



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



TESE

INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO SOB MONOCULTIVO DE UVA

ISABEL: ATRIBUTOS QUÍMICOS E MINERALÓGICOS

ELDER CUNHA DE LIRA

Areia – Paraíba

DEZEMBRO – 2016

ELDER CUNHA DE LIRA

**INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO SOB MONOCULTIVO DE UVA
ISABEL: ATRIBUTOS QUÍMICOS E MINERALÓGICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias

AREIA, PB

DEZEMBRO – 2016

ELDER CUNHA DE LIRA

**INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO SOB MONOCULTIVO DE UVA
ISABEL: ATRIBUTOS QUÍMICOS E MINERALÓGICOS DO SOLO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo. Área de concentração: Solos em Agroecossistemas Familiares.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Kelly Cristiane Gomes da Silva
PPGCS/CCA/UFPB
Orientadora

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias
PPGCS/CCA/UFPB
Examinador Interno

Prof. Dr. Roseilton Fernandes dos Santos
PPGCS/CCA/UFPB
Examinador Interno

Prof. Dr. Daniel Duarte Pereira
PPGCAG/CCHSA /UFPB
Examinador Externo

Prof. Dr. Romualdo Rodrigues Menezes
CCT/UFCG
Examinador Externo

“Não pergunte por quê, mas para quê?”
Autor desconhecido

*A minha Mãe, Petronila Cunha (Peta) e a meus irmãos, Tony, Hugo e Karine.
A minha eterna namorada Manuela Carla.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter proporcionado mais essa vitória em minha vida, sempre me iluminando e pela orientação e presença durante essa caminhada;

A minha orientadora Professora Dr^a. Kelly Cristiane Gomes, um exemplo de pessoa e profissional a ser seguido, sempre com seus ensinamentos, incentivo, confiança e paciência, contribuindo desta forma com o crescimento pessoal e intelectual, e por se prontificar a desenvolver este trabalho comigo, meu eterno reconhecimento;

Ao Prof. Bruno, pelos conselhos nas horas difíceis, veracidade, sempre disponível para ajuda;

A Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, representada pelo professor Dr. Alexandre Paiva, por seu empenho e dedicação em nossa formação;

A todos que fazem o programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, que contribuirão para meu crescimento profissional e a realização deste trabalho;

Aos meus colegas e amigos pelos bons momentos de distração e aprendizagem, consideração, palavras de conforto, ajuda nas horas que mais precisei: Franciezer, Fabiana, Kalline, Giliane, Cristiano, Belchior, Roberto, Ricardo, Dácio, Jarison, Ovídio Paulo, Valdenia, Talita, Vandeilson, Robério, George, Helder e demais.

Aos funcionários e professores do LABEME, LSR e LACOM (UFPB-Campus I), nas pessoas de André e Alex, Prof. Jackson Guedes, Prof. Sandro Marden pelo apoio na realização das análises.

A todos que fazem o TECNOM pela ajuda nas análises mesmo sem proximidade;

Aos proprietários pela disponibilização de suas áreas para que desenvolvesse a pesquisa, Senhor José Genival e Senhor Aristides;

A CAPES, pelo apoio financeiro na forma de bolsa, que possibilitou o suporte para a realização deste trabalho;

Aos meus amigos conterrâneos, Lucas, Rodrigo, José Luiz e Douglas pela compreensão e falta dela, ajuda e companheirismo;

Aos meus sogros Beto e Bela, pela preocupação, conselhos e incentivo;

A minha noiva Manuela Carla, pela paciência, compreensão, carinho, palavras de conforto, companheirismo, por sempre acreditar em mim até mesmo quando eu não acreditava e pelo amor mútuo;

Aos meus irmãos amigos, Tony Carlos, Hugo Cunha, Karine Cunha, minha cunhada Vanessa Moraes e meu cunhado Irenilson Machado, pela ajuda, compreensão, estímulo e palavras de conforto nas horas difíceis;

Ao meu Pai, *in memoriam*, que mesmo ausente sempre está olhando e cuidando de nós, levarei comigo por toda vida;

Em especial a minha mãe, Petronila Cunha de Lira (Peta), que sempre esteve ao meu lado fazendo de um tudo para que concluísse mais essa etapa da minha vida, me ajudando e aconselhando às vezes até sem saber ao certo como, com suas palavras de conforto, mas sempre incentivando e acalmando com o carinho e paciência de mãe;

Enfim, a todos que contribuíram para que realizasse mais essa vitória, de forma direta ou indireta e que acreditaram na minha capacidade de atravessar mais essa etapa da vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO GERAL	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
Uva Isabel e o Município de São Vicente Férrer.....	4
Atributos e Qualidade do Solo.....	5
Influência do Cultivo Sobre as Propriedades e Parâmetros do Solo.....	6
Técnicas Espectroscópicas na Avaliação da Qualidade do Solo.	10
Fluorescência de Raios X - FRX	10
Difração de Raio X - DRX	11
Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier - FTIR.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
Capítulo I - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (<i>Vitis labrusca</i> L.) NO AGRESTE PERNAMBUCO.....	21
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	25
Localização geográfica e área experimental	25
Coleta de solo.....	29
Análises Químicas	30
Análise Estatística.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
Potencial Hidrogeniônico - pH	31
Fósforo - P	32
Potássio (K^+).....	33
Sódio (Na^+)	35
Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2})	36
Matéria Orgânica (M.O.) e Carbono Orgânico (C)	39
Acidez – Hidrogênio (H^+) e Alumínio (Al^{+3})	41
Saturação por Alumínio (m%).....	44

Capacidade de Troca Catiônica - CTC	45
Soma de Bases (SB).....	47
Porcentagem de Saturação por Bases (V)	48
CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
Capítulo II - ATRIBUTOS MINERALÓGICOS E MICROESTRUTURAIS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (<i>Vitis labrusca</i> L.) NO AGRESTE PERNAMBUCO.....	54
RESUMO.....	55
ABSTRACT.....	56
INTRODUÇÃO	57
MATERIAL E METODO	59
Localização Geográfica e Área Experimental	59
Coleta de Solo.....	61
Análises Espectroscópicas: Difração de Raio-X (DRX), Fluorescência de Raio-X (FRX) e Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
Fluorescência de Raios-X	62
Difração de Raios-X	67
Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR	76
CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE - A	91

LISTA DE TABELAS

Capítulo II - ATRIBUTOS MINERALÓGICOS E MICROESTRUTURAIS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (*Vitis Labrusca* L.) NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Tabela 2.1: Composição Química (óxidos totais) da Fração Areia dos solos das áreas em estudo.....	64
Tabela 2.2: Composição Química (óxidos totais) da Fração Silte dos solos das áreas em estudo.....	65
Tabela 2.3: Composição Química (óxidos totais) da Fração Argila dos solos das áreas em estudo.....	66

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (*Vitis Labrusca* L.) NO AGRESTE PERNAMBUCO

Figura 1.1: Mapa de solos e localização da área experimental.....	26
Figura 1. 2: Mapa Geológico	27
Figura 1.3: Visão aérea das áreas estudadas. Fonte: Google Earth (2016).....	28
Figura 1.4: Esquema representativo de amostragem de solo em uma área (3000 m ²)	29
Figura 1.5: Mini trincheiras de coleta do solo. Em cada área de cultivo as imagens estão organizadas em TS, TM e TI da esquerda para a direita.	30
Figura 1.6: Valores do pH do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.....	31
Figura 1.7: Valores de Fósforo (P) do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	33
Figura 1.8: Valores de Potássio (K) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	34
Figura 1.9: Valores de Sódio (Na ⁺) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	35
Figura 1.10: Valores de Cálcio (Ca ⁺²) e Magnésio (Mg ⁺²) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	36
Figura 1.11: Valores de Cálcio+Magnésio (Ca+Mg) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.....	38
Figura 1.12: Valores de carbono (C) e Matéria Orgânica (M.O.) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.....	40
Figura 1.13: Valores da acidez potencial (H+Al) do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.....	41
Figura 1.14: Valores de Alumínio (Al ⁺³) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.....	42
Figura 1.15: Valores de Hidrogênio (H ⁺) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.....	43
Figura 1.16: Valores da Saturação por Alumínio (m%) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	44
Figura 1.17: Valores da Capacidade de Troca Catiônica a pH7 (CTC-T) do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	45

Figura 1.18: Valores da Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTC-t) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	46
Figura 1.19: Valores da Soma de Bases (SB) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	47
Figura 1.20: Valores da Saturação por Bases (V) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.	48

Capítulo II - ATRIBUTOS MINERALÓGICOS E MICROESTRUTURAIS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (*Vitis Labrusca* L.) NO AGRESTE PERNAMBUCANO

