



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ANA CARLA RODRIGUES DA SILVA

**MINERALOGIA DE SOLOS REPRESENTATIVOS DA FAZENDA
EXPERIMENTAL “RAFAEL FERNANDES” MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RN**

MOSSORÓ

2017

ANA CARLA RODRIGUES DA SILVA

**MINERALOGIA DE SOLOS REPRESENTATIVOS DA FAZENDA
EXPERIMENTAL “RAFAEL FERNANDES” NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semiárido (UFERSA), como
exigência final para obtenção do título de Eng.
Agrônomo

Orientadora: Prof^a Carolina Malala Martins
Souza - UFERSA

Co-orientadora: Prof^a Jeane Cruz Portela -
UFERSA

MOSSORÓ/RN

MAIO/2017

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

S586m SILVA, ANA CARLA RODRIGUES DA.

MINERALOGIA DE SOLOS REPRESENTATIVOS DA
FAZENDA EXPERIMENTAL RAFAEL FERNANDES NO
MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RN / ANA CARLA RODRIGUES DA
SILVA. - 2017.

45 f. : il.

Orientadora: CAROLINA MALALA MARTINS SOUZA.

Coorientadora: JEANE CRUZ PORTELA.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2017.

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.

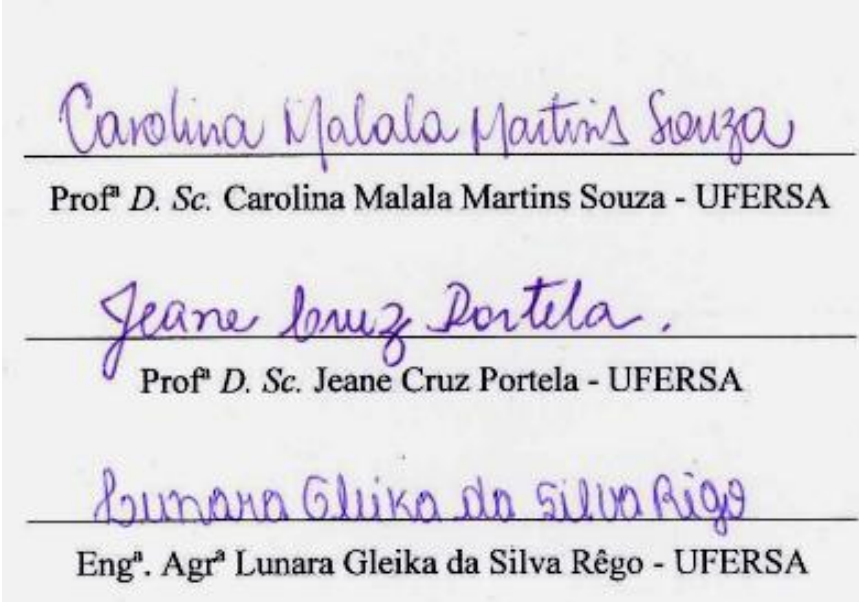
ANA CARLA RODRIGUES DA SILVA

**MINERALOGIA DE SOLOS REPRESENTATIVOS DA FAZENDA
EXPERIMENTAL “RAFAEL FERNANDES” NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal
Rural do Semiárido (UFERSA), como exigência
final para obtenção do título de Eng. Agrônomo

Data da defesa: 19 de Maio de 2017.

BANCA EXAMINADORA



Carolina Malala Martins Souza
Profª D. Sc. Carolina Malala Martins Souza - UFERSA

Jeane Cruz Portela.
Profª D. Sc. Jeane Cruz Portela - UFERSA

Lunara Gleika da Silva Rêgo
Engª. Agrª Lunara Gleika da Silva Rêgo - UFERSA

Aos meus pais Raimundo e Francineide por
me proporcionar a realização de um sonho,
pelo amor, apoio e incentivo nos momentos de
questionamentos.

Aos meus irmãos Paulo César e Cícero Paulo
pelo carinho, cumplicidade e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por me manter num caminho de fé e coragem para seguir firme perante os obstáculos do caminho, me dando sabedoria para distinguir por onde seguir nas encruzilhadas da vida.

Á minha família, ao meu pai Raimundo Nonato pelo carinho e companheirismo, sempre me apoiando nas decisões e sonhos almejados. A minha mãe Francineide, que sempre se manteve ao meu lado em qualquer circunstância me dando força e coragem para seguir trilhando o caminho dos meus sonhos. Aos meus amados irmãos Paulo Cesar e Cícero Paulo que sempre apoiaram e proporcionaram viver esse sonho e a minha cunhada Maria Claubênia que me ajudou e apoiou durante esses anos.

Aos amigos que fiz durante todos esses anos de descobertas e desafios longe de casa, cada um preencheu um momento alegre e especial em minha vida. Vocês estiveram ao meu lado nos momentos de alegria, tristeza, dificuldade e vitórias. Isadora Medeiros, Jaianne Amorim, Samylla Melo, Carlos Felipe, Rebeca Lima, Thiago Saldanha, Madylenne Rabelo, Thyarlon Bergson, Lucas Saldanha, Luana.

Aos meus grandes amigos e companheiros de graduação, Henrique Campos, Nicolas Araújo, Francisco Diorge, Francisco Linco, Pedro Mauricio, Antônio Roberto. Foram anos de muitas batalhas, muito aprendizado tanto profissional como pessoal, muitas aventuras e historias a serem contadas e lembradas. À vocês um amor especial que permanecerá sempre em mim.

Aos meus familiares, minhas tias e tios que sempre incentivaram esse sonho, e em especial a minha tia Rosivânia Laureano Rodrigues que nunca mediu esforços para me ajudar.

A minha orientadora e amiga Prof^a Carolina Malala Martins Souza, que nunca mediu esforços para me ajudar durante a graduação e principalmente nesse momento de decisão na minha vida acadêmica.

A minha co-orientadora Jeane Portela Cruz, uma pessoa ao qual estive presente durante a minha graduação me ensinando e aconselhando. Uma professora e amiga pela qual tenho um carinho e admiração enorme.

Aos meus colegas do laboratório Isadora Medeiros, Rebeca Nairony, Elisângela Maniçoba, Lunara Gleika, Phâmella Farias, Gilson Dias e Álison, por toda ajuda durante toda a elaboração das minhas análises.

Aos técnicos do LASAP, seu Elídio Andrade, Antônio Carlos e Kaline da Costa pela colaboração nas minhas análises e pela experiência transmitida ao longo dessa caminhada.

Ao IFCE nas pessoas de Clarisse e Natanael que me ajudaram num momento decisivo na construção dessa monografia.

Aos amigos da vida, Fabrícia Costa, Adriana Rodrigues, Amanda Rodrigues, Fernanda Costa, Karla Ligia, Eudacir Roberto, Ângela Silva, Adriana Silva, Nacélio Alves, Lenise Roberto, Carla Reges, Cleudo Guimarães, que apesar da distância necessária para realizar um sonho, se fizeram sempre presentes me ajudando e auxiliando nos momentos que precisei. A vocês meu muito obrigado, estarão sempre em meu coração.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade de conclusão do ensino superior.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para minha construção acadêmica ao longo desses anos.

Com Carinho, muito Obrigada!

Para cada momento, sombra e luz adequadas.
Aprendizado nas derrotas, resignação nas provas e serenidade nas vitórias.
(Victor Chaves, 2015)

RESUMO

O solo é um recurso fundamental para a vida no planeta Terra, entretanto, é necessário que se mantenha sua preservação e manutenção em busca do seu uso consciente. A composição mineralógica é um aspecto que influencia em grande parte dos fenômenos físicos e químicos que ocorrem na pedosfera, o que auxilia na compreensão da pedogênese, sendo uma caracterização importante e discutida com menor frequência nos solos da região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. Com isto, o objetivo deste trabalho foi compreender a gênese e os principais processos de formação dos solos representativos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, zona rural de Mossoró-RN, através da composição mineralógica, principalmente da fração argila, com enfoque na gênese dos óxidos de ferro. Foram selecionados três perfis representativos da área, sendo o primeiro: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1); LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2) PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico (P3). Foram realizadas análises químicas para obtenção do teor de ferro cristalino (Fe_d) e teor de ferro amorfo (Fe_o) e mineralógicas para obtenção das fases minerais por meio da difratometria de raios X da argila natural e desferrificada. Nos três perfis, e em todos os horizontes, há picos bem definidos de caulinita (Ct), mostrando que tal mineral apresenta-se em nível mais avançado de cristalinidade. A mineralogia da fração argila dos solos representativos é semelhante, com distinção apenas na área de Plintossolo. Os solos representativos apresentam elevado teor de ferro cristalino e baixa relação Fe_o/Fe_d , indicando maior avanço intempérico principalmente em P1 e P2, sendo o P3 a classe que esta relação foi maior, em função do processo de plintitização que influencia no maior grau de cristalinidade destes minerais. Os resultados permitiram inferir que os solos representativos da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes” apresentam pedogênese influenciada pelos fatores de formação clima, material de origem e relevo. Sendo observados solos com processos pedogenéticos distintos.

Palavras Chave: processos pedogenéticos, óxidos de ferro, grupo barreiras.

ABSTRACT

Soil is a key resource for life on Earth, however, it is necessary that we sustain its preservation and maintenance in order to find a sensible use. The mineralogical composition is an aspect that influences large part of physicochemical phenomena that occur in the pedosphere, which helps in the understanding of the pedogenesis, being an important characterization but less frequently discussed for soils in the semiarid region of State of Rio Grande do Norte. Thereby, this study's goal was the comprehend the genesis and major formation processes of representative soils from Fazenda Experimental Rafael Fernandes farm, countryside area of Mossoró-RN, through mineralogical composition, mainly from the clay fraction, focusing the iron oxide genesis. Three representative soil profiles were selected: Typic Rhodustults (P1), Rhodic Haplustox (P2) and Typic Plinthustalfs (P3). Chemical analysis were performed to obtain the content of crystalline iron (Fe_c) and amorphous iron (Fe_o), and mineralogical analysis to obtain the mineral phases by x-ray diffractometry of natural and iron-free clay. Being observed soils with distinct pedogenetic processes. In the three profiles, and in all horizons, there are well-defined peaks of kaolinite (Ct), showing that this mineral is at a more advanced level of crystallinity. Mineralogy of clay fraction from the representative soils are similar, with the only distinction in the Plinthustalf area. The representative soils show high content of crystalline iron and low Fe_o/Fe_c ratio, indicating higher weathering progress in P1 and P2 mainly, with the P3 being the class that had higher ratio, due to desilication process which generates a higher degree of crystallinity of these minerals. The results allowed us to conclude that the representative soil from Fazenda Experimental Rafael Fernandes farm showed pedogenesis extremely influenced by the formation factors: climate, parent material and topography.

