da localização do solo na paisagem, e a litologia, com a presença das rochas cristalinas, dos sedimentos areníticos, de origem pre-cambriana (Jacomine, 1971).

Ao analisar o carbono orgânico total (COT) não houve diferenças estatísticas nos usos agrícolas, com exceção do capim elefante, na camada de 0,00-0,10 m que apresentou valor médio superior em relação aos demais, seguindo a contínua cobertura do solo pela concentração dos resíduos tanto na superfície, com melhoria da qualidade estrutural do solo. Provavelmente, esse fato deve-se especialmente as características das gramíneas, quanto ao sistema radicular e o aporte aéreo, contribuindo na formação e estabilidade dos agregados, demonstrados em vários trabalhos (Silva & Mielniczuk, 1997a).

A redução do teor de C orgânico total na seguinte sequência decrescente: pastagem>capineira>roçado. Na região semiárida, as reduções verificadas são expressivas, conforme alguns autores (Tiessen et al., 1992 ; Fraga & Salcedo, 2004; Nunes et al., 2015; Marinho et al., 2016) observaram que

substituição da vegetação nativa (Caatinga), por culturas agrícolas ocasionou expressivo decréscimo: de 40 a 50 % nos teores de C orgânico do solo.

Ao analisar a concentração de cálcio (Tabela 3) houve diferença estatística entre os usos e camadas em estudos, e na MN e CON, os teores de Ca^{2+} foram considerados baixos a médio, de acordo com a Recomendação do Manual de Corretivos e Fertilizantes de Minas Gerais (Ribeiro, 1999), e os usos CE e BAN foram de bom a muito bom, podendo ser justificado pela localização das áreas na paisagem (colúvio), com deposição de sedimentos oriundos das partes declivosas e do material de origem. O cálcio, seguido do ferro, é o nutriente mineral encontrado em maior concentração na maioria dos solos, geralmente em quantidades muito superiores às necessidades das plantas.

Analisando os valores médios de Mg^{2+} de forma geral houve diferença estatística entre os usos agrícolas e as camadas, apresentando valores de baixo, médio, bom e muito bom. E no CON não diferiu estatisticamente e tendenciou a menor média, vale ressaltar, que os valores encontrados refletem as características do material de origem, constituídos de rochas cristalinas, no ambiente serrano. Mesmo exercendo pouca influência sobre as características do solo, no que diz respeito às plantas, o Mg é de importância decisiva devido a sua condição de elemento essencial (Mello, 1983).

Nunes et al., 2015 realizou estudos em Neossolos no interior do Ceará no município de Iraucuba verificou que os os íons cálcio (Ca^{2+}) e potássio (Mg^{2+}) houve diferenças significativas entre as unidades em estudo, com valores decrescendo na seguinte ordem SAF2 > SAF 1 > Mata Nativa, para (Ca^{2+}) e o (Mg^{2+}), com valores relativamente elevados (Tabela 3).

No norte ocidental da Amazônia Moline e Coutinho (2015) constataram que em área de mata nativa índices de pH do solo, teores de Al trocável, H-Al e m% foram próximos à neutralidade. Mais já o contrário ocorre nas áreas de pastagem em que a adição de materiais orgânicos associada ao biocarvão garantiram a estabilidade à degradação e manter o pH do solo estável, em relação à área de origem (Moreira, 2007; Falcão et al., 2010).

Tabela 3. Médias dos atributos químicos de um Neossolo em sistemas de usos agrícolas, nas camadas 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, no Sítio Bela Vista, Martins-RN.

Sistema de usoAgrícola	pH (água)	CE	COT	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC	v	PST
		dS m ⁻¹		mg.dm ³			%							
M. Nativa	4,78c	0,09b	28,27b	7,99bc	137,39a	7,51c	1,46cd	2,48a	0,32bc	6,71b	4,34b	11,05ab	37,78c	0,00c
Consórcio	4,66c	0,51a	32,37b	12,79b	27,69e	0,00d	0,71d	0,69c	1,19a	8,41a	1,47c	10,13ab	15,19d	0,00c
C. Elefante	6,00b	0,55a	44,00a	27,32a	51,07d	19,14a	4,00b	3,26a	0,03cd	4,41c	7,53a	11,74ab	62,60b	0,90a
Banana	6,61a	0,11b	29,51b	26,61a	85,41b	4,18c	5,26a	2,96a	0,00d	3,03d	8,70a	11,72ab	73,29a	0,00c
Milho	6,05b	0,07b	32,34b	26,95a	69,52c	4,46c	4,66ab	2,78a	0,06bcd	4,76c	7,65a	12,41a	61,05b	0,16c
C. de Açúcar	4,03d	0,09b	26,27b	2,76c	21,94e	12,93b	2,38c	1,54b	0,35b	6,37b	3,90b	10,22a	37,98c	0,54b
C.V	5,86	38,72	31,13	44,91	29,4	48,19	39,98	38,3	59,91	17,9	29,11	13,87	18,72	77,65
Média Geral	5,23	0,21	29,77	11,23	44,19	7,15	2,42	1,77	0,455	5,64	4,242	9,91	41,79	0,24
M. Nativa	4,92c	0,06e	26,44b	3,16b	89,07a	5,95bc	1,69c	1,16bc	0,58b	7,02b	4,54ab	10,12a	30,36c	0,00c
Consórcio	4,63c	0,54a	29,03b	10,22a	18,11d	0,00d	0,43d	0,71c	1,51a	8,49a	1,18d	9,89a	12,13c	0,00c
C. Elefante	5,73b	0,36b	55,39a	11,61a	18,48d	15,95a	2,35bc	1,65ab	0,50c	3,85c	3,45bc	7,90b	51,99b	0,96a
Banana	6,36a	0,12e	28,42b	9,14a	55,15b	4,25c	4,15a	2,37a	0,00c	2,64d	4,96a	9,33ab	71,24a	0,00c
Milho	5,41b	0,07e	22,39b	14,63a	35,04c	3,90cd	2,85b	1,86bc	0,13c	8,29a	3,17bc	13,11a	38,28c	0,14c
C. de Açúcar	3,58d	0,05e	23,37b	3,19b	6,95d	9,65b	1,28cd	1,40bc	0,65c	6,04b	2,89c	8,77ab	30,88	0,49b
C.V	5,86	38,72	31,13	44,91	29,4	48,19	39,98	38,3	59,91	17,9	29,11	13,87	18,72	77,65
Média Geral	5,23	0,21	29,77	11,23	44,19	7,15	2,42	1,77	0,455	5,64	4,24	9,91	41,77	0,241
M. Nativa	5,03b	0,08c	20,97b	1,76b	63,03a	4,45b	2,86a	2,88b	0,63b	7,03a	4,54ab	11,57a	38,00b	0,00c
Consórcio	4,65c	0,46a	23,32b	8,88a	15,46bc	0,00c	0,44b	0,63bc	1,53a	7,41a	1,18d	8,67b	11,36c	0,00c
C. Elefante	5,67a	0,35b	54,63a	8,87a	16,48bc	15,19a	2,21a	1,33ab	0,05c	3,78c	2,45bc	7,51b	42,58b	0,30b
Banana	5,86a	0,08c	21,81b	8,45a	52,04a	4,82b	3,13a	1,68a	0,00c	2,44d	4,96bc	7,39b	66,42a	0,00c
Milho	5,59a	0,07c	22,66b	11,49a	28,03b	4,62b	2,78a	0,43c	0,52b	5,68b	3,17 b	8,86b	34,83b	0,22b
C. de Açúcar	4,54a	0,09c	14,76b	6,48bc	4,57c	11,75a	0,73b	2,09ab	0,60b	5,14b	2,89c	8,03b	35,87b	0,61a
C.V	5,86	38,72	31,13	44,91	29,4	48,19	39,98	38,3	59,91	17,9	29,11	13,87	18,72	77,65
Média Geral	5,23	0,21	29,77	11,23	44,19	7,15	2,42	1,77	0,455	5,64	4,242	9,91	41,769	0,241