Figura 2.1: Visão aérea das áreas estudadas. Fonte: Adaptado do Google Earth (2016)	60
Figura 2.2: Difrátogramas da fração areia da área de cultivo de 5 anos.	67
Figura 2.3: Difrátogramas da fração areia da área de cultivo de 8 anos.	68
Figura 2.4: Difrátogramas da fração areia da área de cultivo de 15 anos.	68
Figura 2.5: Difrátogramas da fração areia da área de mata (referência).	69
Figura 2.6: Difrátogramas da fração silte da área de cultivo de 5 anos.	71
Figura 2.7: Difrátogramas da fração silte da área de cultivo de 8 anos.	71
Figura 2.8: Difrátogramas da fração silte da área de cultivo de 15 anos.	72
Figura 2.9: Difrátogramas da fração silte da área de mata (referência).	72
Figura 2.10: Difrátogramas da fração argila da área de cultivo de 5 anos.	74
Figura 2.11: Difrátogramas da fração argila da área de cultivo de 8 anos.	74
Figura 2.12: Difrátogramas da fração argila da área de cultivo de 15 anos.	75
Figura 2.13: Difrátogramas da fração argila da área de mata (referência).	75
Figura 2.14: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de cultivo de 5 anos.	77
Figura 2.15: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de cultivo de 8 anos.	77
Figura 2.16: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de cultivo de 15 anos.	78
Figura 2.19: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de mata (referência).	78
Figura 2.18: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de cultivo de 5 anos.	80
Figura 2.19: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de cultivo de 8 anos.	81
Figura 2.20: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de cultivo de 15 anos.	81
Figura 2.21: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de mata (referência).	82
Figura 2.22: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de cultivo de 5 anos.	83
Figura 2.23: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de cultivo de 8 anos.	83
Figura 2.24: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de cultivo de 15 anos.	84
Figura 2.25: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de mata (referência).	84

RESUMO GERAL

LIRA, ELDER CUNHA DE. **Indicadores da Qualidade do Solo Sob Monocultivo de Uva Isabel: Atributos Químicos e Mineralógicos**. Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Dezembro de 2016. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

A viticultura é uma atividade de grande importância econômica em diversos estados do Brasil. Esta atividade vem sendo desenvolvida de forma intensa e constitui uma das bases sócio-econômicas do Agreste de Pernambuco. Neste sentido, a degradação do solo constitui um dos fatores mais importantes no declínio da produção tanto da viticultura, quanto agrícola. Esta pesquisa teve como finalidade avaliar os impactos causados nas propriedades químicas e mineralógicas no solo em função de diferentes anos de cultivo com a Videira da variedade Isabel (*Vitis Labrusca* L.). O trabalho foi conduzido nas Fazendas Fortaleza e Quatis, localizadas no município de São Vicente Férrer, Pernambuco, Mesorregião do Agreste Pernambucano. A classe de solo ocorrente nas áreas estudadas é de um Argissolo Vermelho Amarelo. Foram escolhidos três pomares comerciais distintos com idade aproximada de 05 (AC5), 08 (AC8) e 15 (AC15) anos, além de uma área de mata nativa considerada como testemunha. Em cada pomar delimitou-se uma área amostral de 3.000 m², divididas em 03 (três) sub-parcelas (Terço Superior - TS, Terço Médio - TM, Terço Inferior - TI), com 1.000 m² cada. Cada sub-parcela foi dividida em 05 (cinco) subáreas, medindo 10 x 20 m (base x altura), totalizando 200 m² cada subárea. Foram abertas 03 (três) mini trincheiras de 0,30 m x 0,50 m, realizadas amostragens nas profundidades de 0,0-0,05 m; de 0,05-0,10 m; de 0,10-0,20 m e de 0,20-0,40 m, totalizando 60 (sessenta) amostras por área. Os resultados dos atributos químicos foram submetidos à análise de variância e teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o uso do *software* SAS[®]. Foi possível observar que as práticas de cultivo empregadas provocaram modificações nos atributos químicos do solo sob o sistema produtivo. Os valores de pH na área de Mata (MT) são considerados agronomicamente baixos, apresentando valores mais baixos que as áreas cultivadas para este atributo químico em todas as profundidades, e as áreas cultivadas de 5 anos (AC5), 8 anos (AC8) e a 15 anos (AC15), apresentaram valores estatisticamente superiores. Os teores de fósforo (P) observados para as áreas sob o sistema de produção da videira foram considerados bom, sem alterações significativas entre as áreas. Observa-se que para os teores de Ca e Mg não ocorreu variações significativas no teste f (0,05>p) quando avaliadas as posições do relevo, indicando que ambas apresentam comportamento semelhante. Quando avaliadas o parâmetro profundidade, foi possível observar variações significativas na ordem de aproximadamente 5 (cinco) vezes mais quando comparada a MT, bem como ao tipo de manejo adotado (prática da calagem), com interferência do comportamento do Ca. Os resultados de Matéria Orgânica (MO) foram classificados entre os níveis muito bom e baixo, variando entres as áreas estudadas. Quanto a acidez potencial (H+Al) pode-se observar que ocorreu diferença significativa na área AC5 e na MT. Quanto às análises espectroscópicas, foi possível observar que a fração areia é composta basicamente por sílica com a presença de elementos minoritários que apresentaram alterações em função do tempo de cultivo e da posição do relevo. A fração silte apresentou maiores teores de feldspato e presença de caulinita na área de cultivo AC5. Foi possível observar que a fração argila apresenta predomínio de caulinita e menores quantidades de goetita e mica, em todas as áreas de cultivo com exceção da área AC15 e que os índices Ki e Kr aumentaram na direção do terço superior (TS) para terço inferior (TI). Pela espectroscopia de infravermelho foi possível observar que o aporte da MO foi evidenciado

pelas bandas em torno de 3439 cm^{-1} relacionada à vibração da hidroxila ligada a estruturas aromáticas. Após todas as caracterizações foi possível observar que existe baixa reserva mineral, em todas as áreas de estudo e que o manejo empregado e uso do solo provocou alteração nos atributos químicos do solo, em especial com o avançar dos anos, bem como uma grande interferência provocada pela prática da calagem que influenciou de forma direta no incremento de alguns atributos químicos.

Palavras-chave: Viticultura, Argissolo vermelho amarelo, técnicas espectroscópicas, atributos químicos, atributos mineralógicos.

ABSTRACT

LIRA, ELDER CUNHA DE. **Soil Quality Indicators under Isabel Grape Monoculture: Chemical and Mineral Attributes.** Areia - PB, Center for Agrarian Sciences, UFPB, December 2016. Thesis. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

Viticulture is an activity of great economic importance in several states of Brazil. This activity has been intensively developed and constitutes one of the socio-economic bases of the Agreste of Pernambuco. In this sense, a degradation of the soil is one of the most important factors, not a decline in the production of both viticulture and agriculture. The objective of this research was to evaluate the impacts on the chemical and mineralogical properties in the soil due to different years of cultivation with a vine of the variety Isabel (*Vitis Labrusca* L.). The work was conducted at the Fortaleza and Quatis Farms, located in the municipality of São Vicente Férrer, Pernambuco, region of Agreste Pernambucano. The soil class occurring in the studied areas and a Red Yellow Argisol. Three different commercial orchards were selected, with approximate age of 05 (AC5), 08 (AC8) and 15 (AC15) years, as well a native forest area as a control. In each orchard, a sample area of 3,000 m² was delineated, divided into 03 (three) subplots (Upper Third - UT, Middle Third - MT, Lower Third - LT), with 1,000 m² each. Each sub-plot was divided into 05 (five) subareas, measuring 10 x 20 m (base x height), totaling 200 m² each subarea. Three (3) mini trenches of 0.30 m x 0.50 m were opened, with sampling at depths of 0.0-0.05 m; 0.05-0.10 m; 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m, totaling 60 (sixty) samples per area. The results of the chemical attributes were submitted to analysis of variance and F test and as means and compared by the Tukey test at 5% probability using the SAS® *software*. It was possible to observe that as cultivation practices used, caused changes in soil chemical attributes under the production system. The values of pH in the area of Mata (MT) are considered to be agronomically low, presenting lower values than the cultivated areas for this chemical attribute in all depths, and the cultivated areas of 5 years (AC5), 8 years (AC8) and 15 years (AC15), presented statistically higher values. The phosphorus (P) levels observed for the areas under the vine production system were considered good, without significant alterations between the areas. It is observed that for the Ca and Mg contents there were no significant variations in the f test ($0.05 > p$) when the relief positions were evaluated, indicating that both presented similar behavior. When evaluating the depth parameter, it was possible to observe significant variations in the order of approximately 5 (five) times more when compared to MT, as well as to the type of management adopted (liming practice), with interference of Ca behavior. The organic matter (OM) results were classified between the very good and low levels, varying between the studied areas. Regarding the potential acidity (H + Al) it can be observed that there was a significant difference in the area AC5 and MT. By spectroscopic analyzes, it was possible to observe that the sand fraction is basically composed of silica with the presence of minority elements that presented changes as a function of the time of cultivation and the position of the relief. The silt fraction presented higher levels of feldspar and presence of kaolinite in the AC5 culture area. It was possible to observe that the clay fraction shows a

predominance of kaolinite and smaller amounts of goethite and mica in all cultivation areas except for area AC15 and that the Ki and Kr indexes increased in the direction of the upper third (UT) to lower third (LT). By infrared spectroscopy it was possible to observe that the contribution of OM was evidenced by bands around 3439 cm^{-1} related to the vibration of the hydroxyl bound to aromatic structures. After all the characterizations it was possible to observe that there is a low mineral reserve in all study areas and that the management and use of the soil caused changes in the chemical attributes, especially as the years progressed, as well as a great deal of interference by the practice of liming that influenced directly in the increase of some chemical attributes.

Key words: Viticulture, yellow red Argisol, spectroscopic techniques, chemical attributes, mineralogical attributes.