Key words: pedogenetic process, iron oxide, grupo barreiras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização dos perfis de solo da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”.....	24
Figura 2: Perfil de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico.....	28
Figura 3: Perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distófico argissólico.....	28
Figura 4: Perfil de PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico.....	29
Figura 5: Difractometria de raios x da fração argila do perfil de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1).Caulinita; Ilita; Goethita; Hematita.	30
Figura 6: Difractometria de raios x da fração argila do perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2). Caulinita; Ilita; Goethita; Hematita.	30
Figura 7: Difractometria de raios x da fração argila do perfil de PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico (P3). Caulinita; Ilita; Goethita; Hematita.	31
Figura 8: Difractometria de raios x da fração argila natural e desferrificada do horizonte Bt2 do perfil de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1). Goethita; Hematita.	35
Figura 9: Difractometria de raios x da fração argila natural e desferrificada do horizonte Bw1 do perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2). Goethita; Hematita.	35
Figura 10: Difractometria de raios x da fração argila natural e desferrificada do horizonte Btf do perfil de PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico (P3). Goethita; Hematita.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização morfológica dos perfis de solos estudados	25
Tabela 2. Teores de Fe obtidos na fração argila por três extrações com DBC (Fe_d) e Oxalato de amônio (Fe_o) dos solos estudados.....	32
Tabela 3. Teores e proporções de Fe_d obtidos nas frações argila, silte e areia por três extrações sucessivas pelo método DBC	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ct	Caulinita
CTC	Capacidade de troca de cátions
DBC	Ditionito- citrato-bicarbonato de sódio
DRX	Difratometria de raios – X
Fed	Teor de óxidos de ferro cristalinos
Feo	Teor de óxidos de ferro amorfo
Gt	Goethita
Hm	Hematita
Il	Ilita
SIBCS	Sistema brasileiro de ciências do solo
TFSA	Terra fina seca ao ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE	15
2.2 PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E CLASSES DE SOLO	16
2.2.1 Ferralitização	17
2.2.1.1 Latossolo	18
2.2.2 Lessivagem (Argiluviação)	18
2.2.2.1 Argissolo	19
2.2.3 Plintitização (Laterização).....	19
2.2.3.1 Plintossolo	19
2.3 ÓXIDOS DE FERRO	20
2.3.1 Goethita	21
2.3.2 Hematita	21
2.4 ARGILOMINERAIS	21
2.4.1 Caulinita	22
3 OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	23
4.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....	25
4.3 ANÁLISES MINERALÓGICAS	25
4.3.1 Determinação das fases minerais	25
4.4 ANÁLISES QUÍMICAS	26
4.4.1 Teor de óxidos de ferro cristalinos.....	26
4.4.2 Teor de óxidos de ferro amorfo.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

O solo possui distintas formas, posições e aptidões que nos proporcionam a possibilidade de vida. É notável a importância de se observar as diferentes feições pedológicas e compreender que essa diversidade é uma junção da atuação dos fatores de formação e consequentemente dos processos pedogenéticos. Porém, apesar de toda diversidade, um ponto em comum a todas as classes de solo é a necessidade do conhecimento de seus aspectos químicos, físicos e mineralógicos a fim de melhorar as estratégias de manutenção desse ambiente, de forma que seja utilizado de forma mais eficiente e sustentável.

Do ponto de vista da gênese de solos, a composição e as transformações mineralógicas dos seus materiais possibilitam melhor entendimento da evolução dos processos de intemperismo, já que os minerais são indicadores da dimensão com que os diferentes processos têm atuado nas paisagens atuais (COELHO & VIDAL-TORRADO, 2003). A composição mineralógica do solo, entre vários aspectos, o que mais influencia grande parte dos fenômenos físicos e químicos ocorrentes na pedosfera, auxiliando na compreensão da pedogênese. Dentre as variadas composições mineralógicas possíveis de observação nos solos brasileiros, há destaque para a presença dos óxidos de ferro, principalmente em condições de boa drenagem e intemperismo avançado. Os óxidos de ferro, principalmente a hematita e goethita contribuem diretamente com os processos de estruturação e agregação dos solos, dando-lhes características desejáveis para atividade agrícola, além de estarem relacionados também com a cor, fixação de alguns metais pesados e fósforo.

No estado do Rio Grande do Norte, há diferentes paisagens que apresentam solos com óxidos de ferro em sua composição mineralógica, havendo destaque para os solos mais desenvolvidos da costa litorânea, influenciados pelos arenitos que compõem a Formação Barreiras, e os solos menos desenvolvidos da região semiárida, por influência de rochas cristalinas e clima seco. Neste cenário, destaque pode ser dado aos solos da região noroeste do município de Mossoró, que está inserido na mesorregião oeste do estado, que apresenta duas pedoformas distintas: uma área maior com Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média e relevo plano na parte da zona do Litoral, e outra área menor classificada como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa e relevo plano (SNCLS, 1971). Ambas apresentando solos profundos, bem drenados e de coloração intensa.

A Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localiza-se exatamente entre essas duas pedoformas e essa posição

específica gera necessidade de estudos detalhados sobre a formação desses solos, o que pode ser mais bem entendido com análise detalhada da sua composição mineralógica. O conflito de informações sobre qual classe de solo predomina na fazenda experimental e a importância da área como instrumento para a realização de diversas pesquisas desenvolvidas pelos discentes e docentes dos cursos de graduação e pós-graduação da UFERSA, é de importância que se conheça detalhadamente o solo existente nesta área, desde os processos de sua formação, as principais classes existentes e sua mineralogia, permitindo a realização do manejo adequado as particularidades locais e uso sustentável do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

A geologia do estado do Rio Grande do Norte é evidenciada a partir de três grandes grupos de rochas: o primeiro representado por unidades pré-cambrianas (3,45 bilhões de anos até 542 milhões de anos); o segundo é constituído por unidades do Cretáceo (145 a 65 milhões de anos), é representada pelas rochas sedimentares da Bacia Potiguar e vulcânicas associadas; o terceiro construído pelas coberturas sedimentares cenozóicas e mais jovem com 65 milhões de anos até o recente (CPRM, 2010).

As unidades pré-cambrianas são caracterizadas a partir dos domínios geológicos Jaguaribeano, Rio Piranhas-Seridó e São José do Campestre, respectivamente situadas nas porções extremo-oeste, central e centro-leste do Rio Grande do Norte. O Domínio Jaguaribeano é uma entidade geológica de idade paleoproterozoica, constituída por litotipos do Complexo Jaguaretama, Grupo Serra de São José e ortognaisses da Suíte Serra do Deserto. O Domínio Rio Piranhas-Seridó possui essencialmente rochas paleoproterozoicas/riacianas do Complexo Caicó (gnaisses e migmatitos) intrudidas pela Suíte Poço da Cruz (augengnaisses paleoproterozoicos/orosirianos). Estes são cobertos por rochas do Grupo Seridó (Neoproterozoico/Ediacarano). No Domínio São José do Campestre, ocorrem litotipos/unidades de idades paleoproterozoicas e arqueanas, ressaltando-se a presença das rochas mais antigas da América do Sul (CPRM, 2010).

As bacias sedimentares cretáceas do estado do Rio Grande do Norte (Potiguar, Gangorra, Rafael Fernandes e Coronel João Pessoa) têm sua evolução tectônica relacionada aos esforços extensionais durante o Cretáceo Inferior (Neocomiano), que culminaram com a separação das placas Sul-Americana e Africana. A bacia potiguar aflora em toda a porção norte do estado do Rio Grande do Norte, estendendo-se (pequena porção) ao estado do Ceará, abrangendo uma área de aproximadamente 48.000 km². A bacia gangorra está situada no médio oeste potiguar, a cerca de 20 km a norte da cidade de Umarizal. Segundo Nóbrega, (2002), os sedimentos aflorantes são: (i) conglomerados polimíticos, de coloração avermelhada e esbranquiçada, com seixos de fragmentos de rochas e de quartzo, pobremente selecionados, apresentando estratificação cruzada acanalada; (ii) arenitos conglomeráticos, avermelhados, maciços, moderada a pobremente selecionados, constituídos por quartzo e feldspato com cimento argiloso; (iii) arenitos grossos, esbranquiçados, maciços, com quartzo,

feldspatos e clastos de argila; (iv) arenitos finos, cinza a esbranquiçados, maciços. Em perfis de poços, também foram identificados níveis de folhelhos e carbonatos (CPRM, 2010).

As coberturas sedimentares cenozoicas, constituída basicamente pela Formação Barreiras, aflora ao longo de uma faixa próxima ao litoral do estado, por vezes constituindo falésias litorâneas. (ALHEIROS et al. 1988) e (ALHEIROS & LIMA FILHO, 1991), reconheceram nessa unidade a presença de fácies típicas de um sistema fluvial entrelaçado e de fácies transicionais para leques aluviais e planícies litorâneas (fluviolagunares). A fácies fluvial entrelaçada ocorre próxima aos rios de grande porte e é formada por depósitos contendo cascalho e areias grossas a finas, em geral feldspáticas, com coloração esbranquiçada, creme-amarela a avermelhada (sedimentos mais recentes). Intercalam-se microclastos sob a forma de camadas, filmes e lentes de argila/silte. Predominam estratificações cruzadas acanaladas de grande e pequeno porte e de médio e baixo ângulo, com sets granodecrescentes iniciados por cascalhos quartzofeldspáticos e seixos da argila (CPRM, 2010). Ribeiro, (2001) afirma que o arenito da Formação Barreiras trata-se de sedimentos bastantes caulinitizados, sobre os quais ou em sua base, aparecem crostas ferruginosas porosas, avermelhadas, ricas em detritos de sílica mal selecionados e nódulos de óxidos de ferro e manganês.

A continuidade física do Grupo Barreiras, na forma de lençol quase contínuo, sugere que inicialmente correspondia a rampas detríticas coalescentes mergulhando em direção ao Oceano Atlântico, correspondendo à sedimentação correlativa de eventos de soerguimento epirogenético, que edificaram as superfícies culminantes em diversos pontos do interior brasileiro (BEZERRA, 2001; SAADI et al. 2005). Segundo Bezerra, (2001), os sedimentos do Barreiras se constituem na última rocha sedimentar terciária do Nordeste do Brasil formada na história da abertura do Atlântico, representada pela sequência sedimentar ao longo de mais de 4.000 km do litoral.