ph – potencial hidrogeniônico; ce – condutividade elétrica; p – fósforo; CO – carbono orgânica; ca²⁺ – cálcio; mg²⁺ – magnésio; k⁺ – potássio; na⁺ – sódio; al³⁺ – alumínio; (h + al) – acidez potencial; sb – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; ctc – capacidade de troca catiônica potencial; v – saturação por bases; m – saturação por alumínio; pst – porcentagem de sódio trocável, ca²⁺: cálcio; mg²⁺: magnésio; al³⁺: alumínio; (h-al): acidez potencial; sb: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; ctc: capacidade de troca catiônica potencial; v: saturação por bases; m: saturação por alumínio; pst: porcentagem de sódio trocável

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da distribuição do tamanho das partículas (granulometria), sua classificação textural nos usos agrícolas e na mata preservada, nas camadas 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. De maneira geral verificou aumento expressivo na fração areia variando de areia, franco-argilo-arenosa não ocorrendo o mesmo para o silte e a argila que variaram sutilmente nas camadas e usos agrícolas em estudo. As variações das frações silte e argila podem ser justificadas pela diferenciação dos ambientes em função da localização da paisagem, na área do milho apresentou maior acréscimo de argila.

Na camada (0,00 a 0,30 m), nas unidades agrícolas e na mata preservada o solo apresentou classificação textural argilosa (Tabela 4). Relacionados ao material de origem. A formação cristalina é recapiado pelo calcário Jandaíra e em algumas áreas do Estado apresenta-se na forma de arenito calcário (Jacomine 1971). Não verificou o mesmo quando analisado os horizontes pedogenéticos (Tabela 4), quanto as classificações texturais: Argiloso, Franco-Argila-Arenosa, Franca, Franco-siltosa . Além das camadas subsuperficiais associado a localização do solo na paisagem por estarem em cotas mais baixas, sendo zona de deposição de sedimentos pelo processo erosivo (hídrico e eólico).

De acordo com Santos (2013) os Neossolos Flúvicos apresenta uma distribuição irregular e são derivados de sedimentos aluviais, com presença de caráter flúvico, diversidade maior do que os outros neossolos, associados a relevos aplainados e depressões, com ocorrência relacionada às margens de rios, podendo ocorrer em qualquer região do país; com camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo. Importante ressaltar que a textura é uma característica do solo de difícil modificação, uma vez que é inerente do material de origem. A textura do solo constitui-se de umas das características físicas do solo mais estáveis sendo, portanto, de grande importância na classificação e na predição do seu comportamento (Ferreira, 2010).

Tabela 3 - Médias dos atributos físicos de Neossolos em sistemas de usos agrícolas, nas camadas 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m no Sítio Bela Vista, município de Martins - RN.

Profundidade	Areia			Argila	Silte	Classificação textural (SBCS)
	Fina	Grossa	Total			
M			g kg ⁻¹			
			Capim-elefante (CE)			
0,00-0,10	129	403	532	286	182	Franco-argilo-arenosa
0,10-0,20	159	425	584	275	141	Franco-argilo-arenosa
0,20-0,30	162	428	590	272	138	Franco-argilo-arenosa
			Consórcio (CON)			
0,00-0,10	130	447	577	303	120	Franco-argilo-arenosa
0,10-0,20	130	465	595	301	104	Franco-argilo-arenosa
0,20-0,30	133	457	590	301	109	Franco-argilo-arenosa
			Banana (BAN)			
0,00-0,10	143	484	627	249	124	Franco-argilo-arenosa
0,10-0,20	162	475	637	238	125	Franco-argilo-arenosa
0,20-0,30	406	160	566	334	100	Franco-argilo-arenosa
			Mata nativa (MN)			
0,00-0,10	129	475	604	314	82	Franco-argilo-arenosa
0,10-0,20	135	388	523	294	183	Franco-argilo-arenosa
0,20-0,30	145	460	605	300	95	Franco-argilo-arenosa
			Milho			
0,00-0,10	93	257	350	428	222	Argila
0,10-0,20	86	112	198	536	266	Argila
0,20-0,30	119	211	330	478	192	Argila
			Cana de Açúcar			
0,00-0,10	99	209	308	269	423	Franca
0,10-0,20	96	100	296	243	461	Franca
0,20-0,30	211	60	271	209	520	Franco-siltosa

Serão apresentados e discutidos nessa seção os resultados interpretados pela estatística univariada (ex. Anova e Teste t) empregadas técnicas de análise multivariada como ferramenta principal (Tabelas 6, 7 e 8) e (Figuras 4), com uma breve justificativa de utilização da ferramenta multivariada.

Analisando os dados da tabela 6, verifica-se para a variável pH nas áreas de Cana de Açúcar (CA); Consórcio (CONS) e Mata Nativa (MN) apresentaram menores CV, em comparação com as demais variáveis, isso significa que o pH não variou significativamente entre as áreas de estudos, pois quanto menor o CV mais homogêneo é o conjunto de dados, conforme classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick & Nielsen (1980). De acordo com os valores, mínimo (3.5775) e máximo (6.6100), de pH constatou-se reação variando de ácido a ligeiramente ácido. Os valores de pH estão dentro da faixa esperada para Neossolos em regiões semiárido (Cunha et al., 2008).

Resultados corroboram encontrado por Júnior et al, 2010 estudando características químicas dos solos nos municípios de Barra na Bahia, onde os menores coeficientes de variação (CV) foi encontrado na variável pH com valor de 14,15. Mediante o valor do CV para o Al e os valores de mínimo (0,00 cmolc/dm³) e máximo (1,5 cmolc/dm³) mostra-se uma maior variabilidade dos dados em relação à média, sendo classificado de baixo a alto os seus teores.