INTRODUÇÃO GERAL

A viticultura é uma atividade de distinta importância econômica em diversos estados do Brasil, concentrando-se principalmente nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste, sendo Rio Grande do Sul, Pernambuco, São Paulo, Paraná e Bahia os maiores produtores (ROBERTO, 2000), apresentando uma área colhida de 79.947 ha e com uma produção de 1.439.434 toneladas. Na Região Nordeste, a área colhida foi de 9.554 ha com produção de 274.071 toneladas. Já, o estado de Pernambuco, aparece com aproximadamente 6.824 ha de área colhida e produção de 208.700 toneladas (AGRIANUAL, 2012), correspondendo a 8,54% e 71,43% de área colhida, 14,50% e 76,15% de toneladas produzidas no Brasil e Região Nordeste, respectivamente.

Existem diversas cultivares que compõe os pomares da região nordeste, destacando-se entre elas, a variedade Isabel (*Vitis Labrusca* L.) que é uma cultivar de uva tinta, muito rústica e altamente fértil, proporcionando colheitas abundantes com poucas intervenções de manejo (EMBRAPA, 2005), apresentando destaque na mesorregião região do Agreste Setentrional do estado de Pernambuco e em especial na cidade de São Vicente Férrer que apresenta predomínio dos Biomas Mata Atlântica e Caatinga com uma área cultivada de 500 ha e 4.000, ha, respectivamente (IBGE, 2014 e 2015).

A classe de solo predominante no município é o Argissolo com domínio de Argissolos Vermelhos-Amarelo (EMBRAPA, 2000). Os Argissolos são constituídos por material mineral, que com presença do horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas (SIBCS, 2006), sendo os predominantes na área de estudo.

A região caracteriza-se por apresentar um relevo ondulado a forte-ondulado, o que proporciona algumas limitações aos agricultores na utilização dos solos, tais como: erosão, provocada pelo movimento das águas na superfície e interior do solo, provocando carreamento das partículas; lixiviação, transporte dos nutrientes do presente na solução do solo; declividade muitas vezes acentuada impede o uso da mecanização, etc. Nesta

situação, é imprescindível a utilização intensiva de práticas conservacionistas evitando perdas de fertilizantes e de corretivos (FARIA, 2007).

Produtores da região afirmam que o cultivo da variedade Isabel vem sendo empregado há aproximadamente 43 anos, com o aparecimento dos primeiros parreirais, de acordo o entrevista realizada *in loco*. Nesse período as áreas eram cultivadas com banana, cana de açúcar e laranja, as principais culturas da época, que foram substituídas ao logo dos anos pela viticultura, que apresentou uma maior expressão nos últimos 15 anos.

A atividade da viticultura se desenvolveu de forma intensa, sendo uma das bases sócio econômicas do Agreste de Pernambuco, especificamente de São Vicente de Ferrer. A cultura vem sendo submetida ao manejo intenso muitas vezes não levando em consideração as condições edafo-climáticas de cultivo.

As atividades humanas, ou seja, o manejo aplicado às áreas cultivadas de forma empírica muitas vezes provocam alterações do solo, um processo acumulativo das condições ambientais. Dependendo dos cultivos, estes podem manter, melhorar ou piorar as características iniciais do solo que refletem sua capacidade produtiva. As principais características do solo cujo aumento influencia positivamente na produtividade das culturas são a disponibilidades de nutrientes, a capacidade de troca catiônica (CTC), a saturação por bases (V), o teor de matéria orgânica (MO), entre outros, e negativamente, a saturação por alumínio, a densidade aparente (compactação) e a salinidade (BLACK, 1968; TISDALE *et al.* 1985).

Desta forma, a degradação do solo constitui um dos fatores mais importantes no declínio da produção agrícola, pois têm-se que conhecer e compreender a composição e a dinâmica dos processos internos do solo, visto a relação solo-planta ser dependente das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo.

Muito mais do que suporte físico para as plantas, o solo é o meio onde ocorrem reações e processos determinantes do sucesso ou insucesso da recuperação ou estabelecimento de novo bioma (SANTOS *et al.* 2010). A composição mineralógica do solo vai ter influência sobre várias propriedades do mesmo, e sob o manejo a ser aplicado visando reduzir processos de degradação.

O uso intensivo e inadequado, ligado a outros fatores relacionados no preparo do solo e aos tratos culturais, vem provocando efeitos acumulativos nos solos e, portanto causando danos aos atributos físicos e químicos. Esses fatores, vêm gerando grandes restrições ao desenvolvimento das plantas, principalmente ligadas ao desenvolvimento radicular e absorção de água, perda da fertilidade do solo, ocasionando, assim, perda na produtividade.

Após a retirada da vegetação natural, o solo tem, frequentemente, mostrado alterações em seus atributos químicos, que são dependentes do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas (CORRÊA, *et al.* 2009b). Desta forma, as práticas agrícolas modificam os atributos químicos dos solos incorporados aos sistemas produtivos, que, possivelmente, antes do início dos cultivos, apresentavam atributos químicos semelhantes ao uso da vegetação nativa. Corrêa *et al.* (2009b) observou em seus estudos que os usos relacionados aos sistemas produtivos ciclo curto, área descartada, fruticultura e pastagem apresentaram maiores teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P e maiores valores de pHs, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), soma de bases (SB) e saturação por bases (V) em relação ao uso Vegetação Nativa.

Quanto à mineralogia dos solos, é sabido que a mesma é resultante da integração dos processos e fatores de formação. Segundo Camargo *et al.* (2008) vários autores têm estudado o relevo como fator condicionador de teores e cristalinidade dos minerais da fração argila. A espacialização dos teores dos minerais da fração argila, levando em consideração as formas do relevo, constitui estudo básico para auxiliar no entendimento da relação entre esses minerais e a variação dos atributos do solo.

Nas últimas décadas surgiram técnicas de caracterização utilizadas para determinar e quantificar elementos, que podem de forma prática ser aplicados a ciência do solo, visando dinamizar os processos analíticos por meio de análises mais rápidas e de simples realização, destacando-se como uma importante alternativa, com crescente aplicação na identificação mineralógica de solos, rochas, cerâmicas, metais e líquidos, sem a necessidade de destruição da amostra, ou seja, de modo instrumental, sem nenhum pré-tratamento químico e podendo atingir limites de detecção da ordem de 1 a 20 ppm (WASTOWSKI *et al.* 2010).

Desta forma, pode-se destacar dentre estas técnicas a Fluorescência de Raios X (FRX); Difração de Raios X (DRX); Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR); Análise Térmica Diferencial (DTA), Termogravimétrica (TG), Calorimetria Exploratória Diferencial (DCS); Microscopia Óptica (MO) e Eletrônica de Varredura (MEV); entre várias outras técnicas de caracterização.

O uso do solo e a aplicação do manejo não conservacionista a para cultura da videira Isabel possivelmente tem provocado modificações no solo ao longo dos anos, reduzindo a sustentabilidade agrícola, devido às alterações em suas propriedades, responsáveis pelo decréscimo da produtividade e diminuição da receita líquida da atividade (TODESCHINI, 2010). Desta forma, esta pesquisa, tem como finalidade avaliar os impactos causados nas propriedades físicas, químicas e mineralógicas no Argissolo

Vermelho-Amarelo em função de diferentes anos de cultivo com a Videira Isabel, contribuindo para a redução do processo de degradação do solo ou mesmo sua mitigação.

REVISÃO DE LITERATURA

O uso de forma indiscriminada do solo pelo homem vem causando modificações no ambiente, se tratando do solo que não é apenas meio de suporte para as culturas e sim local de onde as mesmas retiram seus nutrientes através da absorção via raiz. A utilização do solo sem a prática de conservacionistas provocam alterações no sistema, afetando de tal forma suas propriedades, refletindo com o passar dos anos na redução da produção. Sendo de fundamental importância o monitoramento dessas atividades, garantindo assim a sustentabilidade do meio, diversos fatores estão ligados a atividade antrópica, como o relevo, tipo de solo, clima, etc.

UVA ISABEL

A videira é uma angiosperma dicotiledônea, pertencente à família Vitaceae, gênero *Vitis*, possuindo várias espécies, entre as quais se destacam a *V. vinifera* L., de origem européia e que produz uvas finas, e a *V. labrusca*, de origem americana, produtora de uvas rústicas. As parreiras são lenhosas ou herbáceas e morfologicamente apresentam gavinhas e inflorescências opostas às folhas (GIOVANNINI, 2005).

O cultivo da videira *Vitis* spp. na Zona da Mata de Pernambuco tem um histórico de mais de 60 anos, desde a sua introdução em 1944, quando a família Freire trouxe as primeiras mudas de uva para a região. A variedade plantada até hoje é a 'Isabel', material rústico e adaptado às condições climáticas e de relevo acidentado da região. Os principais produtores são os municípios de Macaparana, Vicência, Timbaúba, Vitória de Santo Antão e São Vicente Férrer onde possui 90% da área plantada com videira na região. Viticultores da região são provenientes da agricultura familiar (TAVARES, 2009).

A viticultura na região do Agreste de Pernambuco, no Município de São Vicente Férrer, tem em torno de 40 anos. Hoje, apresenta uma área plantada de aproximadamente 400-500 ha, com a variedade Isabel que tem duas safras anuais atingindo uma produção média de 30 ton.ha⁻¹ano⁻¹ (IPA, 2009).