2.2 PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E CLASSES DE SOLO

Os fatores ambientais material de origem, clima, organismos, relevo e tempo são responsáveis pelos processos formadores do solo, os processos pedogenéticos. As diferentes combinações desses fatores formam um solo com um conjunto de horizontes e composição característicos. Contudo o entendimento da formação do solo requer uma visão dos processos atuantes passados, determinação dos processos atuais (KAMPF & CURI, 2012).

2.2.1 FERRALITIZAÇÃO

Nas regiões tropicais úmidas, nas quais ocorre intensa intemperização química, há uma intensa decomposição dos ácidos orgânicos e entre eles predomina o ácido carbônico (H_2CO_3), que por ser um ácido mais fraco e não complexante mantém o pH do solo acima de 5. Em solos nessas condições o Si tem maior solubilidade do que óxidos Al e Fe, o mesmo é retirado do sistema, ocasionando o acúmulo de Al e Fe no solo. Esse processo de dessilicação e acumulação residual de óxidos de Fe e Al, é referido como ferralitização (KAMPF & CURI, 2012).

A ferralitização origina perfis de solos profundos e homogêneos, sem gradiente textural, de colocação uniforme e transição difusa a graduais entre os sub-horizontes sendo, portanto um processo lento. A maior ocorrência dos processos de dessilicação e de ferralitização está representada pela classe dos Latossolos que apresentam propriedades tais como: baixa razão $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$, baixa CTC, argila de atividade baixa e baixo teor de minerais intemperizáveis, sendo estas feições requisitos do horizonte diagnóstico B latossólico (Bw). Esses processos de dessilicação e ferralitização também são apresentados em outras classes de solos como Nitossolos e Argissolos (KAMPF & CURI, 2012).

Solos formados por essa classe de processo pedogenético são os mais desenvolvidos da crosta terrestre. Em geral ocupam as superfícies mais elevadas (planaltos) em relação à paisagem circundante (RESENDE et al. 2007). Ao longo do perfil, principalmente no horizonte B, os teores de argila permanecem constantes, ou aumentam levemente, porém, não se configura um B textural. Cores predominantes do perfil dos Latossolos variam de vermelhas muito escuras a amareladas; geralmente são mais escuras no horizonte A, vivas no B e mais claras no C. São solos compostos por minerais altamente intemperizados que originam uma fração argila de atividade baixa, sendo comum a presença de argilominerais do tipo 1:1 e óxidos de ferro (PALMIERI & LARACH, 2004).

2.2.1.1 LATOSSOLO

Por serem encontrados em diferentes situações climáticas ao longo de sua formação os Latossolos são considerados poligenéticos. Isso tende a homogeneizar características químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas. Sendo considerados solos de mineralogia relativamente simples. Na sua fração grosseira (silte + areia) prevalece quartzo, com menores quantidades de muscovita e alguns feldspatos potássicos quando derivados de rochas ácidas. Magnetita e ilmenita quando desenvolvem de rochas basálticas. Na fração argila as quantidades de caulinita, gibbsita, goethita e hematita variam de acordo com o material de origem, da intensidade do intemperismo e drenagem do sistema, entre outros fatores. O conceito geral dos Latossolos prevê o domínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, com outros componentes na fração argila em menor proporção (KER, 1997).

2.2.2 LESSIVAGEM (ARGILUVIAÇÃO)

O processo de lessivagem consiste na translocação vertical de partículas da fração argila em suspensão, principalmente argilas menores que 0,002 mm, óxidos e compostos orgânicos no interior do solo. Como consequência, os horizontes superficiais são empobrecidos (eluviados) e os subsuperficiais são ricos em argila (iluviados). Por serem muito susceptíveis de permanecer em suspensão, as partículas da fração argila são transportadas pela água que percola no solo, esse processo se intensifica em espaços não capilares, onde o fluxo de água é maior e mais rápido (KAMPF & CURI, 2012).

A deposição dessas partículas se inicia pelos processos de esboroamento e dispersão, o esboroamento consiste na separação física das partículas dos agregados em água, a qual é favorecida por ciclo de umedecimento – secagem do solo. Já a dispersão se dá pela repulsão química entre colóides em suspensão, é favorecida pela baixa concentração de sais e pela saturação por íons (Na^+ , Ca^{2+} e Al^{3+}). A argila que se encontra em suspensão no solo, pode ser depositada por mecanismos distintos: quando cessa o fluxo de água, quando há floculação por altas concentrações de eletrólitos, quando há adsorção de argilominerais com carga negativa permanente em óxidos de Fe e de Al em subsolos ácidos, ou quando há infiltração por maior microporosidade e abundância de sítios de adsorção em horizontes de textura fina (KAMPF & CURI, 2012). Os solos que sofreram o processo de argiluviação têm os horizontes bem diferenciados, em razão da translocação de material da superfície para o horizonte B. e são diagnosticados com Argissolos, Luvisolos e Planossolos (RESENDE et al. 2007).

2.2.2.1 ARGISSOLO

De acordo com o SIBCS (Sistema Brasileiro de Classificação do solo), Argissolos têm a presença de horizonte diagnóstico B textural, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo. Apresentam frequentemente, mas não exclusivamente, baixa atividade da argila (CTC), podendo ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa saturação de bases) ou eutróficos (alta saturação de bases), sendo normalmente ácidos (SANTOS et al. 2013).

2.2.3 PLINTITIZAÇÃO (LATERIZAÇÃO)

Consiste em acumulações localizadas de óxidos de ferro (hematita e goethita), na forma de mosqueados e nódulos macios, quase sempre de cor avermelhada, que podem endurecer definitivamente por meio de ciclos de umedecimento e secagem e quando endurecido forma a petroplintita (laterita) (KAMPF & CURI, 2012). A plintita é originada pela precipitação cíclica de ferro na zona de flutuação do lençol freático, formando inicialmente mosqueados que evoluem a nódulos e concreções (WAMBEKE, V, 1992; BREEMEN & BUURMAN, 1998). Tanto a formação de plintita como a da laterita são processos de acumulação de óxidos de Fe e Al e diagnosticam a classe do Plintossolo (KAMPF & CURI, 2012).

Pode-se considerar dois modelos básicos para explicar a formação da laterita: Acumulação relativa de Fe decorrente da dessilicação parcial e remoção de outros constituintes mais solúveis e acumulação absoluta por meio de aporte de Fe^{2+} em solução, sua oxidação, precipitação e acumulação (OLLIVER & PAIN, 1996).

2.2.3.1 PLINTOSSOLO

A classe dos Plintossolos é definida como grupamento de solos de expressiva plintitização com ou sem formação de petroplintita, com segregação localizada de ferro, atuante como agente de cimentação, com capacidade de consolidação acentuada (SANTOS et al. 2013). A plintita é originada pela precipitação cíclica de Fe da zona de flutuação do lençol freático, originando inicialmente mosqueados, que evoluem a nódulos e concreções (KAMPF & CURI, 2009).

2.3 ÓXIDOS DE FERRO

O intemperismo do solo provoca alterações, transformações e neoformação de minerais, esse é condicionado por diversos fatores físicos, químicos e biológicos. Cada ambiente está condicionado a fatores distintos que regem a alteração sofrida no mineral (KAMPF et al. 2012).

O ferro (Fe) originalmente presente na forma de Fe^{2+} existente na estrutura de minerais primários oxida a Fe^{3+} antes ou depois de sua liberação do material primário pela intemperização, este é precipitado a óxidos e oxihidróxidos de Fe, comumente chamados de óxidos de Fe. Esses são evidenciados em praticamente todos os solos, representados principalmente pela hematita e goethita (KAMPF et al. 2009).

Os óxidos de Fe forma estrutura em forma de octaedro, onde cada átomo de Fe é circundado por seis íons O ou O e OH. Os óxidos de Fe se diferem principalmente quanto aos arranjos destes octaedros e as ligações entre si. Concentração de óxidos de Ferro no solo varia de <1 a $> 500 \text{ g kg}^{-1}$, essa quantidade depende do material de origem, do grau de intemperismo e com os processos de acumulação ou remoção (KAMPF et al. 2012). O ferro, presente como Fe^{2+} em minerais primários (principalmente silicatados), na maioria das rochas, é liberado durante a intemperização, por meio do processo de protólise e oxidação, hidrolisa-se em contato com a água e forma óxidos de Fe^{3+} (KAMPF et al. 2012).

Os óxidos de Fe, principalmente a hematita e goethita, se relacionam intimamente com a estruturação e agregação do solo, o que proporciona características desejáveis como maior permeabilidade de água e maior resistência à erosão (CORREA, 2008). Saber a relativa distribuição das diferentes formas de Fe num solo é interessante na interpretação da pedogênese, das condições e intensidade do intemperismo para o melhor entendimento físico, químico e na classificação do solo (JUNIOR & KAMPF, 2003). Por terem baixa solubilidade, a persistência desses minerais no solo amplia a utilidade diagnóstica dos óxidos de ferro, como minerais indicadores de mudanças ambientais. Pela elevada habilidade de identificar, quantificar e caracterizar as fases minerais dos óxidos de Fe, esse material é uma importante ferramenta para a interpretação dos processos pedogenéticos e geoquímicos atuais e pretéritos ocorrentes no solo (KAMPF et al. 2012).

2.3.1 GOETHITA

O mineral goethita (Gt) ocorre em quase todos os ambientes pedogenéticos, sendo o mineral mais comum dos óxidos de Fe. Possui coloração que varia do amarelado ao marrom e é muito utilizado em processos industriais. Com a solubilização do Fe^{2+} é possível se formar até oito óxidos de Fe e desses a goethita e hematita são os mais estudados. A Goethita ocorre principalmente em solos formados a partir de rochas que têm baixa composição de ferro, em climas regionais mais frios e úmidos ou posições de relevo que favorecem o acúmulo de água ou temperaturas mais baixas. Ou ainda é formada nas primeiras fases do intemperismo dos minerais primários e acumula, e fica mais expressiva em solos jovens ou nos horizontes próximos às rochas (CURI & FRANZMEIER, 1984).

2.3.2 HEMATITA

Entre os óxidos de Fe a hematita é o segundo mais comum na natureza, principalmente em solos e rochas sedimentares, metamórficas e magmáticas. Hematitas não-pedogênicas são, muitas vezes, referidas como hematitas primárias, e pode ocorrer como minerais residuais a exemplo do que ocorre em muitos solos de cores avermelhadas (RESENDE E et al. 1997). É um óxido de Fe comum na região tropical e intertropical quente e úmida, acumulando em solos de drenagem livre, geralmente, presentes nas posições mais estáveis do relevo, derivados de diferentes materiais (BIGHAM & COSTA, 2009).