De acordo a média dos valores encontrados, o teor de Al foi considerado alto, evidenciando a necessidade da correção da acidez antes da implantação das culturas. Verificou-se que ocorreu uma maior frequência com baixos teores de alumínio e teores altos, apresentando assim, limitações quanto ao crescimento de raízes na maioria das espécies cultivadas. Para Salgado et al., (2006), a solubilidade do Al reduz com o aumento do pH do solo e também pela reação de complexação de Al com compostos orgânicos.

Foram encontrados valores nulos de Al, provavelmente devido ao aumento de pH observados, reduzindo a solubilidade de Al (Pavan, 1983; Quaggio, 2000). O conhecimento da variabilidade das propriedades químicas é importante, principalmente para definir usos mais adequados quanto a qualidade do solo. Enquanto que as variáveis Ce, P, K, Na, Al, PST nos diferentes sistemas de uso agrícolas apresentaram CV alto (CV>60 %). Segundo Vanni (1998), coeficiente de variação maior que 35% revela que a série é heterogênea e a média tem pouco significado, enquadrando-se nessa condição quase todos os atributos químicos, exceto o pH e CTC. Nos atributos físicos foram encontrados maiores valores médios de AGREGAÇÃO e ESTAB. AGREG (Tabela 6 e Figura 1 3 A e B) principalmente para a área

de capim elefante (CE), Consórcio (CONS) e Mata Nativa (MN) em decorrência da maior consolidação da sua superfície, em razão da ausência de práticas de preparo do solo e maior aporte de matéria orgânica, mantendo assim, o arranjo estrutural.

Tabela 4 - Estatística descritiva de atributos químicos e físicos do solo nas camadas de (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m) em sistemas de usos agrícolas no Sítio bela Vista, município de Martins/RN

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV (%)
pH	3.5775	6.6100	5.2280	0.8206	15.69537
Ce	0.0531	0.5442	0.2073	0.1913	92.27903
MO	14.7684	55.3921	29.7737	11.0411	37.08355
Ca	0.4250	5.5250	2.4241	1.4886	61.40811
Mg	0.4278	3.2625	1.7737	0.8754	49.35444
P	1.7586	27.3145	11.2395	8.0628	71.73644
K	4.5675	137.3941	44.1904	34.8344	78.82799
Na	0.0000	19.1354	7.1516	5.7164	79.93165
Al	0.0000	1.5250	0.4553	0.5052	110.9514
(H+Al)	2.4342	8.4865	5.6367	1.9838	35.19354
SB	1.1175	8.6932	4.2424	2.2122	52.14489
T	2.5706	8.6932	4.7247	1.8239	38.60266
CTC	7.3961	13.1053	9.9094	1.7372	17.53095
V	11.3609	73.2919	41.7947	19.2087	45.95973
PST	0.0000	0.9616	0.2420	0.3267	134.9879
Areia	0.2493	0.6716	0.5175	0.1161	22.43339
Silte	0.2206	0.5062	0.3318	0.0774	23.33225
Argila	0.0817	0.2691	0.1508	0.0538	35.71096
AGREGAÇÃO	3.2445	50.2554	26.4778	14.5290	54.87251
EST. AGREG.	7.9479	51.3859	29.5429	14.2051	48.08285

Provavelmente, esse fato deve-se especialmente as características das gramíneas, quanto ao sistema radicular e o aporte aéreo, contribuindo na formação e estabilidade dos agregados, demonstrados em vários trabalhos (Silva & Mielniczuk, 1997). A redução do teor de C orgânico total (COT) na seguinte sequência decrescente: pastagem>capineira>roçado. Na região semiárida, as reduções verificadas são expressivas, conforme alguns autores (Tiessen et al., 1992; Fraga & Salcedo, 2004; Nunes et al., 2015; Marinho et al., 2016) observaram que a substituição da vegetação nativa (Caatinga), por culturas agrícolas ocasionou expressivo decréscimo: de 40 a 50 % nos teores de C orgânico do solo.

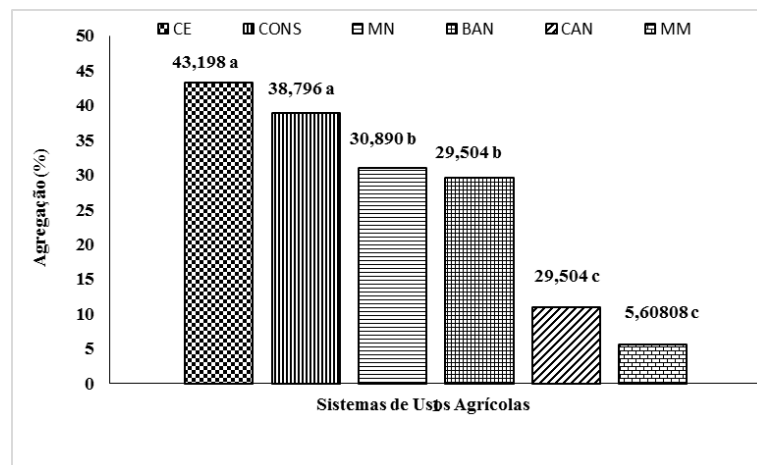


Figura 12 – (A) Percentagem de agregação em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – monocultivo de capim elefante (CE); 02 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 03 – mata nativa (MN); 04 – monocultivo de banana (BN); 05 – monocultivo de cana de açúcar (CAN) e 06 – monocultivo de milho (MM) no Sítio Bela Vista, município de Martins – RN

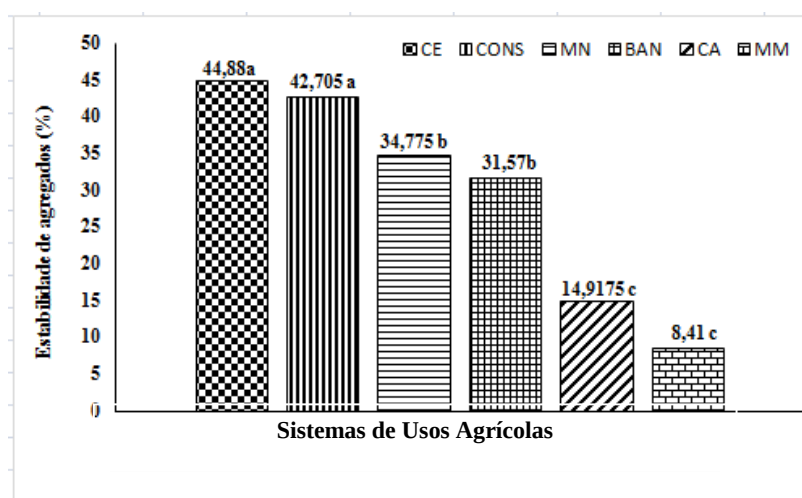


Figura 13 – (B) Estabilidade de agregados (B) em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – monocultivo de capim elefante (CE); 02 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 03 – mata nativa (MN); 04 – monocultivo de banana (BN); 05 – monocultivo de cana de açúcar (CAN) e 06 – monocultivo de milho (MM) no Sítio Bela Vista, município de Martins - RN