A variedade de uva produzida em São Vicente Férrer é a Isabel. Quando brota, ela é verde. Madura, apresenta cor violeta e sabor doce. Credita-se o nome da fruta a uma homenagem à princesa Isabel. A atividade agrícola chegou à cidade ainda na década de 40 do

século 20. A produção sempre foi pequena, mas tem se desenvolvido como agricultura familiar, empregando, atualmente, cerca de 2,5 mil pessoas. Cada hectare chega a produzir 15 toneladas de uva (SOUZA, 2012).

Estudos desenvolvidos por Silva (2013), com comportamento fenológico da variedade em diferentes épocas de poda, observaram que a duração dos ciclos encontrados em São Vicente Férrer para as quatro épocas de poda foram 116, 125, 117 e 130 dias, sendo esses mais curtos em relação a outras regiões de clima mais ameno, uma possível explicação para esse resultado é o fato que na região as temperaturas médias são mais elevadas, tornando o crescimento vegetativo mais rápido, resultando em períodos mais curtos para completar o ciclo.

De acordo com Tavares, (2009) a uva da região de São Vicente Férrer, mostra-se como um produto de qualidade, com boa aceitação no mercado e com um perfil histórico diferenciado. As características locais de solos férteis, profundos e em relevo acidentado, e a interferência do homem no sistema de produção oferecem a superação da rusticidade da variedade cultivada e refletem no reconhecimento de origem pelos consumidores.

ATRIBUTOS E QUALIDADE DO SOLO

O conhecimento da distribuição espacial dos atributos do solo em determinada área é importante para o refinamento das práticas de manejo e avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (CAVALCANTE, *et al.* 2011). Segundo Corrêa *et al.* (2009a) a variabilidade espacial e temporal dos atributos dos solos ocorre em diferentes níveis, estando relacionada a fatores tais como: clima, relevo, ação de organismos, tempo, variação do material de origem nos processos genéticos de formação do solo e/ou feitos de técnicas de manejo.

Dentre todas as degradações provocadas aos atributos físicos do solo, a compactação passou a desempenhar um papel importante como um dos fatores limitantes da produção na agricultura. Valores de resistência à penetração considerados críticos para o crescimento radicular das plantas dependem do tipo de solo e da espécie cultivada. (ROSA FILHO *et al.* 2009). Freddi *et al.* (2006) mostraram que a resistência à penetração geralmente aumenta com a compactação do solo devido ao concomitante incremento da densidade e com o decréscimo da umidade.

Outro fator importante é a densidade do solo, que é obtida pela relação entre massa e volume do solo em questão, sendo considerada de grande importância para os estudos agronômicos, pois permite avaliar atributos como a porosidade, condutividade

hidráulica, difusividade do ar, além de ser utilizada como indicador do estado da compactação do solo (KIEHL, 1979). Pela estreita relação com outros atributos, a grande maioria das pesquisas converge para o fato de que, com o seu aumento, ocorre uma diminuição da porosidade total, macroporosidade, condutividade hidráulica, absorção iônica, e o consequente aumento da microporosidade e da resistência mecânica à penetração do solo (ROSA FILHO *et al.* 2009). Valores elevados de densidade do solo restringem o crescimento radicular em solo argiloso. (NICOLOSO *et al.* 2008).

O solo é constituído principalmente por partículas de areia, silte, argila e matéria orgânica, que se mantém unidas pela ação das duas últimas, formando deste modo agregados estáveis. A organização dessas partículas e dos agregados condiciona a estruturação dos solos. A estrutura do solo é um atributo que esta intimamente ligada aos tipos de agregados e sua forma de organização, refletindo de forma direta a forma como os mesmos se arranjam. Para a agricultura um solo bem estruturado condiciona uma porosidade adequada para a entrada de ar e água no solo; permite que a água se movimente através do solo sendo disponível para as culturas. (REICHARDT e TIMM, 2012).

Usualmente, o cultivo de solos originalmente sob vegetação natural, baseado em práticas convencionais de manejo, envolvendo intenso revolvimento do solo com lavração e gradagem e a utilização de sistemas de cultura com baixo aporte de biomassa vegetal (pousio, monocultura, etc.), resulta numa diminuição da estabilidade de agregados (BRAIDA *et al.* 2011).

Segundo Braida *et al.* (2011) indiretamente, a matéria orgânica do solo interfere no comportamento físico do solo por seus efeitos sobre a agregação e consistência do solo, atuando na formação de agregados e, portanto, na distribuição do tamanho de poros, bem como na sua estabilidade.

O tipo de óxido de ferro presente no solo também deve influenciar a estabilidade dos complexos com a matéria orgânica devido à variação na cristalinidade, característica que influencia a área superficial específica e a concentração de grupos–OH disponíveis para interações com a matéria orgânica (CORNELL e SCHWERTMANN, 1996).

INFLUÊNCIA DO CULTIVO SOBRE AS PROPRIEDADES E PARÂMETROS DO SOLO

Avaliando a influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila em algumas propriedades físicas de dois Latossolos Vermelhos, Centurion *et al.* (2007), concluíram que, o tempo de cultivo da cana-de-açúcar proporcionou o aumento da

densidade do solo e a diminuição da macroporosidade e porosidade total em ambos os Latossolos. A maior quantidade de óxido de Fe proporcionou maior porosidade total e menor densidade do solo.

Os Argissolos compreendem uma classe de solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. São forte a moderadamente ácidos, predominantemente caulíníticos e com relação molecular K_i , em geral, variando de 1,0 a 3,3. Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo, para baixo no perfil (SIBCS, 2006).

A retirada da cobertura vegetal original e a implantação de cultura, aliadas às práticas de manejo inadequadas, promovem o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades químicas, físicas e biológicas (RICHART, *et al.*, 2005)

Estudos desenvolvidos Almeida (2009), no Agreste Setentrional Pernambucano, observaram que em áreas sob cultivo de bananeira e videira sofreram forte processo erosivo, evidenciado pela descrição e classificação dos perfis de solos encontrados. Apesar dos solos serem bem estruturados e permitirem bom desenvolvimento do sistema radicular, as áreas cultivadas apresentam um decréscimo na qualidade dos atributos físicos (densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados) na camada superficial.

A utilização do solo ocasiona um desequilíbrio no ecossistema, uma vez que a técnica de manejo empregada influencia os processos físicos, químicos e biológicos do mesmo, modificando suas características e, muitas vezes, podem propiciar sua degradação, inviabilizando sua utilização ou aproveitamento agrícola (SANTOS, 2007).

Alguns parâmetros do solo mesmo sob alteração na composição florística e na sua estruturação pelas técnicas de cultivo, não provoca interferências na característica intrínsecas do solo, como é o caso dos alguns atributos mineralógicos.

A análise granulométrica é realizada com a finalidade, muito mais, de caracterizar o solo, do que verificar a existência de um possível efeito da influencia do manejo na distribuição das partículas do solo, visto que, essa é uma característica com caráter intrínseco, sendo alterada ao longo do tempo pela ação dos fatores de formação.

Estudos desenvolvidos por Almeida, (2009) em uma topossequência sob cultivo de videira, bananeira e sob vegetação nativa, verificou que a superfície específica na camada superficial da mata apresentou os maiores valores. Já na camada subsuperfície a

videira e bananeira não diferiram, mas ambas diferiram da mata, que apresentou uma menor superfície, nesse caso ela apresenta menor teor de argila, levando a uma possível suposição de que o manejo tem influência na superfície específica.

Os óxidos de ferro, comuns em solos e sedimentos, compreendem vários minerais que têm sua formação influenciada pelas condições do ambiente (COSTA e BIGHAM, 2009; KAMPF e CURI, 2000). Este fato amplia a utilidade diagnóstica dos óxidos como mineral indicador de mudanças ambientais (KAMPF e CURI, 2000). Desta forma, o manejo pode acarretar mudanças mineralógicas, oriundas de transformações dos óxidos, que dependendo do tipo de solo pode ser mais intensificadas ao passar dos anos (COSTA e BIGHAM, 2009; KAMPF e CURI, 2000).

De acordo com Costa e Bigham (2009), sendo o solo um sistema termodinâmico aberto a fluxos de energia e de massa, é possível a coexistência de ambas as espécies minerais nas diferentes condições edáficas. Transformação no estado sólido de goetita em hematita por simples desidratação, ou mesmo o inverso por simples hidratação, temperaturas acima de 250 °C, por exemplo, geradas em queimadas podem transformar goetita em hematita.

Algumas práticas de manejo promovem alterações significativas nas características do solo. As características químicas do solo que mais se relacionam à produtividade das culturas são a disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e teor de matéria orgânica (M.O.) (FARIA *et al.* 2007).

Costa (2009) concluiu que os teores de matéria orgânica nos solos foram aumentados para a maioria das áreas de cultivo. Isto teve efeito substancial na retenção e fornecimento de nutrientes como Ca, Mg e K e o manejo adotado quanto às fertilizações fosfatadas nas áreas cultivadas com videira, proporcionou aumento na concentração de P disponível no solo.