2.4 ARGILOMINERAIS

Os argilominerais apresentam-se no solo na forma de diferentes espécies minerais, sua ocorrência é condicionada pelo material de origem, pelo intemperismo e pela pedogênese (KAMPF et al, 2012). A importância dos argilominerais no solo tem expressiva contribuição às propriedades físicas (textura, estrutura, consistência, permeabilidade, expansão e contração, etc.) e as propriedades químicas (disponibilidade de nutrientes. CTC, pH, sorção, etc.) do solo, decorrentes principalmente, do seu pequeno tamanho de partículas, elevada área superficial e reatividade de superfície (KAMPF et al. 2012).

Os argilominerais tem expressiva importância no solo devido a sua peculiar e significativa contribuição às propriedades físicas e as propriedades químicas do solo, por conta principalmente, do seu pequeno tamanho de partícula, elevada área superficial e reatividade de superfície. (KAMPF et al. 2012).

2.4.1 CAULINITA

A caulinita pertence a classe dos filossilicatos apresentando-se em forma de placas, com crescimento preferencial no plano X-Y (a-largura e b-comprimento) em relação ao sentido (c-espessura). A capacidade de troca catiônica (CTC) da caulinita varia de 30 a 150 mmol_c kg⁻¹ (Grim, 1968), enquanto a área superficial específica varia de 10 a 20 m² g⁻¹.

A formação da caulinita é mais propícia em ambientes com processos de intemperismo químico acentuado e lixiviação dos produtos da dissolução dos minerais principalmente, cátions básico e sílica (Melo, 2009).

Esse processo de dessilicação é mais encontrado nas regiões de clima quente e úmido, favorecendo a formação e a estabilidade da caulinita no solo, por este motivo, a caulinita é o argilomineral mais presente e comum nos solos brasileiros ocorrendo em praticamente todas as classes de solos (Kampf & Curi, 2003).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a gênese e os principais processos de formação dos solos representativos da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”, zona rural de Mossoró-RN, através da composição mineralógica, principalmente da fração argila, com enfoque na gênese dos óxidos de ferro.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análises mineralógicas e consequentemente identificação dos minerais predominantes na fração argila dos solos representativos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, zona rural de Mossoró-RN;
- Determinar os teores de Fe cristalino e amorfo nas frações granulométricas de cada horizonte dos solos representativos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, zona rural de Mossoró-RN.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada foi a Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”, pertencente a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), que está localizada no distrito de Alagoinha, zona rural de Mossoró-RN. O distrito de Alagoinha está situado nas seguintes coordenadas: latitude 5° 03' 37" S e longitude de 37° 23' 50" W, com altitude aproximada de 72 m, distando 20 km da cidade de Mossoró-RN. Segundo Thornthwaite, o clima local é DdAa', ou seja, semiárido, megatérmico e com pequeno ou nenhum excesso d'água durante o ano, e de acordo com Köppen é BSwh', seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que geralmente compreende o período de junho a janeiro e uma chuvosa, entre os meses de fevereiro e maio (CARMO FILHO et al. 1991). A vegetação é do tipo Caatinga Hiperxerófila, com fisionomia arbustiva pouco densa e aberta com ocorrências de árvores esparsas. (SNLCS, 1971).

A fazenda experimental Rafael Fernandes da UFERSA é uma unidade isolada da universidade e tem como principal função atender as demandas nas pesquisas dos cursos existentes na universidade. Possui área de aproximadamente 400 hectares, sua infra-estrutura dispõe de escritórios, salas de aula, laboratórios, estufas, dormitórios, casas de apoio, serrarias

e oficina. As pedoformas mais representativas foram escolhidas a partir de viagens realizadas ao local, para reconhecimento da área. Tendo como base mudanças na vegetação, na declividade, altitude e demais peculiaridades da paisagem, assim como baseando-se no trabalho de Rêgo et al., (2016). Foram selecionados três locais de solos representativos para aberturas de trincheira no solo conforme mapa de localização (Figura 1, Tabela 1), os quais foram coletadas amostras dos horizontes diagnósticos para a realização das principais análises químicas e mineralógicas.

No campo foi realizada a amostragem e coleta de cada horizonte dos perfis para as análises laboratoriais, ambas de acordo com Santos et al., (2015), e a cor do solo identificada conforme Munsell, (2009). Os perfis de solo estudados na Fazenda Experimental “Rafael Fernandes” foram identificados e classificados até o 4º nível categórico e, de acordo com Rêgo et al., (2016).

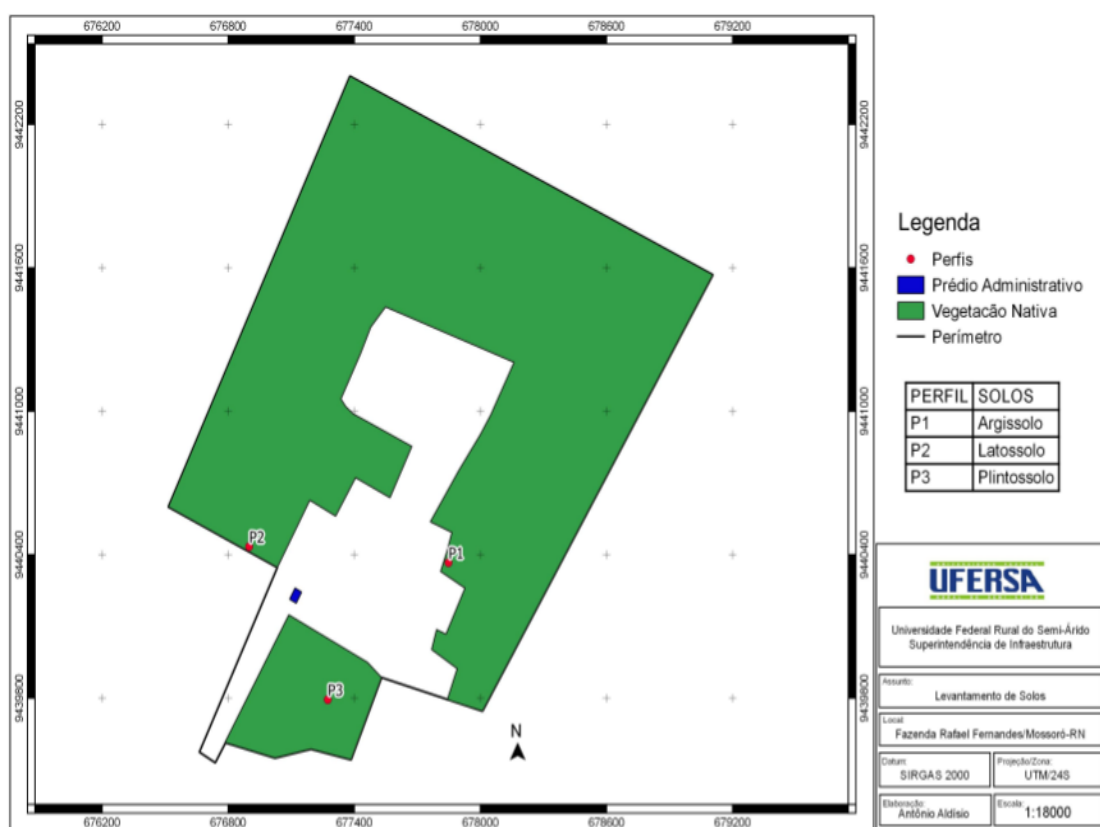


Figura 1: Mapa de localização dos perfis de solo da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”.

4.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

A localização das coordenadas geográficas de cada perfil foi obtida utilizando-se GPS de navegação Perfil 1 (P1), 5° 3' 39,8" S e 37° 23' 44,6" O; Perfil 2 (P2), 5° 3' 37,7" S e 37° 24' 15,4" O; Perfil 3 (P3), 5° 3' 58,5" O e 37° 24' 3,2" S. As amostras de solo coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se desta maneira, a terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das demais análises.

Tabela 1: Caracterização morfológica dos perfis de solos estudados (RÊGO et al., 2016)

Hor./Prof. (cm)	Alt. (m)	Cor	Material de Origem	Estrutura	Consistência			Trans.
					Seca	Úmida	Molhada	
Perfil 1 – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico								
A (0-22)	78	2,5YR 3/6, seca	ARENITO	1PMg Gr	Ma	MFr	NPl Pe	Pd
AB (22-47)		2,5YR 4/8, seca	Grupo	1Mg Gr	Ma	MFr	NPl Pe	Pd
BA (47-107)		2,5 YR 4/8, seca	Barreiras	2M Bls	Ma	MFr	LgPl NPe	Pd
Bt1 (107-183)		2,5YR 5/8, seca		2M Bls	Ma	MFr	LgPl Pe	Pd
Bt2 (183-233)		2,5YR 3/6, seca		2Mg Bls	Ma	MFr	LgPl Pe	Pd
Perfil 2 – LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico argissólico								
A (0-19)	90	10YR 3/6, seca	ARENITO	2MP Gr	Ma	MFr	LgPl Pe	Pd
AB (19-60)		2YR 4/6, seca		1PpP Gr	Ma	MFr	LgPl NPe	Pd
BA (60-106)		2YR 4/8, seca		2MP Bls	Ma	MFr	LgPl Pe	Pd
Bw1 (106-164)		2YR 4/8, seca		2GM Bla	Ma	MFr	Pl Pe	Pd
Bw2 (164-210)		2YR 3/6, seca		2GM Bla	Ma	Fi	Pl LgPe	Pd
Perfil 3 – PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico								
A (0-16)	76	10YR 5/4, seca	ARENITO	1G Gr	Ma	MFr	NPl Pe	Pg
AB (16-34)		10YR 6/6, seca		21GM Bla	Ma	MFr	LgPl Pe	Pg
BA (34-92)		2,5YR 7/8		32GM Bls	D	Fr	Pl Pe	Pc
Btf (92-141)		Mosqueado 10R4/6 com fundo 2YR 8/4		3GM Bls	Md	Md	Pl Pe	Pg
Crf (141-194)		Mosqueado 10R3/4 com fundo 10YR7/8		3P Bls	Ed	Ed	MPl Pe	Pg

Estrutura: 1 – fraca; 2 – moderada; 3 – forte; Mp: muito pequena; P: pequena; M: média; G: grande; Gr: granular; Bla: blocos angulares; Bls: blocos subangulares. Consistência: Ma: macio; ED: extremamente dura; D: dura; Md: muito dura MFi: muito firme; Fr: friável; Fi - firme; N: Não, M: muito; Lg: ligeiramente; Pl: plástico; Pe: pegajoso. Transição: p: plana; o: ondulada; d: difusa; c: clara; g: gradual.