Estudos nesta linha de pesquisa corroboram com resultados encontrados por Corrêa (2005) constatou que na mata nativa os agregados são de diâmetro maior e que a redução ocorre à medida que são realizadas práticas de uso intensivo do solo, ocorrendo uma rápida

destruição da qualidade estrutural do solo. As diferentes práticas de manejo agrícola provocam alterações na formação dos agregados, em virtude dos mesmos modificarem a dinâmica da matéria orgânica (Zanatta et al., 2007) e as condições para a atividade dos microrganismos (Vargas; Scholles, 2000). Fontenele, (2006) avaliando a estrutura do solo em diferentes sistemas agrícolas verificou valores superiores para a mata nativa.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados utilizando critérios para determinar a quantidade de componentes principais suficientes para a análise, onde leva em consideração aqueles componentes que expliquem pelo menos 80% da variabilidade total dos dados. Com os autovalores, explicação das variâncias associadas aos Componentes Principais (CPs) gerados e a explicação das variâncias acumuladas. Obtendo assim, como principais resultados dos componentes principais CP1, CP2, CP3 e CP4 no qual explicaram 87,16% da variação dos dados. utilizando um nível de corte adequado para cada componente, considerando apenas as variáveis em destaque (preto), na tabela 7.

Observa-se na tabela 7 que CP1 representa o pH e aos cátions trocáveis ($\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$), saturação por bases (SB), enquanto que o contraste é representado pela acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$) e alumínio (Al^{3+}). Na CP2 a condutividade elétrica (CE), sódio (Na^+), alumínio (Al) e acidez por alumínio (m) foram os responsáveis pela diferenciação dos usos agrícolas. Evidenciando a importância da manutenção de resíduos vegetais, como responsáveis pela redução do teor de Al^{3+} trocável, (Meurer, 2007), como também, o aumento do pH e liberação das bases trocáveis.

Dessa forma, o primeiro componente contrasta (pH; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; SB; t; V) - (Al; H_Al), enquanto o segundo componente contrasta entre (CE; Na^+ ; PST) – (K; CTC) e por fim, o componente principal 3 é a soma de P com CTC.

Tabela 5 - Autovetores dos atributos químicos e físicos do solo analisados, com as componentes principais e autovalores da matriz de correlação, percentagem de explicação e explicação acumulada da variância total

Variáveis	Componentes			
	CP1	CP2	CP3	CP4
pH	0.87	0.28	-0.05	-0.25
Ce	-0.17	0.71	0.49	0.33
MO	0.37	0.41	0.71	0.08
Ca	0.93	-0.17	-0.15	-0.05
Mg	0.78	-0.29	-0.05	0.29
P	0.70	0.18	0.02	0.39
K	0.52	0.16	-0.51	0.13
Na	0.28	-0.33	0.82	0.10
Al	-0.82	0.37	-0.18	0.20
(H+Al)	-0.71	0.16	-0.33	0.55
SB	0.96	-0.21	-0.10	0.09
T	0.95	-0.15	-0.13	0.14
CTC	0.38	-0.05	-0.51	0.74
V	0.92	-0.24	0.07	-0.25
PST	0.10	-0.37	0.85	0.22
Areia	0.37	0.87	-0.19	-0.16
Silte	-0.49	-0.77	0.08	-0.04
Argila	-0.08	-0.77	0.30	0.41
Agreg.	0.13	0.81	0.37	0.09
Est. Agreg.	0.19	0.90	0.25	0.11
Autovalor	7.68	4.89	3.19	1.68
Variabilidade (%)	38.38	24.44	15.94	8.40
% acumulada	38.38	62.82	78.76	87.16

De acordo com o diagrama de projeção dos vetores para os atributos químicos e físicos, em função dos sistemas de usos agrícolas e dos componentes encontrados. Por facilidade de interpretação de um Biplot-2D, afim de se determinar relações entre as médias dos usos agrícolas e a mata nativa (MN) como referência e as camadas estudadas, apresentando características próprias uma vez que estão agrupados em quadrantes distintos do gráfico (Figura 15 A, B, C e D). Isso significa que o uso agrícola de capim elefante (CE), presente no primeiro quadrante (superior direito) figura 15 C, apresentou auto valor dos componentes principais 1 e 2, isto é, valores elevados de pH, Ca^{2+} ,

Mg²⁺, SB, t, V, CE, Na⁺, PST e valores baixos de Al, H_Al, K, podendo ser justificado pela localização das áreas na paisagem (colúvio), com deposição de sedimentos oriundos das partes declivosas e do material de origem.

Resultados semelhantes foram encontrados por (Marinho et al., 2016) estudando cambissolos na camada de 0,05 - 0,10 m em área de colúvio encontraram altos valores de P, Ca²⁺ e CTC. Ao analisar os mesmos atributos observou-se que as duas componentes principais (Fatores 1 e 2) explicaram 52,85% da variação total dos atributos e os maiores coeficientes de correlação apresentados para atributos químicos foram para P e K⁺.

Em contraposição a área de capim elefante (CE) e a área de mata nativa (MN) presentes no terceiro quadrante (Figura 15 C), assumem valores baixos em ambos os componentes, o que equivale a auto-valores de Al, H_Al, K, CTC e baixo valores de pH, Ca, Mg, SB, t, V, Ce, Na, PST (Tabela 7). Podendo ser justificado pelos solos do semiárido do Nordeste do Brasil geralmente serem caracterizados por pH alcalino (pH>7.0), porém, o município de Martins-RN compreende uma área com precipitação pluvial média anual superior a 1.000 mm (Beltrão et al., 2005), o que pode ter contribuído para acidificação dos solos, em razão à lixiviação das bases trocáveis, e da localização do solo na paisagem, pois a MN e o CON estão localizados no interflúvio (área plana e mais alta). A área BN, quarto quadrante (Figura 15 D), apresentou auto valor do CP1 e baixo valor do CP2, ou seja, valores elevados de pH, Ca, Mg, SB, t, V, K, CTC e valores baixos de Al, H_Al, Ce, Na e PST (Tabela 7). A área CONS apresentou baixos valores do CP1 e valores próximos a média do CP2, portanto os valores de CE, Na, PST se proporcionam com K, CTC e ainda possui elevados índices de Al, H_Al e baixo pH, Ca, Mg, SB, t, V.

E dentre os atributos químicos, os que mais se destacaram estatisticamente para distinção dos usos agrícolas foram: BN, CON, CE e MN apresentando assim, as maiores correlações, ou seja, maiores pesos em módulo, seguindo a ordem de importância entre as componentes (CP1 > CP2 > CP3 > CP4).