A aplicação de corretivos ao solo é uma prática bastante explorada que, em decorrência da reação química do material corretivo aplicado, promove várias alterações químicas no solo, como aumento do valor de pH, a neutralização do ferro e do alumínio trocável, a insolubilidade do manganês, o fornecimento de cálcio e magnésio, modificações da capacidade de troca catiônica efetiva, alteração da disponibilidade de micronutrientes, entre outros efeitos (PRADO, 2003).

Estudos desenvolvidos por Costa (2009), verificando os teores totais de metais pesados (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Pb e Cd) acumulados com o tempo de cultivo em áreas de

videiras, concluiu que os teores de Cu e Zn, na maioria das áreas cultivadas, apresentaram aumento com os anos de cultivo, o que se deve a influência antrópica.

Do ponto de vista das atividades agrícolas, os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como: taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio.

De acordo com Almeida (2009), apesar dos solos serem bem estruturados e permitirem bom desenvolvimento do sistema radicular, as áreas cultivadas apresentam um decréscimo na qualidade dos atributos físicos (densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados) na camada superficial.

A densidade do solo está diretamente relacionada com o índice do grau de compactação de um solo, este, ligado diretamente à porosidade (REICHARDT e TIMM, 2012). Esta relação pode ser afetada pela influência de cultivos que modifique a estrutura do solo, provocando um rearranjo das partículas e por consequência no volume dos poros. Além das modificações na porosidade e densidade, o manejo provoca alterações na estrutura do solo que afetam a retenção de água e a resistência mecânica, entre outros efeitos (VIEIRA, 2006).

Almeida, (2009) em seus estudos de uma topossequência sob cultivo de bananeira e videira na transição mata-agreste de Pernambuco, observou que a porosidade total da camada superficial era, significativamente, menor para o cultivo da videira. Essa menor porosidade da videira é provavelmente devido ao seu menor teor de matéria orgânica. Segundo Reichardt e Timm (2012), além de ser diretamente dependente da densidade do solo, é o espaço em que ocorrem os processos dinâmicos do ar e solução de solo. Desta forma essa redução nos parâmetros avaliados indica um possível problema de aeração e movimentação de água.

A comunidade biológica do solo apresenta grande importância, tanto pela sua diversidade em espécies, como em suas funções, participando de processos que vão desde a origem do solo, formação e manutenção da sua estrutura, até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, biorremediação de poluentes e metais pesados (MATSUOKA, 2006). A Biomassa Microbiana do Solo, a qual possui uma taxa de formação e decomposição rápida, tem sido sugerida como uma medida mais sensível às mudanças iniciais do conteúdo de matéria orgânica do solo, quando comparada com parâmetros físicos e químicos (TURCO *et al.* 1994).

Segundo Wardle e Hungria (1994), em circunstâncias em que a Biomassa Microbiana do Solo encontra-se sob algum fator de estresse (temperatura, aeração,

humidade, entre outros), a capacidade de utilização do C orgânico é diminuída, ao contrário, com a adição de matéria orgânica ou com a mudança do fator limitante para uma condição favorável, a biomassa pode aumentar rapidamente, mesmo se os teores de C orgânico permanecerem inalterados.

Os diferentes sistemas de manejo do solo, assim como os atributos edáficos e ambientais, podem determinar alterações qualitativas e quantitativas nos microrganismos e sua atividade, afetando a estabilidade e a resiliência do solo. O rápido declínio verificado na agregação dos solos virgens, quando são cultivados, é devido à redução da matéria orgânica e à ruptura das hifas e raízes que atuam ativamente na estabilidade dos macroagregados. Este declínio é mais pronunciado, quando os restos culturais são queimados ou removidos, seja mecanicamente ou pela erosão do solo (MATSUOKA, 2006).

TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS NA AVALIAÇÃO DO SOLO.

Fluorescência de Raios-X (FRX)

A Fluorescência de Raios-X (FRX) é atualmente uma técnica-padrão na identificação e no estudo dos elementos e óxidos totais no estudo dos solos. Pela FRX é possível determinar o teor de elementos numa amostra, utilizando as intensidades de raios X característicos emitidos, possibilitando a detecção simultânea de vários elementos.

Segundo Mori *et al.* (1999), a FRX foi utilizada por ser um dos métodos instrumentais rotineiros empregados nas análises de elementos em rochas, cimentos, dentre outros, e por permitir a determinação do teor de elementos numa amostra, utilizando as intensidades de raios X característicos emitidos, possibilitando a detecção simultânea de elementos numa ampla faixa de número atômico e teores (GONÇALVES *et al.*, 2008).

Visando dinamizar os processos analíticos por meio de análises mais rápidas e de simples realização, a Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva – EDXRF destaca-se por ser uma análise rápida e de grande precisão. Esta técnica apresenta-se como uma importante alternativa, com crescente aplicação na identificação química de solos, rochas, cerâmicas, metais e líquidos, sem a necessidade muitas vezes, de destruição da amostra, ou seja, de modo instrumental, sem nenhum pré-tratamento químico e podendo atingir limites de detecção da ordem de 1 a 20 ppm (WASTOWSKI *et al.*, 2010).

Segundo Schmidt *et al.* (1999), as intensidades medidas em FRX geralmente não são proporcionais às concentrações das espécies presentes em uma amostra. Não levando

em conta as amostras não homogêneas e as particuladas, isto ocorre quando a emissão de Raios X do analito é significativamente afetada pelas variações de concentração dos outros elementos na amostra.

Wastowski *et al.* (2010) buscaram caracterizar as alterações nos níveis dos metais, mais importantes para a nutrição de plantas, presentes num mesmo tipo de solo submetido a diferentes sistemas de uso e manejos, através da técnica de EDXRF. Foram quantificados todos os elementos presentes no solo e avaliados os teores dos nove principais metais presentes sob o ponto de vista de nutrição de plantas, sendo estes: potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), enxofre (S), alumínio (Al), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe). No estudo observou-se, ainda, que os teores de elementos químicos do solo através do EDXRF. Observou-se a presença de 16 elementos, nos sistemas amostrados e em ambas as profundidades, sendo este: silício (Si), ferro (Fe), alumínio (Al), titânio (Ti), enxofre (S), cálcio (Ca), manganês (Mn), vanádio (V), potássio (K), fósforo (P), zircônio (Zr), cobre (Cu), cromo (Cr), zinco (Zn), nióbio (Nb) e ítrio (Y), respectivamente, em ordem decrescente de quantidade (g kg⁻¹) presente no solo.

Estudos desenvolvidos por Wastowski *et al.* (2010) utilizando EDXFR, para avaliar a importância do Ca nos sistemas de manejo e uso do solo, observou uma significativa variação deste elemento, onde na camada superficial (0-10 cm) os maiores teores apresentados são do Mata Nativa e Sistema de Plantio Direto, respectivamente.

Pode-se observar que estes são sistemas com maiores teores de matéria orgânica, devido ao acúmulo de material orgânico na superfície do solo. Para corroborar esses resultados poderia ter sido utilizada a técnica de Espectroscopia de Infravermelho para se determinar o teor de Matéria Orgânica desses solos.

Os teores de Fe encontrados foram os maiores entre os metais avaliados, por estar relacionado ao material de origem do solo, rico em minerais com a hematita (Fe₂O₃), olivina ((MgFe)₂SiO₄) e goetita (FeO(OH)) (WASTOWSKI *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos pela Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva podem ser utilizados para avaliação das modificações existentes nos teores de elementos químicos presentes no solo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo (WASTOWSKI *et al.*, 2010).

Difração de Raios-X (DRX)

A Difração de Raios-X (DRX) é atualmente uma técnica-padrão na identificação e no estudo de mineralogia, associada as demais técnicas analíticas. Sua importância

transcende em muito sua aparente simplicidade, tendo sido fundamental na própria identificação e caracterização das estruturas cristalinas, no início do século XX (FABRIS *et al.*, 2009).

Diversos pesquisadores têm demonstrado expressiva contribuição da reserva de nutriente do solo na nutrição mineral e no crescimento e desenvolvimento das plantas. A caracterização mineralógica das frações do solo, a avaliação da cinética de liberação e da contribuição de formas não trocáveis e estruturais na absorção dos nutrientes pela cultura influenciam a produção agrícola, sobretudo na economia de fertilizantes e no cultivo de plantas em estado nutricional (MELO, 2009).

Os minerais primários com potencial de fornecer nutrientes para as plantas encontram-se principalmente, nas frações areia e silte. O K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Cu, Zn, dentre outros, fazem parte da estrutura de alguns minerais, tanto essenciais quanto acessórios e que são liberados para a solução do solo por meio do intemperismo químico (MELO, 2009).

O quartzo é o principal mineral das frações areia e silte dos solos. O solo velho originado de granito apresenta, basicamente, apenas quartzo na fração areia. Como esse mineral não contém elementos essenciais às plantas, o solo em questão apresenta baixa reserva de nutrientes. Por outro lado, a fração areia do solo jovem originado de micaxisto apresenta, além de quartzo, grande quantidade de mica parcialmente intemperizada. Como resultado, com o processo contínuo de intemperismo químico dos minerais micáceos, há intensa liberação de nutrientes para as plantas (principalmente K e Mg) (MELO, 2009).

A liberação de K das micas é consequência de dois processos: i) transformação de micas com K entre camadas para minerais 2:1 expansivos pela redução de cargas negativas e pela troca de K por cátions hidratados, e; ii) dissolução das micas seguida pela recombinação dos produtos do intemperismo. Nesse último processo, com quebra da estrutura das micas trioctaedrais, íons Mg e Fe também são liberados para solução do solo. A importância relativa desses processos depende da estabilidade das micas e da natureza do ambiente do solo (MELO, 2009).