4.3 ANÁLISES MINERALÓGICAS

4.3.1 DETERMINAÇÃO DAS FASES MINERAIS

A determinação das fases minerais iniciou com a separação das frações granulométricas em areia, silte e argila. Foi realizada a pesagem de 40 g de TFSA e adicionado 20 ml de Hexametáfosfato de sódio e 250 ml de água em uma garrafa tipo PET e levado para a agitação mecânica por 16 horas. A separação da fração areia foi feita por

peneiramento 0,053 mm), após dispersão química e mecânica. Após separada a fração areia e levada para estufa a 70 °C, a argila + silte foi colocada em provetas de 1000 ml. A separação da fração argila da fração silte foi realizada por sifonação onde diariamente a fração argila em suspensão era retirada por sucção e o volume da proveta era completado com solução de carbonato de sódio à pH 10, mantendo o pH entre 8,0 e 8,5. Esse procedimento foi repetido por várias vezes até a total retirada da fração argila e limpeza da fração silte. Em seguida, tais frações também foram levadas a estufa à 70 °C, maceradas e reservadas. Foi utilizado difratômetro SHIMADZU modelo XRD - 6100, empregando-se emissão $\text{K}\alpha_1$ do cobre. O potencial da fonte foi de 40 kV e a corrente de 30 mA, aplicada uma velocidade de varredura com um passo de 0,02° a cada segundo. A faixa de varredura (2θ) foi de 5 a 60°. A identificação dos picos foi realizada com o auxílio do programa RaioX v. 1.0.0.37 e os minerais foram identificados de acordo com Chen, (1977). A identificação das fases minerais por difratometria de raios-X (DRX), apenas a fração argila foi analisada no Centro de Síntese e Análise de Materiais (CSAMA) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN).

4.4 ANÁLISES QUÍMICAS

4.4.1 TEOR DE ÓXIDOS DE FERRO CRISTALINOS

Primeiramente pesou-se 0,2 g da fração argila que foram colocados em tubos de centrífuga de 50 ml, depois adicionados 10 mL da solução de citrato de sódio 0,2mol/L e 0,5 g de ditionito de sódio em pó. Depois os tubos foram levados ao banho-maria (à 50 °C) por trinta minutos. Após 30 minutos os tubos foram retirados e deixados resfriando até temperatura ambiente e levados para a centrífuga à 2000 rpm, ao final o extrato foi colocado em um balão volumétrico de 100 mL. Todas as etapas foram repetidas por mais duas vezes, o balão com o extrato foi completado com água deionizada, foi feita uma prova em branco contendo os reagentes exceto a amostra de solo, toda a análise foi realizada em três repetições (MEHRA E JACKSON, 1960). Foi realizado o mesmo procedimento nas frações areia e silte de todos os horizontes, a fim de se observar a presença de óxido de Fe nestas frações consideradas menos reativas.

O processo de desferificação da fração argila, para obtenção dos teores de ferro cristalino (Fe_d), também é considerado um pré-tratamento para confirmação da presença dos óxidos de ferro existentes nesta fração. Com isto, foram selecionadas amostras de argila

apenas dos horizontes diagnósticos das classes observadas que, após a desferrificação, foram submetidas a difratometria de raios - X, da mesma forma que a argila natural referente a “Determinação das fases minerais” deste trabalho. As leituras dos extratos foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica do Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do IFCE- Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Ceará.

4.4.2 TEOR DE ÓXIDOS DE FERRO AMORFO

Para a determinação do teor de óxidos Fe amorfo (Fe_o), foram pesados 0,2 g da fração argila e colocados em tubos de centrífuga recobertos por papel alumínio, em seguida adicionou 10 mL da solução “reagente de Tamm” (Oxalato de amônio 0,2mol/L + ácido oxálico 0,2 mol/L a pH 3,0), posteriormente os tubos foram tampados e levados ao agitador tipo Wagner (end-over-end), onde foram fixados paralelamente à direção do movimento e foram agitados por duas horas. Passado o tempo de agitação, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a uma rotação de 2000 rpm e o extrato final foi transferido para balões volumétricos de 50 ml e completados com água deionizada, toda análise foi feita em três repetições. Paralelamente a análise, foi feita uma prova em branco contendo os reagentes exceto a amostra de solo (MEHRA & JACKSON, 1960). As leituras dos extratos foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica do Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do IFCE- Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Ceará.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

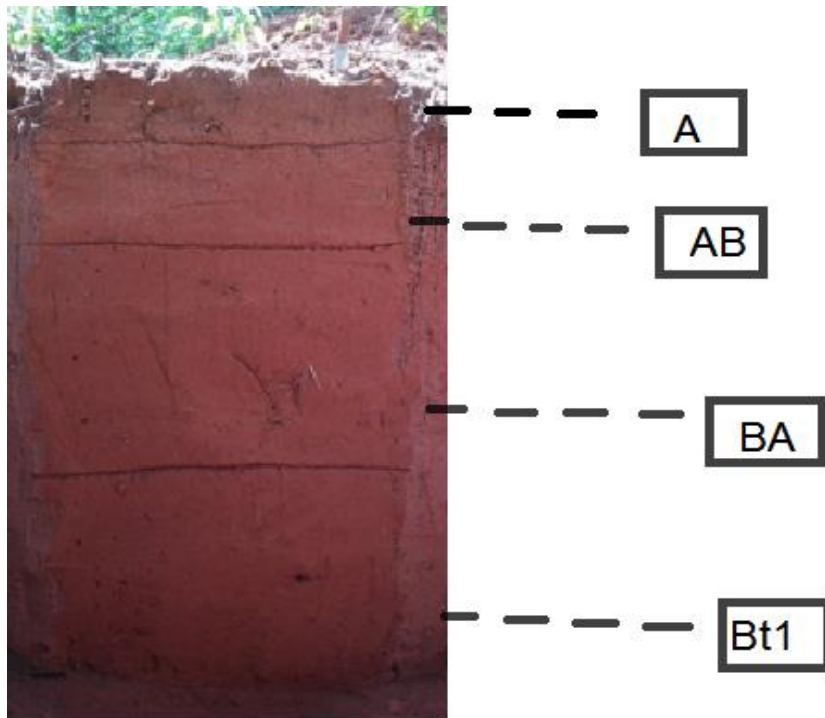


Figura 2. Perfil de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1) na Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”, Mossoró-RN.

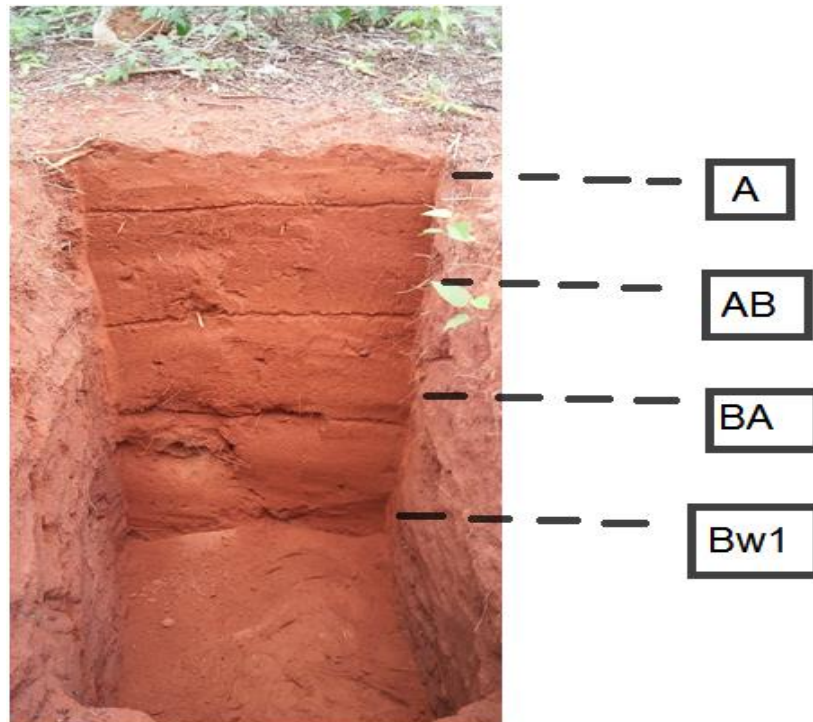


Figura 3. Perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2) na Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”, Mossoró-RN.

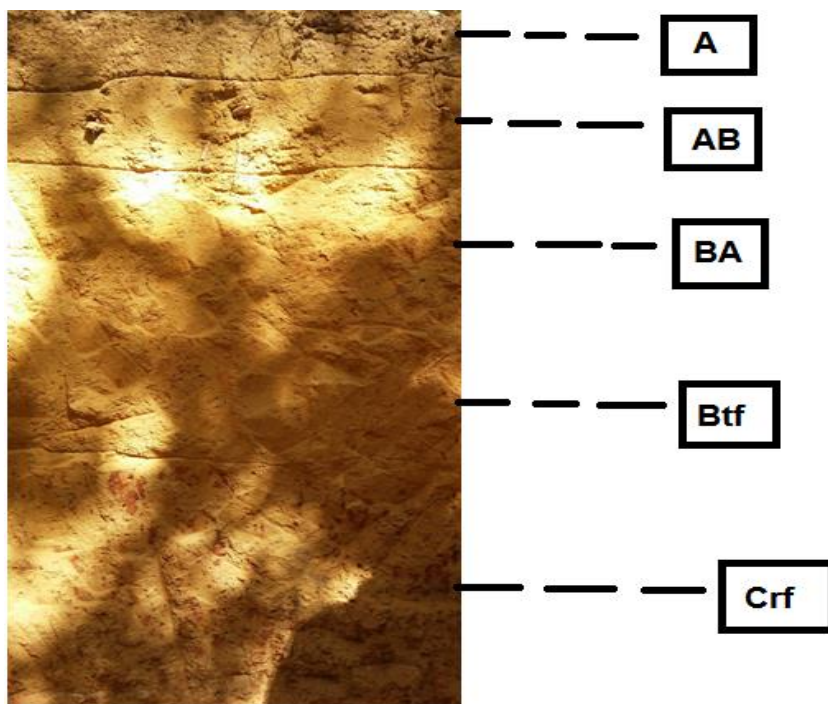


Figura 4. Perfil de PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico (P3) na Fazenda Experimental “Rafael Fernandes”, Mossoró-RN.