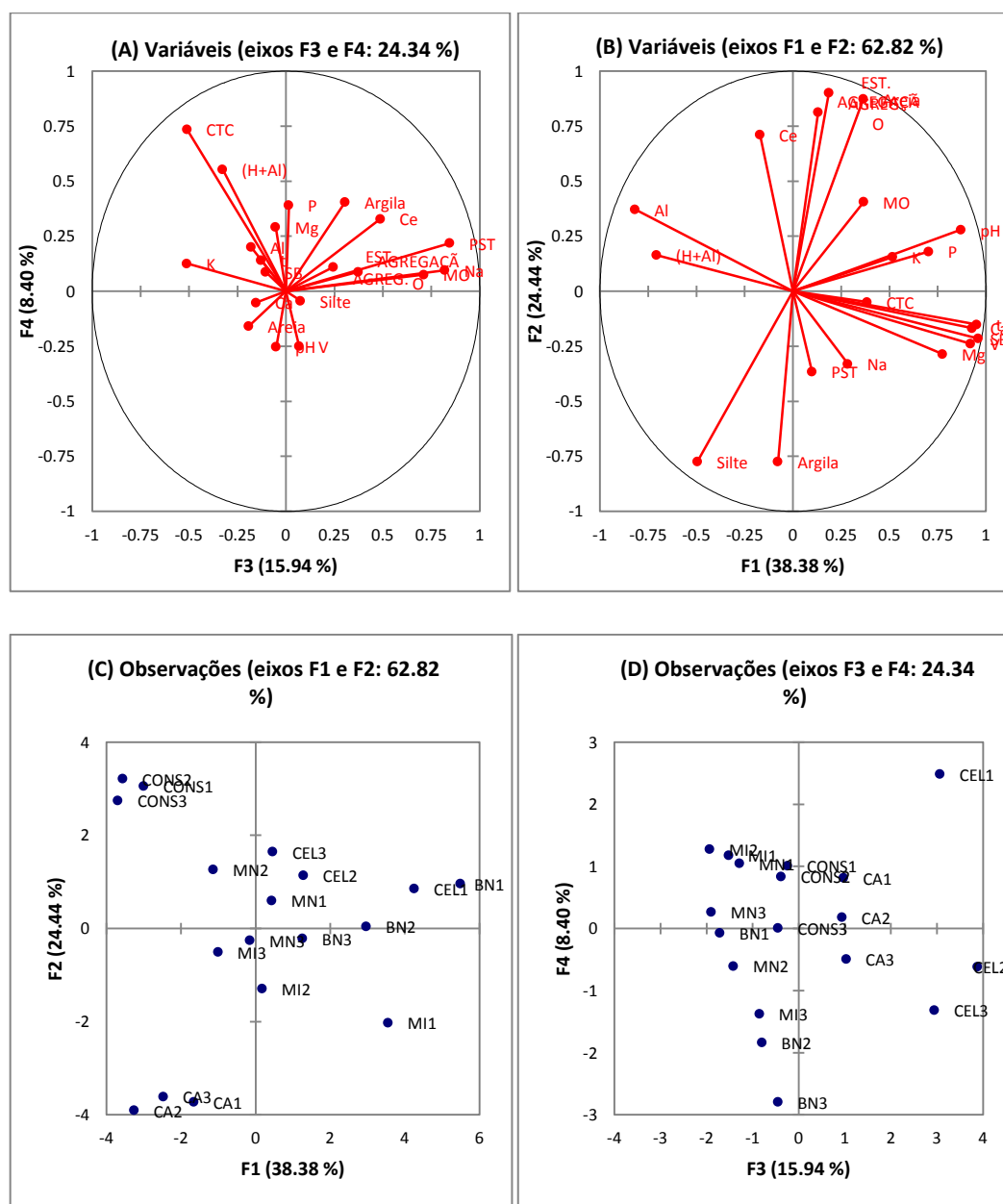


Figura 14 -Diagrama de projeção dos vetores para os atributos químicos e físicos, em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 02 – monocultivo de cana de açúcar (CAN); 03 – monocultivo de banana (BN); 04 – monocultivo de capim elefante (CE); 05 – monocultivo de milho (MM) e 06 – mata nativa (MN) sendo esta considerada como área de referência, nas camadas de (0,00-0,10; 0,10-20; 0,20-0,30 m) e diagrama de ordenação dos componentes principais no Sítio bela Vista, município de Martins/RN.

A matriz de correlações obtida com análise de componentes principais (ACP) dos atributos químicos do solo esta apresentada na tabela 8. A alta correlação positiva da SB pode ser justificada pela correlação das bases trocáveis, com exceção do Mg que apresentou correlação negativa.

A correlação alta e positiva entre o P, K, Na e Ca foi em função do aumento do pH liberando estes nutrientes e a indisponibilidade do Al no solo, consequentemente, menor a acidez potencial (H-Al) e saturação por alumínio (m), explicado pela correlação negativa

existente entre estes elementos. Carneiro et al. (2009); estudando os atributos do solo de cerrado sob diferentes sistemas de usos agrícolas obtiveram resultados semelhantes, em que o aumento do pH elevou os teores de bases trocáveis com redução da acidez do solo.

Arruda et al., (2014) ao analisar a matriz de correlação para áreas de Martins no Rio Grande do Norte verificou que com análise de componentes principais (ACP) dos atributos químicos do solo apresentaram correlação positiva da SB podendo ser justificada pela correlação das bases trocáveis, com exceção do Mg que apresentou correlação negativa. A correlação alta e positiva entre o P, K, Na e Ca foi em função do aumento do pH liberando estes nutrientes e a indisponibilidade do Al no solo, consequentemente, menor a acidez potencial (H-Al) e saturação por alumínio (m), explicado pela correlação negativa existente entre estes elementos.

A matriz de correlação evidenciou inter-relações obtidas dos atributos químicos e físicos estudados nos sistemas de usos agrícolas: CON, CAN, BN, CE, MM e MN (Tabela 8). As altas correlações positivas e altas (valores acima de 0,7) entre os atributos físicos e químicos foram encontradas no potencial hidrogênico (pH), cálcio (Ca^{2+}), Soma de Base (SB); capacidade troca catiônica efetiva (t); saturação por base (V), com relação direta entre os mesmos, ou seja, quanto maior a SB maior a relação dos cátions como Ca^{2+} , assim como o pH. Dessa forma a soma de bases trocáveis (SB) representa a soma dos teores de cátions permutáveis ($\text{SB} = \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+} \text{K}^+ \text{e Na}^{2+}$), no entanto, ocorreu correlações negativas entre o pH e o H^+ e Al^{3+} evidenciando correlação inversa existente entre estes atributos, exceto para o H^+ e Al^{3+} . A alta correlação positiva da SB pode ser justificada pela correlação das bases trocáveis, com exceção do Mg, que apresentou correlação negativa. Arruda et al., 2014 estudando Latossolos em Martins/RN verificou correlação alta e positiva entre o P, K, Na e Ca explicado pelo aumento do pH, liberando estes nutrientes e a indisponibilidade do Al no solo, consequentemente, menor a acidez potencial (H-Al) e saturação por alumínio (m), explicado pela correlação negativa existente entre estes elementos.