Assim, avaliando o efeito da redução da concentração de K na solução do solo sobre o intemperismo da mica, após três anos de cultivo, Tributh *et al.* (1987) observou a diminuição na intensidade da reflexão (001) da illita e aumento da esmectita nos difratogramas das amostras, indicando a transformação destes minerais no solo, principalmente na fração argila. O maior teor de K é encontrado nos minerais primários, principalmente nas micas e feldspatos (MELO, 2009).

A maior fração do K, Ca e Mg do solo encontra-se em formas estruturais e sua liberação para as formas disponíveis depende de reações químicas de dissolução dos minerais. Como a fração dos minerais menos resistente ao intemperismo e reduzida com o decorrer do tempo, a taxa de intemperismo também é reduzida, isso implica que o suprimento de nutrientes dos solos é finito e relacionado com processo de formação do relevo e com a escala de tempo geológico (MELO, 2009).

Em estudos desenvolvidos por Alves *et al.* (2013), sobre a reserva mineral de potássio em Latossolo cultivado, observou que as amostras das frações areia e silte dos solos apresentaram mineralogia bastante uniforme, com predomínio absoluto de quartzo e ocorrência apenas de discretas reflexões basais de primeira ordem de mica e de caulinita. Verificou que mesmo em pequena quantidade, a ocorrência de minerais micáceos pode ser importante para o tamponamento de K^+ no solo, embora a taxa de liberação do nutriente das frações grosseiras seja menor em relação a partículas de mica com menor diâmetro. Comprovou também que as fontes primárias do K acumulado no horizonte O foram os minerais primários e secundários do solo (reserva mineral), já que área não recebeu fertilização potássica.

Pressupondo serem os teores totais de K, Ca e Mg no solo provenientes do material de origem, as diferenças entre solos, na proporção relativa das diversas formas destes nutrientes, decorrem de variação na constituição mineralógica, na granulometria e no grau de intemperismo dos mesmos, que, por sua vez, são resultantes dos fatores e processos pedogenéticos que atuam na formação do solo. Pode-se assegurar que solos menos intemperizados, com presença de minerais primários fontes de K, Ca e Mg e com predominância de argilominerais 2:1, dispõem de maiores reservas destes nutrientes nas formas estruturais e, ou, não-trocável. Por outro lado, em solos mais intemperizados, com predomínio de argilominerais 1:1 e quantidades mínimas primárias de fontes de K, Ca e Mg, as formas estruturais e não-trocável são menos significativas (MELO, 2009).

Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A Matéria Orgânica (MO) representa um indicador de qualidade do solo, porque é sensível às práticas de manejo. Vários atributos do solo e do ambiente apresentam relação com a MO, como estabilidade de agregados, infiltração e retenção de água, susceptibilidade do solo à erosão, atividade biológica, nutrientes para as plantas, Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e a liberação de CO_2 para atmosfera (MIELNICZUK, 2008).

No monitoramento ambiental e de áreas agricultáveis, o uso de análises espectroscópicas, como espectroscopia de ultravioleta visível por refletância difusa (DRUV-VIS) e Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), apresentam vantagens por serem técnicas rápidas, econômicas e não destrutivas. A espectroscopia FTIR é aplicada a estudos de análises químicas estruturais, sendo baseada na absorção de radiação infravermelha pelos modos de vibração das ligações entre os átomos. Amostras de solo são utilizadas para analisar estruturas químicas orgânicas e inorgânicas, identificando grupos carboxilas, hidroxilas, aminas, amidas, estruturas alifáticas e aromáticas, silicatos e óxidos-hidróxidos metálicos, além das avaliações sobre as substâncias húmicas dos solos (GUIMARÃES, 2006).

A aplicação da espectroscopia FTIR tem sido de grande utilidade na caracterização qualitativa de Substâncias Húmicas (SH), fornecendo considerável entendimento sobre a natureza, reatividade e arranjo estrutural dos grupos funcionais oxigenados, como: grupos carboxila, amina, hidroxila, carbonila, entre outros. Outros estudos dos solos com a técnica referem-se a processos de oxidação e mineralização, revelando a dinâmica das SH frente a fatores ambientais.

A FTIR é uma técnica muito útil para observar mudanças estruturais nas SH atribuída às mudanças ambientais resultantes do sistema de manejo do solo. O manejo convencional do solo, com aração e gradagem, expõe a MO naturalmente estabilizada no solo à ação da luz solar e processos oxidativos, aos quais favorecem a atividade microbiana e consequentemente mineralização da Matéria Orgânica do Solo (MOS). Após certo período permanecerá no solo somente a MO mais recalcitrante à degradação biológica, que mostra características específicas como maior aromaticidade da estrutura.

A incorporação de resíduos orgânicos ao solo é prática comum que visa aumentar a quantidade de matéria orgânica e de nutrientes para às plantas. Plaza *et al.* (2003) estudaram o efeito consecutivo da adição anual de resíduos de suínos nos teores de Ácidos Fúlvicos (AF) na MOS. A técnica FITR foi usada para caracterização da MOS. Mudanças nas bandas de absorção em 2900, 1520, 1230 e 1040 cm^{-1} mostraram que os resíduos de suínos apresentaram grande alifaticidade, grandes quantidades de grupos funcionais que continham N e S e, consequentemente, maiores degradabilidade, quando comparado com resíduos bovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2012 - **ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/102361901/agrianual-2012>>. Acesso em 15 de Jun de 2016.

ALMEIDA, M. C. **Caracterização de uma Topossequência Sob Cultivo de Bananeira e Videira na Transição Mata-Agreste de Pernambuco**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 2009.

ALVES, M. J. F.; MELO, V. F.; REISSMANN, C. B.; KASEKER, J. F. Reserva Mineral de Potássio em Latossolo Cultivado Com Pinus Taeda L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p. 1599-1610, 2013.

BLACK, C. A. **Soil-plant relationship**. New York, J. Wiley, 1968. 792p

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J.M. Matéria Orgânica e Seu Efeito na Física do Solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, vol. VII, p. 221-267, 2011.

CAMARGO, L.A.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G.T.; HORVAT, R. A. Variabilidade Espacial de Atributos Mineralógicos de Um Latossolo Sob Diferentes Formas do Relevo. I - Mineralogia da Fração Argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2269-2277, 2008.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.237–243, 2011.

CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, I. Influência do Cultivo da Cana-De-Açúcar e da Mineralogia da Fração Argila nas Propriedades Físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 199-209, 2007.

CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrence and uses**. New York: VCH Publishers, 1996. 573p.

CORRÊA, A. N.; TAVARES. M. H. F.; URIBE-OPAZO, M. A. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e seus efeitos sobre a produtividade do trigo**. Ciências Agrárias, v. 30, n. 1, p. 81-94, jan./mar. 2009a.

CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FERREIRA, R.L.C.; FREIRE, F.J.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; MELO, D.V.M. Atributos Químicos de Solos Sob Diferentes Usos em Perímetro Irrigado no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 305-314, 2009b.

COSTA, A. C. S. e BIGHAM, J. M. **Óxido de Ferro**. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo, Parte I – Conceitos Básicos. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 505-572.

COSTA, W. P. L., **Alterações na Fertilidade do Solo e Teores de Metais Pesados em Solos Cultivados com Videira**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife – PE. 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Uva e Vinho, **Sistema de Produção, 9**; ISSN 1678-8761. Versão Eletrônica, Dezembro 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasRusticasParaProcessamento/cultivares.htm>>. Acesso em, 22 de Set. de 2014.

EMBRAPA SOLOS, **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**, Embrapa, 2000. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>>. Acesso em, 10 de Out. de 2014.

FABRIS, J. D.; VIANA, J. H. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; WYPYCH, F.; STUCKI, J. W. **Método Físico de Análise em Mineralogia do Solo**. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo, Parte I – Conceitos Básicos. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 611-695.

FARIA, C. M. B. de; SILVA, M. S. L. da; SILVA, D. J. **Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo**. Petrolina:

Embrapa Semi-Árido, 2007. 33 p.; (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 74).

FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, 26:113-121, 2006.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 2. ed. Porto Alegre: Renascença, 2005. 368 p.

GONÇALVES, D.; LEITE, W.C.; BRINATTI, A.M.; SAAB, S.C.; IAROSZ, K.C.; MASCARENHAS, Y.P.; CARNEIRO, P.I.B.; ROSA, J.A. Mineralogia de um Latossolo Vermelho Distrófico Submetido a Diferentes Manejos por 24 anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p. 2647-2652, 2008, Número Especial.

GUIMARÃES, E. **Caracterização de solos basálticos através de análises química e espectroscópica em laboratório e por satélite**. 2006. 117 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, “Estimativa da População 2015”, 2015. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em, 30 de Mar. de 2016

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, “Produção Agrícola Municipal”, 2014. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em, 28 de Mar. de 2016.

IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco, **Cultura da Videira em São Vicente Férrer-PE**. 2009. Disponível em: <http://www.ipa.br/pdf/seminario_extensao_2008/Sao%20Vicente%20Ferrer.pdf>. Acesso em: 09 de ago. 2015.