As três classes de solos principais encontradas foram: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1), LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2) e PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico (P3) conforme Rêgo et al (2016). Estas classes apresentam-se como produto dos processos pedogenéticos de Lessivagem (Argiluviação), Latolização (Ferralitização) e Plintitização (Laterização) respectivamente (Figuras 2, 3 e 4).

As áreas selecionadas apresentaram classes de solos diferentes, porém com composição mineralógica comum (Figuras 2, 3 e 4). Apesar das classes de solos encontradas se formarem por processos pedogenéticos também distintos, o que indicaria uma possível distinção em relação à composição mineralógica dos perfis, há uma influência comum as três áreas estudadas que é o mesmo material de origem e a mesma condição climática, favorecendo uma semelhança mineralógica das classes de solo.

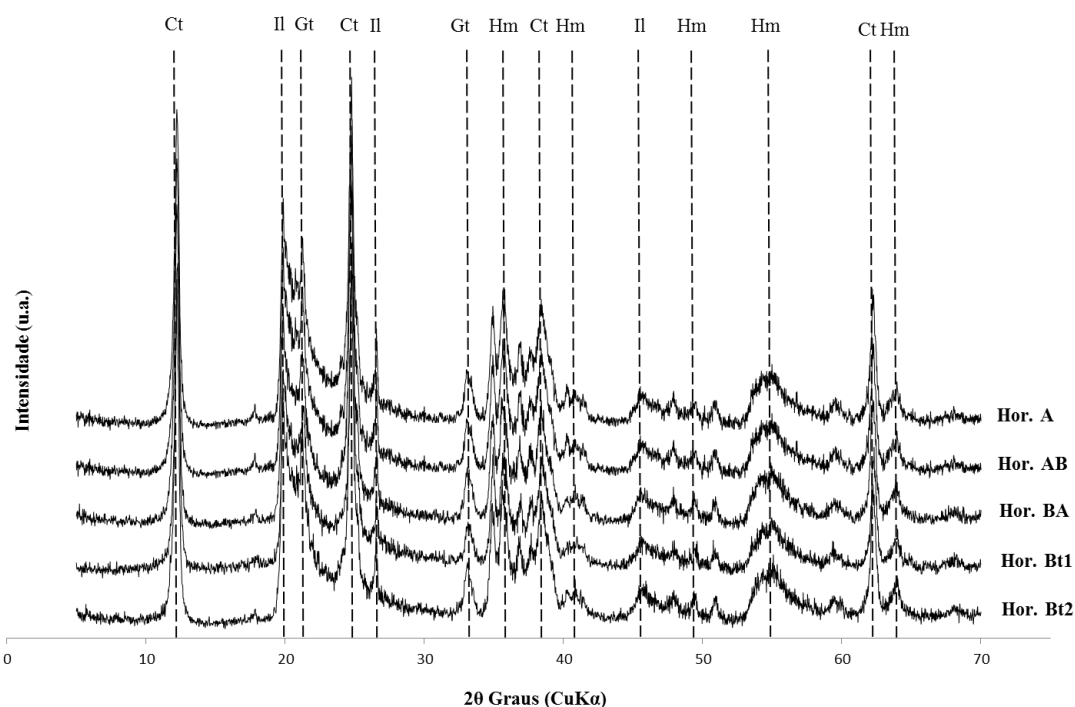


Figura 5. Difratometria de raios X da fração argila natural do perfil de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1). Ct: Caulinita; Il: Ilita; Gt: Goethita; Hm: Hematita.

Nos três perfis, e em todos os horizontes, há picos bem definidos de caulinita (Ct) (Figuras 5, 6 e 7), mostrando que tal mineral apresenta-se em nível mais avançado de cristalinidade, sendo comum aos solos dos sedimentos do Grupo Barreiras, em função do intenso intemperismo por que passou o material parental, bem como pelas condições climáticas (MELO et al., 2001). A Ct pode ser formada a partir de muitos minerais existentes no solo como minerais primários e minerais 2:1, desde que haja a remoção parcial de cátions básicos e de sílica, esse processo é mais comum em regiões de clima quente e úmido. Daí explica-se a predominância desse argilomineral nos solos brasileiros e em praticamente todas as classes de solos (KAMPF et al, 2012). Todos os perfis apresentaram picos de ilita (Il), por ser um mineral 2:1 não é tão comum em solos classificados como Latossolos, porém a condição climática menos acentuada na região, explica a presença desse mineral menos intemperizado. Também foram observados picos coincidentes de Il/Gt em todos os perfis, assim como a presença da hematita (Hm).

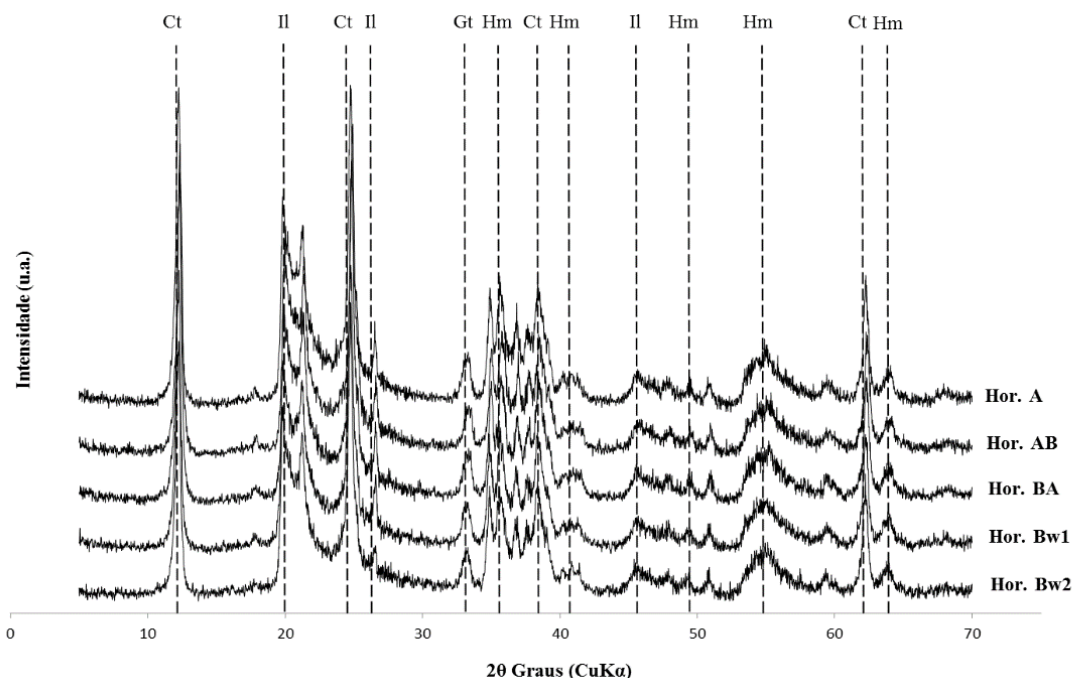


Figura 6. Difractometria de raios X da fração argila natural do perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2). Ct: Caulinita; Il: Ilita; Gt: Goethita; Hm: Hematita.

Em P3 os picos de todos os minerais são menos evidentes (Figura 7), demonstrando um menor grau de intemperização nesse perfil, mostrando também maior teor de Fe amorfo (Fe_0) (Tabela 2). O processo pedogenético presente tem bastante influência nesses resultados, onde os ciclos de umedecimento e secagem podem retardar o grau de cristalização dos óxidos de ferro, uma vez que, a alternância desses ciclos pressupõe-se que haja novos aportes de Fe que impregnam os nódulos, promovendo a cristalização dos óxidos (KAMPF & CURI, 2009).

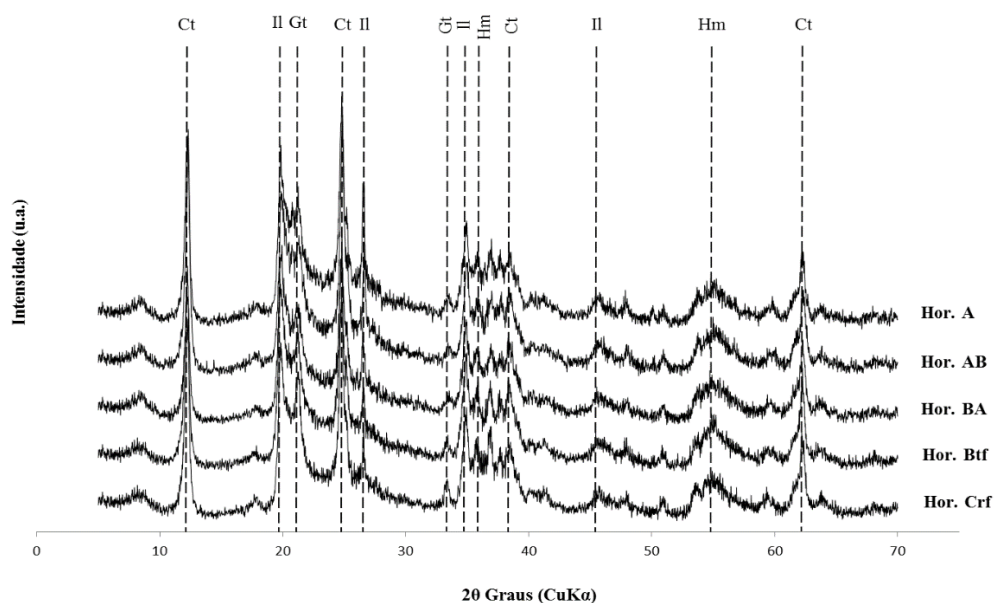


Figura 7. Difractometria de raios X da fração argila natural do perfil de PLINTOSSOLOARGILÚVICO Eutrófico típico (P3). Ct: Caulinita; Il: Ilita; Gt: Goethita; Hm: Hematita.

Tabela 2. Teores de Fe obtidos na fração argila por três extrações com DBC (Fe_d) e Oxalato de amônio (Fe_o) dos solos estudados

Horizontes	Fe _o	Fe _d	Fe _o /Fe _d
	g/kg		
P1- ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico			
A	4,50	83,39	0,054
AB	2,13	114,63	0,019
BA	1,47	115,91	0,013
Bt1	1,12	107,03	0,010
Bt2	0,66	107,34	0,006
P2- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico			
A	1,11	99,80	0,011
AB	0,75	97,56	0,008
BA	0,73	98,26	0,007
Bw1	0,34	89,44	0,004
Bw2	0,56	91,64	0,006
P3- PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico			
A	3,17	65,05	0,049
AB	2,13	57,66	0,037
BA	1,97	63,31	0,031
Bf	1,46	65,04	0,023
Cr	1,66	94,77	0,018

Os teores de Fe_d variaram de 57,66 a 115,91 g/kg entre os horizontes dos perfis estudados (Tabela 2), porém esses valores foram próximos nos perfis 1 e 2, sendo que o P1 (ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico) em relação aos demais, mostrou os teores mais altos de Fe_d nos horizontes subsuperficiais, AB e BA com valores respectivos de 114,63 e 115,91 g/kg. Esse fato se dá principalmente pelo acúmulo de argila nesses horizontes influenciando a totalidade do Fe extraído.