Tabela 6 - Matriz de correlação dos atributos químicos e físicos do solo obtidos pela análise de componentes principais (ACP) em função dos sistemas de usos agrícolas, 01 – consórcio de milho, feijão e mandioca (CON); 02 – mpunocultivo de cana de açúcar (CAN); 03 – monocultivo de banana (BN); 04 – monocultivo de capim elefante (CE); 05 – monocultivo de milho (MM) e 06 – mata nativa (MN) sendo esta considerada como área de referência, nas camadas de (0,00-0,10; 0,10-20; 0,20-0,30 m) e diagrama de ordenação dos componentes principais, no Sítio bela Vista, município de Martins/RN

Variáveis	pH	Ce	MO	Ca	Mg	P	K	Na	Al	(H+Al)	SB	t	CTC	V	PST	Areia	Silte	Argila	AGREG.	EST. AGREG.
pH	1.00																			
Ce	-0.01	1.00																		
MO	0.37	0.53	1.00																	
Ca	0.81	-0.33	0.18	1.00																
Mg	0.47	-0.27	0.08	0.69	1.00															
P	0.67	0.26	0.33	0.64	0.46	1.00														
K	0.34	-0.35	-0.07	0.40	0.52	0.21	1.00													
Na	0.05	0.05	0.57	0.15	0.35	0.06	-0.15	1.00												
Al	-0.64	0.46	-0.34	-0.78	-0.64	-0.35	-0.34	-0.55	1.00											
(H+Al)	-0.67	0.21	-0.33	-0.65	-0.45	-0.31	-0.10	-0.43	0.74	1.00										
SB	0.75	-0.32	0.18	0.95	0.85	0.67	0.50	0.25	-0.80	-0.65	1.00									
T	0.75	-0.25	0.18	0.94	0.85	0.72	0.50	0.19	-0.73	-0.61	0.99	1.00								
CTC	0.18	-0.13	-0.15	0.43	0.53	0.49	0.51	-0.20	-0.14	0.34	0.49	0.53	1.00							
V	0.78	-0.35	0.24	0.90	0.73	0.50	0.37	0.35	-0.89	-0.87	0.92	0.88	0.14	1.00						
PST	-0.08	0.19	0.47	0.02	0.18	0.12	-0.43	0.87	-0.31	-0.26	0.10	0.08	-0.20	0.18	1.00					
Areia	0.64	0.38	0.37	0.24	-0.05	0.35	0.39	-0.34	0.00	-0.10	0.16	0.20	0.10	0.13	-0.45	1.00				
Silte	-0.66	-0.39	-0.53	-0.35	-0.05	-0.53	-0.44	0.16	0.15	0.14	-0.30	-0.33	-0.24	-0.22	0.28	-0.92	1.00			
Argila	-0.42	-0.26	-0.04	-0.02	0.18	0.01	-0.21	0.50	-0.22	0.02	0.09	0.05	0.12	0.03	0.56	-0.83	0.55	1.00		
AGREG.	0.20	0.75	0.57	-0.12	0.02	0.13	0.16	0.13	0.15	-0.07	-0.06	-0.02	-0.14	-0.03	0.02	0.62	-0.57	-0.51	1.00	
EST.AGREG.	0.31	0.75	0.57	-0.07	0.01	0.25	0.25	0.01	0.15	-0.02	-0.02	0.03	-0.03	-0.03	-0.10	0.76	-0.71	-0.61	0.96	1.00

ph – potencial hidrogeniônico; ce – condutividade elétrica; p – fósforo; CO – carbono orgânica; ca²⁺ – cálcio; mg²⁺ – magnésio; k⁺ – potássio; na⁺ – sódio; al³⁺ – alumínio; (h + al) – acidez potencial; sb – soma de bases; t – capacidade troca catiônica efetiva; ctc – capacidade de troca catiônica potencial; v – saturação por bases; m – saturação por alumínio; pst – porcentagem de sódio trocável, ca²⁺: cálcio; mg²⁺: magnésio; al³⁺: alumínio; (h-al): acidez potencial; sb: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; ctc: capacidade de troca catiônica potencial; v: saturação por bases; m: saturação por alumínio; pst: porcentagem de sódio trocável.

Vale ressaltar, diante dos resultados encontrados que os atributos dos solos estudados foram eficientes na distinção dos ambientes em estudo, quanto aos usos agrícolas e a localização dos solos na paisagem.

E o uso agrícola utilizando cultura com sistema radicular e aporte aéreo abundante, como as gramíneas (CE) e o consórcio (CON) com diversidade de plantas mostraram mais favoráveis a manutenção da sustentabilidade agrícola, melhorando assim, o aporte de carbono orgânico do solo e a sua percentagem e estabilidade de agregados em condições superiores a mata nativa. Podendo ser justificado pela localização do solo na paisagem, mostrando que a paisagem influenciou diretamente, na interpretação dos resultados obtidos.

Permitindo assim, estabelecer práticas futuras adequadas para mitigar o uso impróprio causado pelas atividades agropecuárias desenvolvidas, principalmente em Neossolos, objeto de estudo dessa pesquisa, por serem solos pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B, como também, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água, conseqüentemente, faz necessário, o uso do bom senso, nas atividades desenvolvidas em função das potencialidades e limitações apresentadas.