KAMPF, N.; CURI, N. **Óxidos de ferro: indicador de ambiente pedogênicos e geoquímicos**. In: FREITAS, J. R. Tópicos em Ciência do Solo – Vol. 1. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 107-138.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1979. 264p.

MATSUOKA, M. **Atributos Biológicos de Solos Cultivados com Videira na Região da Serra Gaúcha**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2006.

MELO, V. F.; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L. F. S. **Reserva Mineral do Solo**. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo, Parte I – Conceitos Básicos. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 251-332.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

MORI, P.; REEVES, S.; CORREIA, C.T. & HAUKKA, M. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Sao Paulo. **Revista Brasileira Geociência**. V. 29, p. 441-446, 1999.

NICOLOSO, R. S.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1723-1734, 2008.

PLAZA, C.; SENESI, N.; POLO, A.; BRUNETTI, G.; GARCIA-GIL, G.; D'ORAZIO, V. Soil fulvic acid properties as a means to assess the use of pig slurry amendment. **Soil and Tillage Research**, 74: 179-190, 2003.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: Revisão de Literatura. **Revista Biociência**, Taubaté, v.9, n.3, p.7-16, 2003.

REICHARDT, K. e TIMM, L. C.; **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. 2. ed. Barueri: Manole, 2012, 500 p.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos Soil compacting: causes and effects. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

ROBERTO, S. R. Técnicas de cultivo de uvas de mesa em zonas no-templadas, em Brasil. **Agrícola Vergel**, Valencia, n.219, p.151-157, 2000.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M.P.; ANDREOTTI, M. et al. Variabilidade da Produtividade da Soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho Distroférico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 283-293, 2009.

SANTOS, J. D.; **Alterações das Propriedades Físicas e Químicas do Solo em Função de Diferentes Sistemas Agrícolas** – São José da Lapa / MG; Minas Gerais, MG: UFMG, 88p. Dissertação (Mestrado em Geografia - Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Variabilidade espacial da fertilidade do solo sob vegetação nativa e uso agropecuário: estudo de caso na microbacia Vaca Brava – PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 62/02, 2010. (ISSN 0560-4613).

SCHIMIDT, F.; BUENO, M. I. M. S.; EINZWEILER, J. Determinação de alguns metais em solos por Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X de Energia Dispersiva com modelagem por Redes Neurais. Proceeding of the IV Brazilian Conference on Neural Networks – IV Congresso Brasileiro de Redes Neurais, 396-399, 1999.

SILVA, N. N. A., **Fenologia, biologia reprodutiva e exigência térmica da Uva ‘Isabel’ (Vitis labrusca L., VITACEAE) e a influência da vegetação nativa na polinização e na produção de frutos**. 2013. 81f. Dissertação (Mestrado em Botânica, Programa de Pós-Graduação m Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2013.

SOUZA, J.V., **São Vicente Férrer, em PE, Começa a se Destacar na Produção de Uva**. 2012. Disponível em: <[Http://G1.Globo.Com/Pernambuco/Noticia/2012/03/Sao-Vicente-Ferrer-Em-Pe-Comeca-Se-Destacar-Na-Producao-De-Uva.Html](http://G1.Globo.Com/Pernambuco/Noticia/2012/03/Sao-Vicente-Ferrer-Em-Pe-Comeca-Se-Destacar-Na-Producao-De-Uva.Html)>. Acesso em: 09 de ago. 2015.

TAVARES, S.C.C.H. **A indicação geográfica da uva de São Vicente Férrer e Macaparana – PE a partir das pesquisas da Embrapa**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos UEP Nordeste, 2009. 10 p. (Embrapa Solos UEP Nordeste. Circular Técnica, 43).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. New York, Macmillan, 1985. 754 p.

TODESCHINI, E. Â., **Manejo das Plantas de Cobertura do Solo na Viticultura da Serra Gaúcha Visando o Controle das Perdas de Solo pela Erosão Hídrica**. 2010. 34f.

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão do Agronegócio, UNISINOS-Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2010.

TRIBUTH, H.; BOGULAWSKI, E.V.; LIERES, A.V.; STEFFENS, D.; MENGEL, K. Effect of potassium removal by crop on transformation of illitic clay minerals. **Soil Science**, v. 143, p.404-409, 1987.

TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C.; JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (eds) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA: ASA, 1994. p.73-90. (SSSA Special Publication, 35).

VIEIRA, M. L., **Propriedades Físico-Hídrico-Mecânicas do Solo e Rendimento de Milho Submetido a Diferentes Sistemas de Manejo**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, RS. 2006.

WARDLE, D.A. e HUNGRIA, M. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (eds.) **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão: Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 236p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos. 44).

WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M. DA.; CHERUBIN, M. R.; E RIGON, J. P. G. Caracterização dos Níveis de Elementos Químicos em Solo, Submetido a Diferentes Sistemas de Uso e Manejo, Utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF). **Química. Nova**, V. 33, No. 7, 1449-1452, 2010.

Capítulo I

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (*Vitis labrusca* L.) NO AGRESTE PERNAMBUCO

RESUMO

LIRA, ELDER CUNHA DE. **Atributos Químicos do Solo Sob Sistema de Cultivo da Uva Isabel (*Vitis labrusca* L.) no Agreste Pernambuco.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Dezembro de 2016. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

A utilização do solo pelo homem vem promovendo transformações nos parâmetros químicos, modificando a cobertura vegetal natural, resultando em alterações nos parâmetros, fornecendo um conjunto de informações preciosas para o monitoramento e avaliação da qualidade do solo. A atividade da viticultura se desenvolveu de forma intensa, sendo uma das bases sócio-econômicas do Agreste Pernambucano. Sendo, de tal forma, fundamental a avaliação da ocorrência e potencialidade desta região. As alterações na qualidade do solo podem ser mensuradas pelo estado atual em comparação com o estado natural do solo. Deste modo, neste trabalho objetivou-se avaliar os efeitos dos anos de cultivo sobre as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo, fazendo referência à mata nativa, cultivado com a Videira Isabel (*Vitis labrusca* L.). O trabalho foi conduzido no município de São Vicente Férrer – PE, principal atividade econômica local é o uso e ocupação do solo, através da exploração agrícola, com destaque para a fruticultura. A classe de solo ocorrente nas áreas de estudadas é um Argissolo Vermelho Amarelo. A pesquisa foi desenvolvida em três pomares distintos, com idades aproximadas de 05 (AC5), 08 (AC8) e 15 (AC15) anos, e uma área de mata nativa considerada como testemunha. Delimitou-se uma área amostral, divididas em 03 parcelas (Terço Superior - TS, Terço Médio - TM, Terço Inferior - TI), que foram subdivididas em 05 subáreas, onde foi realizada uma amostragem, totalizando 60 amostras por área. As amostras foram destinadas aos processos de caracterização química. Os resultados mostraram que as práticas de cultivo empregadas provocaram modificações nos atributos químicos do solo sob o sistema produtivo. Os valores de pH na área de MT são considerados agronomicamente baixos. Os teores de P foram muito bom nos uso sob o sistema de produção da videira, entretanto, todas as AC foram semelhantes. Observa-se que para os teores de Ca e Mg não ocorreu variações significativas no teste f ($0,05 > p$) quando avaliadas as posições do relevo, indicando que ambas apresentam comportamento semelhante. Observou-se, ainda, que as camadas até 0,20 m apresentam uma maior concentração do elemento, podendo ser atribuído à prática da calagem, com interferência do comportamento do Ca. A MO foi estimada a partir dos valores do CO, com valores classificados entre os níveis muito bom e baixo, variando entre as áreas estudadas. Quanto a acidez potencial (H+Al) pode-se observar que entre as áreas estudadas ocorreu diferença significativa na área AC5. As áreas estudadas apresentaram valores esperados de H+Al, corroborados, pelos valores de pH. Os anos sob interferência antrópica não proporcionaram incrementos de forma positiva no teor de MO. O processo de calagem e de adubação proporcionou incrementos aos atributos químicos, desde interferência no pH dos solos, tornando-os mais alcalinos, elevados teores de fósforo e potássio em camadas mais superficiais, e quantitativos superiores nas AC's para os nutrientes Ca e Mg.

Palavras-chave: Viticultura, Atributos químicos, Argissolo vermelho amarelo.