Em trabalho realizado sobre a caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente de Tabuleiros Costeiros, Curi et al., (2008) encontraram valores aproximados aos dos perfis estudados, no qual os teores de Fe_d mostraram-se mais elevados para aqueles perfis localizados em topo e terço superior de encosta de relevo suave ondulado, variando de 40 a 80 g/kg, sendo derivados de materiais do Pré-Cambriano, com possível mistura com os sedimentos da Formação Barreiras.

No perfil 3 os teores foram menores de Fe_d (ferro cristalino) em relação aos demais perfis, mostrando um grau menos acentuado de intemperismo, uma suposição é que o fator altitude também tenha influenciado a menor formação de óxidos com maior grau de cristalinidade, já que P3 apresenta menor altitude (Tabela1) e se localiza em uma porção

depressional da área estudada. Quando os óxidos de ferro são dissolvidos nas posições mais elevadas da paisagem, o Fe^{2+} solúvel pode ser transportado para as posições inferiores da paisagem, oxidar-se e reprecipitar-se novamente como óxidos de ferro, originando plintita e ferricrete (SCHWARZ, 1994; ZEESE et al. 1994).

Os mosqueados indicam a ocorrência de ciclos alternados de umedecimento e secagem, esses ciclos interferem significativamente nas condições geoquímicas as quais os solos estão submetidos (SOUZA et. al. 2005). Sendo também confirmado pela transição clara do horizonte BA para o Btf, sendo este perfil o único dentre os três estudados que não possui transição difusa.

O teor de Fe na forma Feo e Fed permite inferir, através da razão Feo/Fed, a proporção das formas de maior e menor cristalinidade dentre os óxidos de ferro pedogênicos (SCHWERTMANN et al. 1982; SCHWERTMANN & KAMPF, 1983). Os valores encontrados para a relação Feo/Fed foram baixos (Tabela 2), indicando o predomínio de formas mais cristalinas (KÄMPF et al. 1988b); (FONTES & WEED, 1991); (SANTOS, 1993) e (MELO, 1994) estudando a dinâmica de dissolução dos óxidos de ferro em Latossolos encontraram valores semelhantes aos observados neste estudo em P2.

Tabela 3. Teores e proporções de Fe_d obtidos nas frações argila, silte e areia por três extrações sucessivas pelo método DBC (Ditionito-Citrato-Bicarbonato de sódio).

Horizontes	Fe_d					
	Argila		Silte		Areia	
	g/kg	(%)	g/kg	(%)	g/kg	(%)
P1- ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico						
A	83,39	82	11,72	11	6,59	6
AB	114,63	87	12,13	9	5,55	4
BA	115,91	86	13,65	10	5,56	4
Bt1	107,03	87	11,23	9	4,99	4
Bt2	107,34	83	16,53	13	5,25	4
P2- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico						
A	99,80	85	13,26	11	3,80	3
AB	97,56	87	10,74	9	3,45	3
BA	98,26	87	10,38	9	3,75	3
Bw1	89,44	87	10,37	10	3,19	3
Bw2	91,64	86	11,32	11	3,21	3
P3- PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico						
A	65,05	79	16,48	19	1,12	1
AB	57,66	80	12,98	17	1,82	2
BA	63,31	83	11,63	15	2,11	3
Bf	65,04	65	22,53	22	12,81	13
Cr	94,77	87	6,29	6	7,66	7

Em P3 verifica-se também uma quantidade elevada de Fe_o (ferro amorfo) em relação aos demais perfis, o que evidencia um processo menos acentuado de transição do ferro de baixa cristalinidade para o Fe cristalino.

Ao analisar os teores de Fe_d nas frações argila, silte e areia e suas respectivas proporções (Tabela 3), pode-se perceber que apesar dos óxidos de Fe se encontrarem em grande maioria na fração argila do solo, há uma importância destes óxidos nas frações areia e silte, especialmente na fração silte, com valores em torno de 20 % do Fe_d total das três frações. Acredita-se que ocorra o capeamento da areia e silte por óxidos de ferro, ocasionando a manutenção destes minerais, mesmo após a dispersão e separação das frações. Martins (2012), observando minerais de quartzo presentes na fração silte, observou em microscópio óptico, frações deste mineral com coloração avermelhada, sendo esta fração silte pertencente a Latossolo Vermelho de origem sedimentar, na região norte do estado de Minas Gerais. É importante ressaltar os teores de Fe_d no horizonte diagnóstico do P3 (Bf), com proporções de 22 % para silte e 13 % para areia (Tabela 3). Provavelmente essa maior proporção se deve ao processo de plintitização, com segregações localizadas do Fe e consequente acúmulo de diferentes formas de Fe nas três frações (areia, silte e argila).

A difratometria de raios X dos horizontes diagnósticos após a desferificação confirmou a ocorrência dos óxidos de ferro hematita e goethita, mostrando que os principais picos que identificaram os minerais no DRX da argila natural, não aparecem após o pré-tratamento (Figura 8, 9 e 10). Os horizontes Bt2 e Bw1, diagnósticos da classe do Argissolo (P1) e Latossolo (P2), respectivamente, apresentam-se semelhantes, com a ausência do pico mais evidente da Gt que ocorre entre 15 e 20 °2 θ (Figura 8 e 9), o que também ocorre em P3, porém nesta classe ocorre maior interferência de compostos amorfos no DRX, tornando os picos menos evidentes, mesmo após desferificação (Figura 10).

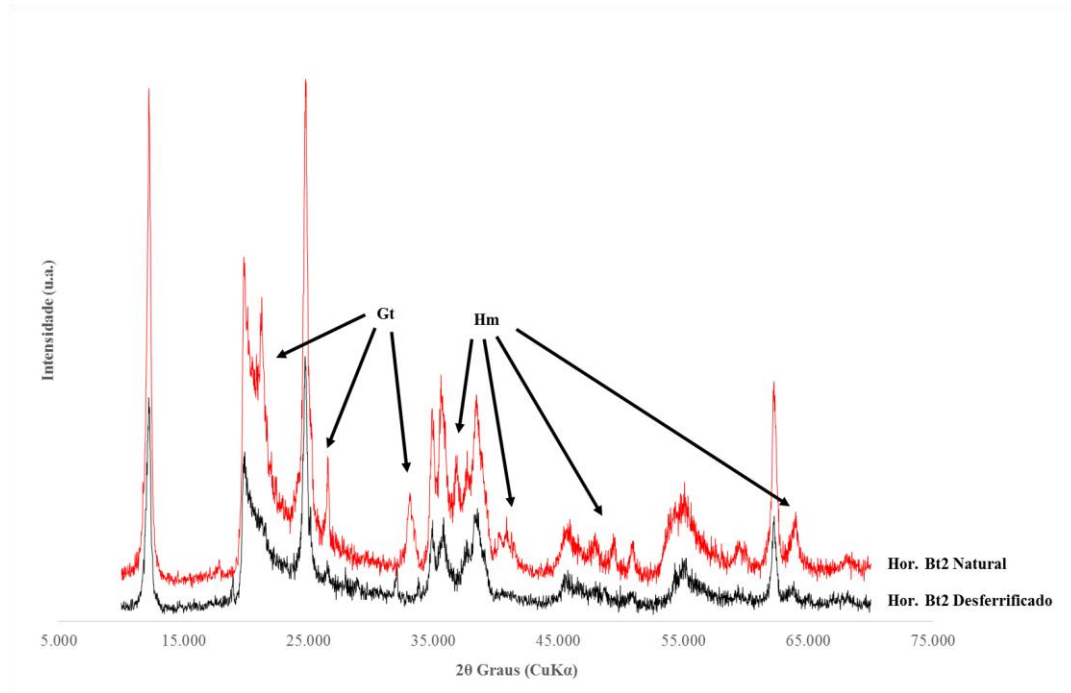


Figura 8. Difratometria de raios x da fração argila natural e desferrificada do horizonte Bt2 do perfil de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (P1). Gt: Goethita; Hm: Hematita.

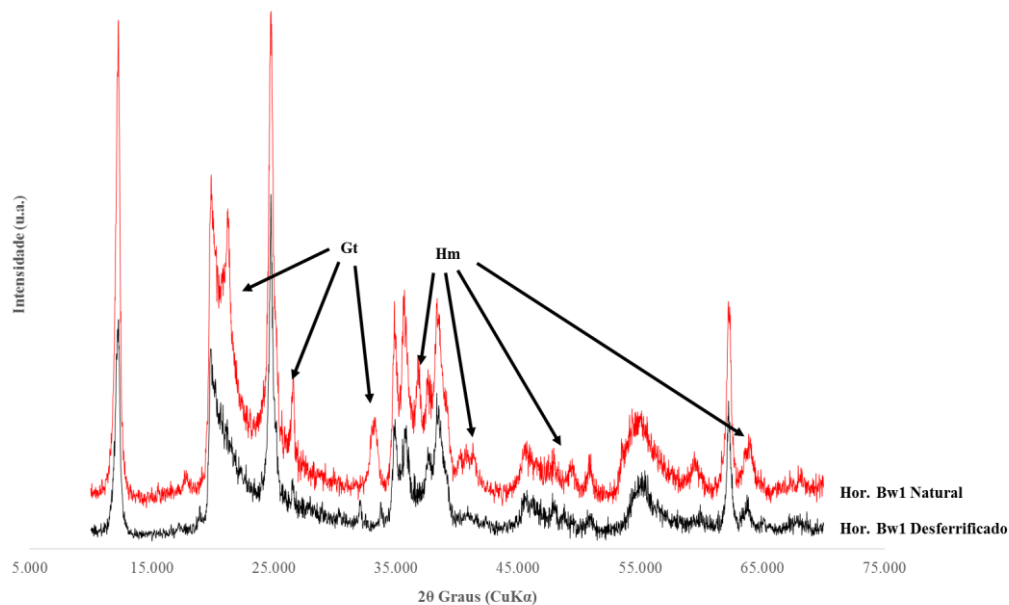


Figura 9. Difratometria de raios x da fração argila natural e desferrificada do horizonte Bw1 do perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico (P2). Gt: Goethita; Hm: Hematita.