CONCLUSÃO

1. Os solos estudados foram classificados em Neossolos Flúvicos nas áreas de cana de açúcar (CAN) , capim elefante (CE), consórcio (CON), banana (BAN) e milho (MM) e Neossolo Litólico na mata nativa (MN).
2. Os solos foram classificados texturalmente como argila arenosa, a argilosa (Neossolos Flúvico), argiloso a muito argiloso (Neossolo Flúvico) e argilo arenosa (Neossolo Litólico).
3. Os solos apresentaram reações de acidez para Mata Nativa (MN); e Consórcio (CON), tendendo a neutralidade para o Capim Elefante (CE), Milho (MM) e Banana (BAN), com presença de Al^{3+} e H-Al e sem elevada salinidade.
4. O maior teor de Carbono Orgânico Total (COT) no uso agrícola de Capim Elefante (CE) seguido do consórcio (CON) favoreceu a maior agregação e estabilidade de agregados no solo, mostrando mais favorável a manutenção da sustentabilidade agrícola.
5. Os atributos químicos (pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , soma de bases, t, V, CE, Na^{+} e PST foram indicadores da separação dos ambientes). Todavia os mais sensíveis foram (Al^{3+} ; H-Al)
6. Os atributos químicos BN, CON, CE e MN foram os que mais se destacaram refletindo em maiores pesos em módulo, seguindo a ordem de importância dos componentes (CP1>CP2>CP3>CP4).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, C. A.; Abreu, M. F.; Andrade, J. C. Determinação de cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução de DTPA pH 7,3. In: Raij, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. (ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.240-250.
- Abreu, C. A.; Lopes, A. S.; Santos, G. C. G. Micronutrientes. In: novais, R. F.; Alvarez, Alcântara, E. N. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo Distrófico. 1997. 133f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- Alleoni, L. R. F.; Mello, J. W. V.; Rocha, W. S. D. Eletroquímica, Adsorção e Troca Iônica do Solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Eds. *Química e mineralogia do solo: Parte II – Aplicações*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. Cap. 12, p. 70-129.
- Arruda, L. E. V. Atributos físicos e químicos do solo submetido a diferentes usos agrícolas em , Martins - RN. 2014. 54f. Dissertação - Mestrado em Manejo de Solo e Água, UFERSA, 2014.
- Assis, C.P.; Oliveira, T.S.; Dantas, J.A.N.; Mendonça, E.S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 138, p.74- 82, 2010.
- Bastos, F. H.; Cordeiro, A.M.N. Fatores naturais na evolução das paisagens no Semiárido brasileiro: uma abordagem geral. *Revista Geonorte*, ed. Especial, v.2, n.4, p.464 – 476, 2012.
- Beltrão, B. A.; Rocha, D. E. G. A.; Mascarenhas, J. C.; Souza Júnior, L. C.; Pires, S. T. M. & Carvalho, V. G. D. Diagnóstico do município de Martins. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 12p.
- Bertol, L.; Albuquerque, J.A.; Leite, D.; Amaral, A.J. & Zoldan Junior, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas a do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:155-163, 2004.

- Brady, N. C.; Weil, R. R. Arquitetura e propriedades físicas do solo. In: BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *The Nature and Properties of Soils*. 13. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. Cap. 1, p. 2-49.
- Campos, B. C.; Reinert, D. J.; Nicolodi, R.; Ruedell, J.; Petrere, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr, 1995.
- Cantarella, H. Nitrogênio. In: Novais, R. F.; Alvarez V.; V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Eds. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 6, p. 275-374, 2007.
- Carneiro, M. A. C.; Souza, E. D.; Reis, E. F.; Pereira, H. S. Azevedo, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 1, p.147-157. 2009.
- Centurion, J. F.; Cardoso, J. P. Willian, N. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254-258, 2001.
- Coelho, G.F.; Gonçalves Jr., A.C.; Seidel, E.; Carvalho, E.A. ; Schwantes, D. Avaliação da granulometria dos solos de sete municípios da região Oeste do Paraná. *Synergismus scyentifica*, Pato Branco, v.4, 2009.
- Correia, R. S. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado. Manual para revegetação. Brasília. Universa, 2005. 186p.
- Cunha, T. J.F. et al. Solos do submédio do vale do São Francisco: potencialidades e limitações para o uso agrícola. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido. Documentos, 211. 60 p, 2008.
- da Silva Galvão, S. R., Salcedo, I. H., & de Oliveira, F. F. (2008). Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1), 99-105.
- Dechen, A. R.; Nachtigall, G. M. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; Alvarez V.; V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Eds. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 2, p. 91-133, 2007.

- Deresz, Fermino. Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne. Embrapa Gado de Leite, 1999.
- Dick, D.P.; Novotny, E.H.; Dieckow, J. & Bayer, C. Química da matéria orgânica do solo. In: Melo, V.F. & Alleoni, L.R.F., eds. Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-6, 2009.
- Donagema, Campos DVB, Calderano, Teixeira WG & Viana JHM, (2011). Manual de métodos de análise de solos. Embrapa Solos. Rio de Janeiro 230 p, 2011.
- EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN. Dados Climáticos, 2015.
- Ernani, P R. E.; Almeida J Antonio de.; Santos, F C dos. Potássio. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; Alvarez V.; V. H.; Barros, N.F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 2, p. 551-594.
- Ernesto Sobrinho, F. Caracterização, gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada de Apodi, Rio Grande do Norte. Viçosa: UFV. 133p. Dissertação de Mestrado , 1987.
- Falcão, N. P. S.; Moreira, A.; Comerford, N. B. A fertilidade dos solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N., WOODS, W. (Eds.). As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. 1. ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. p. 189-200.
- FEMURN – Federação dos Municípios do Rio Grande do Norte. Distância a Natal/RN. 2014. Disponível em: <<http://www.femurn.org.br/distancias-de-natal-rn>>. Acesso em: 14 Jul. 2014.
- Ferreira, M. M. Caracterização física do solo. In: QUIRIJN, J. V. L. Ed. Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap. 1, p. 1-27, 2010.
- Fontenele, W. Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí. 2006. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí. Teresina. 2006.

- Fraga, V.S. & Salcedo, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68:215-224, 2004.
- Freire, O. Solos das regiões tropicais. Fundação de estudos e pesquisas agrícolas e florestais. Botucatu, FEPAF, 288p, 2006.
- Furtini Neto, A. E. .; Siquera, J. O.; Curi, N.; Moreira, F. M. S. Fertilization in native. Galvão, S. R. S.; Salcedo, I. H.; Oliveira, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.99-105, 2008.
- Gliessman, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre, 2009.
- Gomes, F.H. & Vidal-Torrado, P. Mapa ultradetalhado de solos da parcela sob restinga do projeto "parcelas permanentes" do BIOTA. In: SIMPÓSIO INTERNO DO PROJETO: DIVERSIDADE, DINÂMICA E CONSERVAÇÃO EM FLORESTAS DE SÃO PAULO: 40 HA DE PARCELAS PERMANENTES, 3., Piracicaba, 2005. Resumos. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005
- Jacomine, P.K.T.; Silva, F.B.R.; Formiga, R.A.; Almeida, J.C.; Beltão V. de.; Pessoa, S.C.P.; Ferreira, R.C. Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: MA-DNEPEA: SUDENE-DRN. 531p, 1971.
- Kämpf, N.; Curi, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C. et al. Eds. *Pedologia: Fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. Cap. 1, p. 1-20.
- Ker, J. C.; Curi, N.; Schaefer, C. E.; Torrado, P.V. *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, p. 343. 2012.
- Kiehl, E. J. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Ceres. 262 p, 1979.
- Klein, V. A. Densidade relativa - um indicador de qualidade física de um Latossolo Vermelho. *R. Ci. Agrov.*, 5:26-32, 2006.
- Libardi, P. L. Dinâmica da água no solo. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo. 346p. 2012.
- Marinho, A. C. C. S. ; Portela, j. c. ; Silva, E. F.; Dias, n. s. ; Sousa Junior, F. S. ; Silva, A. C. ; Silva, j. f. . 'Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different

- agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. Australian Journal of Crop Science (Online), v. 10, p. 32-41, 2016.
- Medeiros, L.C.; Medeiros, B.V.V., Sobrinho, F.E.; Gurgel, M.T. Caracterização físico química de um Neossolo Litólico na região Seridó do RN. Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 9, n. 4, p. 1-7, 2013.
- Mello, F. de A. F. et al. Fertilidade do solo, São Paulo, Ed Nobel. 400p. 1983
- Melo, G. W. Adubação e manejo do solo para a cultura da videira. Disponível em:< <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/adubvid.html>> Acesso em: 17 fev. 2013.
- Melo, R.O.; Pacheco, E.P.; Menezes, J.C.; Cantalice, J.R.B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de Caatinga. Revista Caatinga, Mossoró, v. 21, n. 5 (Número Especial), p. 12-17, 2008.
- Mendes, C. A. R.; Mahler, C. F.; Andrade, A. G. Erosão superficial em argissolo amarelo sob cultivo perene e com pousio florestal em área de relevo montanhoso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.35, n.4, p. 1387-1396, 2011.
- Meurer, E. J. "Fundamentos de química do solo." Porto Alegre: Evangraf 5 (2006).
- Moline; E.F da V & Coutinho; E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Enviromental Sciences. v. 58, n. 1, p. 14-20; 2015.
- Moreira, A. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antropogênicos da Amazônia Ocidental. Bragantia, v. 66, n. 2, p. 307-315, 2007
- Mota, J. C. A.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; AMARO FILHO, J.; LIBARDI, P. L. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na chapada do Apodi, RN, cultivados com melão. Revista. Brasileira de Ciência do. Solo. 32:49-58, 2008.
- Nunes, A. A. L. Qualidade do solo em unidades de manejo agroflorestal e mata nativa em Neossolo Flúvico no Município de Irauçuba-CE. Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água).
- Oliveira, M. Os solos e o ambiente agrícola no sistema Piranhas-Assu, RN. 312 p. Tese. Universidade Federal de Viçosa, viçosa, 1988.

- Pavan, M. A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre alumínio não-trocável, trocável e solúvel com pH, DTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.1, p.39-46, jan./abr, 1983.
- Pedron, F. A. Mineralogia, Morfologia e classificação do saprólitos de Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM, 2007, 151p. (Tese de doutorado).
- Pereira, J.R. & Faria, C.M.B. Sorção de fósforo em alguns solos do Semi-árido do Nordeste brasileiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:1179-1184, 1998.
- Primavesi, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 547p. R.F., 2002
- Puntel, G. A. A paisagem na geografia. Paisagem, leituras, significado e transformações. In: Verdum, R.; Viera, L. F. S.; Pinto, B. F.; Silva, L. A. P. Porto Alegre: UFRGS, 256 . 2012p.
- Quaggio, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 111p, 2000.
- Raij, B. V. Fertilidade do solo e adubação. *Ceres*, potafos, Piracicaba. p 163-179, 1991.
- Rebouças, C. A. M.; Portela, J. C.; Lima, D. A.; Silva, L. R. R.; Gondim, J. E. F.; Cavalcante, J. S. J. Agregação de um Cambissolo em resposta ao manejo conservacionista do solo e da Caatinga, Governador Dix-Sept Rosado-RN. *Revista Cadernos de Agroecologia*, Porto Alegre/RS, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.
- Rebouças, C. A. M., Portela, J. C., Ernesto Sobrinho, F., Cavalcante, J. S. J., Silva, M. L. D. N., & Gondim, J. E. F. (2014). Caracterização física, química e morfológica do solo em várzea do município de Florânia, RN. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 10(1), 134-142.
- Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S.B. & Corrêa, G.F. *Pedologia. Base para distinção de ambientes*. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.
- Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S.B. e Corrêa, G.F. *Pedologia: Base para distinção de Ambientes*. NEPUT. Viçosa. 2a edição, 367p, 1997.
- Rhoades, J.D.; Kandiah, A.; Mashali, A.M. The use of saline waters for crop production. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48*, Rome, 133 p, 1992

- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V. V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 359p, 1999.
- Ruhe, R.V. & Walker, P.H. Hillslope models in soil formation. I Open systems. In: TRANSACTION INTERNATIONAL CONGRES SOIL SCIENCE, 9., Adelaide Transactions. Adelaide, 1968. v.4. p.551-560, 1968.
- Salgado, B.G., Macedo, R.L.G., Alvarenga, M.I.N., Venturin, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras – MG. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.343-349, 2006.
- Salton, J. C.; Mielniczuk, J.; Bayer, C.; Boeni, M.; Conceição, P. C.; Fabrício, A. C.; Macedo, M. C. M.; Broch, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa/MG, v. 32, p. 11-21, 2008.
- Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Oliveira, J. B.; Coelho, M. R.; Lumberras, J. F.; Cunha, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. 306, Brasília: Embrapa, 2013.
- Schoenholtz, S.H.; Van miegroet, H.; Burger, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. Forest Ecology and Management, v. 138, p. 335-356, 2000.
- Semarh. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Perfil do seu município: Martins. Natal: IDEMA, 2008. v. 10, p. 1-22.
- Silva, I. F.; Mielniczuc, J. 1997. Avaliação do Estado de Agregação do Solo Afetado pelo Uso Agrícola. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p. 313-319, 1997.
- Silva, I. V.; Mendonça, E. D. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. Eds. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 6, p. 275-374 , 2007.
- Statistica. Data analysis software system), versão 7.0, StatSoft Disponível em: <[http://\(www.statsoft.com\)](http://www.statsoft.com)>.), 2004.
- Singer, M.; Ewing, S. Soil quality. In: Sumner, M. E. (ed.). Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press, p.271-298, 2000.

- Sousa, S. M. S. C. Relações entre vegetação, relevo, fertilidade do solo e matéria orgânica em bacia hidrográfica de região semi-árida. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia, PB. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água).
- Stevenson, F. J. Humus Chemistry: genesis, composition, reactions. 2. ed. New York: John Wiley. 496 p, 1994.
- Thomas, M.F. Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes. New York, John Wiley & Sons. 460p. 1994
- Tiessen, H.; Salcedo, I.H. & Sampaio, E.V.S.B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid Northeastern Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v.38, p.139-151, 1992.
- Tomé Júnior, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária. 247p, 1997.
- Vanni, S.M. Modelos de regressão: estatística aplicada. São Paulo: Legmar Informática & Editora, 1998. 177p.
- Vargas, L.K. & Scholles, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 24, p.35-42, 2000.
- Warrick, A.W. & Nielsen, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, 350p, 1980.
- Yoder, Robert E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Agronomy Journal* 28.5 (1936): 337-351.
- Zanatta, J.A.; Bayer, C.; Dieckow, J.; Vieira, F.C.B. & Mielniczuk, J. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. *Soil Till. Res.*, v.94, p.510-519, 2007.