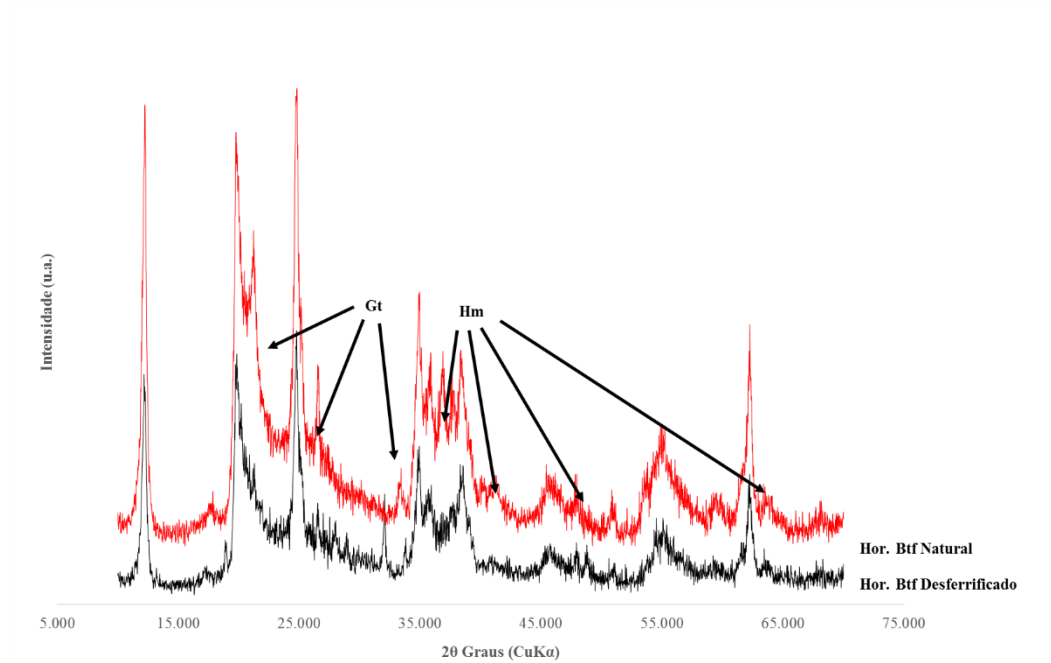


Figura 10. Difractometria de raios x da fração argila natural e desferrificada do horizonte Btf do perfil de PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico (P3). Gt: Goethita; Hm: Hematita.

6 CONCLUSÃO

Os solos representativos da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes” apresentam pedogênese influenciada pelos fatores de formação clima, material de origem e relevo. Sendo observados solos com processos pedogenéticos distintos.

A mineralogia da fração argila dos solos representativos é semelhante, predominando caulinita, illita e óxidos de ferro (hematita e goethita) na fração argila, com distinção apenas no perfil de Plintossolo, onde os minerais apresentam picos menos evidentes quando comparado aos demais (Argissolo e Latossolo).

Os solos representativos apresentam elevado teor de ferro cristalino e baixa relação Fe_o/Fe_d , indicando maior avanço intempérico. A classe que apresenta maior teor de ferro amorfo é o Plintossolo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, M. M. et al. Sistemas deposicionais na formação Barreiras no Nordeste oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. Anais... Belém: SBG, 1988. 6 v. v. 2. p. 753-760.

ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F. A formação Barreiras: revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Estudos Geológicos. Série B. Estudos e Pesquisas, v. 10, p. 77-88, 1991.

BEZERRA, F. H. R. et al. **Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil.** Journal of South American Earth Sciences. Amsterdam, v. 14, p. 61-75, 2001.

BIGHAM, M. J. & COSTA, A. C.S. **Óxidos de Ferro: Química e Mineralogia do solo Parte I – Conceitos Básicos.** Viçosa, MG, SBCS, 512p. 2009.

CARMO FILHO, et al. **Dados climatológicos de Mossoró.** 1.ed.Mossoró: Coleção mossoroense, 121p. 1991.

CHEN, P.Y. **Table of key lines in X-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks:** Geological Survey Occasional Paper 21. Bloomington, Indiana Geological Survey Report. 67 p. 1977.

COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO. P. **Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru. II – Mineralogia.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 495–507, 2003.

CORREA, M. M. **Caracterização de óxidos de ferro de solos dos ambientes tabuleiros costeiros.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 32, p. 1017-1031, 2008.

CURI, N. & FRANZMEIER, D. F. **Toposequence of Oxisols from the central plateau of brazil.** Soil Sci. Soc. Am.J., 48: 341-346, 1984.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Universidade Federal do Paraná, 1988b. p.71-77.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

FONTES, M.P.F. & WEED, S.B. **Iron oxides in selected Brazilian Oxisols: I. Mineralogy**. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:1143-1149, 1991.**Grande do Norte**. Recife, 17p. 2010.

GRIM, R. E. **Clay mineralogy**. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1968. 460p.

JUNIOR, A. V. I. & KAMPF, N. **Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionitocitrato-bicarbonato de sódio**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 27, n. 6, p. 1139-1147, 2003.

KAMPF, N. & CURI, N. **Formação e Evolução do Solo: Pedogênese**. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R. & VIDAL-TORRADO, P., eds. *Pedologia; Fundamentos*. Viçosa, MG, SBCS, 343p. 2009.

KAMPF, N. & CURI, N. MARQUES, J, J. **Intemperismo e Ocorrência de Minerais no Ambiente do Solo : Química e Mineralogia do solo Parte I – Conceitos Básicos**. Viçosa, MG, SBCS, 356p. 2009.

KAMPF, N. & CURI, N. MARQUES, J, J. **Intemperismo e Ocorrência de Minerais no Ambiente do Solo : Química e Mineralogia do solo Parte I – Conceitos Básicos**. Viçosa, MG, SBCS, 2009.362p.

KAMPF, N. & CURI, N. **Formação e Evolução do solo (PEDOGÊNESE). Mineralogia dos Solos Brasileiros: Pedogênese.** eds. Pedologia; Fundamentos. Viçosa, MG, SBCS, p.240, 251, 252 , 253, 259, 260, 2012.

KAMPF, N. & et al. **Mineralogia de solos Brasileiros: Principais aspectos. Pedologia-Fundamentos.** Viçosa, MG, SBCS, 2012. 103p.

KAMPF, N. CURI, N. **Argilominerais em solos brasileiros.** In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S. & ALVAREZ, V. H., eds. Tópicos de ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3.p. 1-54.

KAMPF, N. et al. **Mineralogia dos Solos Brasileiros: Pedogênese.** In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R. & VIDAL-TORRADO, P., eds. Pedologia; Fundamentos. Viçosa, MG, SBCS, p.82,83,89,8, 89106 , 2012.

KÄMPF, N.; RESENDE, M. & CURI, N. **Iron oxides in Brazilian soils.** In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8, Curitiba, 1988. Anais.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil: uma revisão.** Belo Horizonte: CPMT/IGC/UFGM, n. 5, p. 17-40. 1997.

MARTINS, C. M. **Gênese, formas de carbono e sílica biogênica de solos sob formações estacionais do semiárido de Minas Gerais e Bahia.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. Brasil, 2012. (Tese de Doutorado).

MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. **Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate.** In: NATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAY MINERALS, 7, Washington, 1958, Proceedings. Washington. p.317-327. 1960.

MELO, V.F & et al;. **Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., v. 65, p.1324-1334, 2001.

MELO, V.F. **Relação entre a reserva de solos e a produção e nutrientes em povoaamentos de Eucalyptus saligna Smith, no Rio Grande do Sul.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 145p. (Tese de Mestrado).

NÓBREGA, M. A. **Estudo geológico-estrutural da bacia de Gangorra e seu embasamento cristalino, Umarizal (RN).** 2002. 49 f. Relatório de Graduação em Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

OLLIER, C. & PAIN, C. **Regolith, sils and landforms.** Chichester, John Wiley & Sons, 1996. 316p

PALMIERI, F. & LARACH, J. O. I. **Pedologia e Geomorfologia.** In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B., orgs. Geomorfologia e Meio Ambiente. 5ª Ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2004. p 59-12.

RÊGO, L. G. S. **Pedogênese e classificação de solos da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes” no município de Mossoró, Rn.** Revista Caatinga, v. 29, n. 4, p. 36-42, 2016.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B & CORRÊA, G. F. **Pedologia : base para distinção de ambientes.** 2.ed. Viçosa, MG, NEPUT, 1997. P. 71-77.

RIBEIRO, L. P. **Evolução da cobertura pedológica dos tabuleiros costeiros e a gênese dos horizontes coesos.** WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Anais. Aracaju: Embrapa,. p. 93-121. 2001

SAADI, A. et al. Neotectônica da plataforma brasileira. In: **QUATERNÁRIO no Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 211-230

SANTOS & et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Sociedade brasileira de Ciências do Solo. 7.ed – Viçosa, MG. 2015.

SANTOS, A.R. **Caracterização mineralógica e avaliação da reserva mineral de alguns nutrientes, em solos sob eucalipto, da região do Vale do Rio Doce.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1993. 97p. (Tese de Mestrado).

SCHWERTMANN, U. **Differenzierung der elsenoxide des bodens durch extraktion mit ammoniumoxalat-losung.** Z. Pflanzernernahr. Dung. Bodenkd, v. 105, p. 194-202,1964.

SCHWERTMANN, U; KAMPF, N. **Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros.** Revista Brasileira de Ciência de Solo, Campinas, V.7, p251-55, 1983.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Geodiversidade do estado do Rio**

SNLCS-EMBRAPA. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Norte.** Recife, 1971. (MA-DNPEA. Boletim Técnico, 21. SUDENE-DRN Série Pedologia, 9).

SOUZA, A. L. V. **Avaliação da qualidade de um Latosolo Amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural.** UFBA. Cruz das Almas, BA. 2005., Universidade Federal da Bahia, 95p. (Dissertação de mestrado)

Van BREEMEN, N. & BUURMAN, P. **Soil formation.** Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1998. 377p.

Van WAMBEKE, A. **Soils of the tropics.** New York, McGraw-Hill, 1992. 3453p

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo,1969.34p. (Boletim Técnico. 7).

WYPYCH, F. & MELO, V. F. **Caulinita e Haloisita: Química e Mineralogia do solo Parte I – Conceitos Básicos.** Viçosa, MG, SBCS, 428p. 2009.

ZEESE, R.; SCHWERTMANN, U.; TIETZ, G.F. & JUX, U. **Mineralogy and stratigraphy of three deep lateritic profiles of the jos plateau (Central Nigeria)**. Catena, 21:195-214, 1994.