ABSTRACT

LIRA, ELDER CUNHA DE. **Soil Chemical Attributes Under Cultivation System of the Isabel Grape (*Vitis labrusca* L.) in Agreste Pernambuco.** Areia - PB, Center of Agrarian Sciences, UFPB, December 2016. Thesis. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

The use of the soil by man has promoted transformations in the chemical parameters, modifying the natural vegetation cover, resulting in changes in the parameters, providing a set of precious information for the monitoring and evaluation of soil quality. The activity of viticulture developed intensely, being one of the socio-economic bases of Agreste Pernambucano. Being, of such form, fundamental the evaluation of the occurrence and potentiality of this region. Changes in soil quality can be measured by the current state compared to the natural state of the soil. The objective of this work was to evaluate the effects of the years of cultivation on the chemical properties of a Yellow Red Argisol, with reference to the native forest, cultivated with the Vine Isabel (*Vitis labrusca* L.). The work was conducted in the municipality of São Vicente Férrer - PE, the main local economic activity is the use and occupation of the soil, through the agricultural exploitation, with emphasis on fruit growing. The soil class occurring in the studied areas is a Red Yellow Argisol. The research was carried out in three different orchards, with approximate ages of 05 (AC5), 08 (AC8) and 15 (AC15) years, and a native forest area considered as a control. A sample area was delineated, divided into 03 plots (Upper Third - UT, Middle Third - MT, Lower Third - LT), which were subdivided into 05 subareas, where a sampling was performed, totaling 60 samples per area. The samples were destined to the chemical characterization processes. Results shown that the cultivation practices employed led to changes in soil chemical attributes under the production system. PH values in the MT area are considered to be agronomically low. The P contents were very good in use under the vine production system, however, all AC were similar. It is observed that for the Ca and Mg contents there were no significant variations in the f test ($0.05 > p$) when the relief positions were evaluated, indicating that both presented similar behavior. It was observed that the layers up to 0.20 m have a higher concentration of the element, and can be attributed to the practice of liming, with interference of the behavior of Ca. The OM was estimated from the CO values, with values classified between the very good and low levels, varying between the studied areas. Regarding the potential acidity ($H + Al$), it can be observed that among the studied areas there was a significant difference in the AC5 area. The studied areas presented expected values of $H + Al$, corroborated by the pH values. The years under anthropic interference did not provide positive increases in OM content.

The liming and fertilization process provided increases in the chemical attributes, from interference in the pH of the soils, making them more alkaline, high levels of phosphorus and potassium in more superficial layers, and higher quantitative in the AC's for the nutrients Ca and Mg.

Keywords: Viticulture, Chemical attributes, Yellow-red Argisol.

INTRODUÇÃO

A utilização do solo pelo homem vem promovendo transformações nos parâmetros químicos, advindas das atividades empregadas para potencializar os efeitos, muitas vezes, sem a preocupação do que o solo está realmente necessitando, buscando-se produções elevadas e consequentemente maiores lucros. Silva Junior et al. (2012) observaram que as características químicas do solo são alteradas de acordo com sistema vegetal e manejos inseridos, sendo a matéria orgânica, principal atributo relacionado à fertilidade do solo, diretamente afetada com a alteração da vegetação original.

Deste modo, a ação antrópica sobre a paisagem modificando da cobertura vegetal natural, resulta em alterações nos parâmetros (pH, CTC, teores dos elementos, etc.) que são empregados na avaliação da fertilidade de um solo em uso. Tais parâmetros fornecem um conjunto de informações preciosas, representando um inexplorado potencial para o monitoramento e avaliação da qualidade do solo em diferentes sistemas locais de cultivo e manejo do solo (SILVA, 2015).

A atividade da viticultura se desenvolveu de forma intensa, sendo uma das bases sócio-econômicas do Agreste Pernambucano, especificamente no município de São Vicente Férrer com área cultivada de 500 ha (ROBERTO, 2000; AGRIANUAL, 2012; IBGE, 2014). Desde então, a cultura vem sendo submetida ao manejo intenso. Os parreirais na maioria são implantados em áreas declivosas, susceptíveis ao processo de degradação, especialmente no sistema de cultivo tradicional. O processo de degradação do solo é influenciado pelo manejo muitas vezes inadequado associado ao não uso de práticas conservacionistas, do ponto de vista agronômico.

Essas modificações podem estar ocorrendo de forma desapercibida pelos que fazem uso da terra. Entretanto, a carência de estudos e conhecimento técnico pela maioria dos produtores pode agravar tal situação. Sendo, de tal forma, fundamental para a avaliação da ocorrência e potencialidade desta região, permitindo inferir sobre possibilidades de manejos e uso de recursos.

De acordo com Silva (2015), o nível de alteração na qualidade do solo pode ser avaliado pela mensuração do estado atual de determinados atributos em comparação com o estado natural do solo, sem interferência antrópica, ou com valores considerados ideais. Deste modo, neste trabalho objetivou-se avaliar os efeitos dos anos de cultivo sobre as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo, fazendo referência à mata nativa, cultivado com a Videira Isabel (*Vitis labrusca* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Localização geográfica e área experimental

O trabalho foi conduzido nas Fazendas Fortaleza e Quatis, localizadas no município de São Vicente Férrer – PE, com Latitude 07° 35' 28" S e Longitude 35° 29' 29" W, localizado na Mesorregião do Agreste Pernambucano. A área é tida como região de desenvolvimento do Agreste Setentrional, com área territorial de 113,985 km², apresentando o predomínio dos Biomas Mata Atlântica e Caatinga com uma população estimada de 17.763 habitantes (IBGE, 2015). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo As', que se caracteriza como quente e úmido, com chuvas de outono-inverno e com temperatura média anual oscilando entre 23 °C a 24 °C. Segundo dados da APAC (Agência pernambucana de água e clima) a área apresenta isoietas médias anuais próximas de 1200 mm.

A principal atividade econômica local está ligada ao uso e ocupação do solo, através da exploração agrícola, com destaque para a fruticultura. Em meio as principais áreas cultivadas no município, o cultivo da variedade de uva Isabel recebe um destaque na agricultura local, com área implantada de 500 ha, apresentando um rendimento médio de 20 t ha⁻¹ (IBGE, 2014).

A classe de solo ocorrente nas áreas de estudadas é um Argissolo Vermelho Amarelo, como observado no Mapa de Solos (EMBRAPA, 2000) e localização da área experimental apresentado na Figura 1.1.

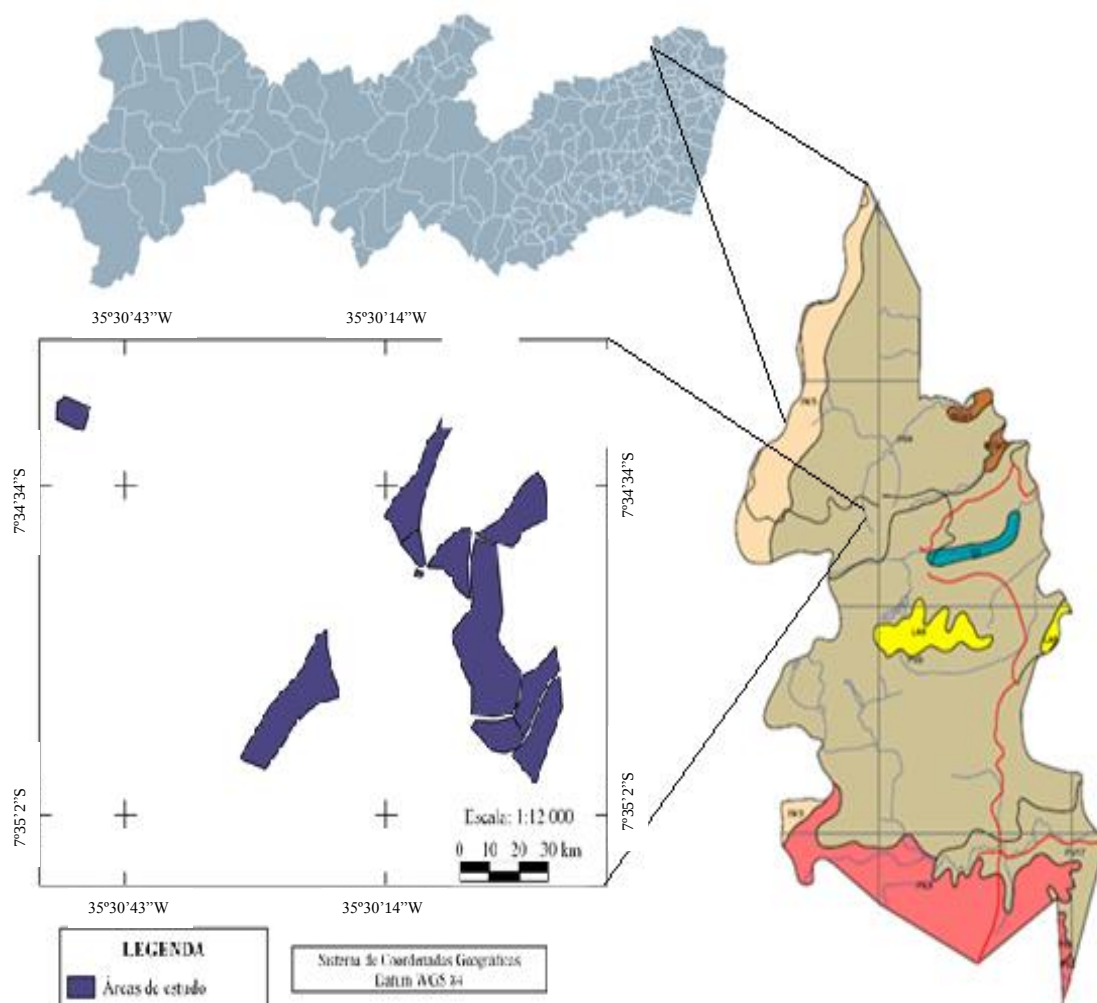


Figura 1.1: Mapa de solos e localização da área experimental.

O município de São Vicente Férrer encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Goiana. Está totalmente inserido no domínio hidrogeológico fissural. O domínio fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o subdomínio rochas metamórficas constituídas do complexo vertentes e do complexo salgadinho e o subdomínio rochas ígneas dos granitóides, como pode ser observado pela Figura 1.2. (CPRM, 2005)

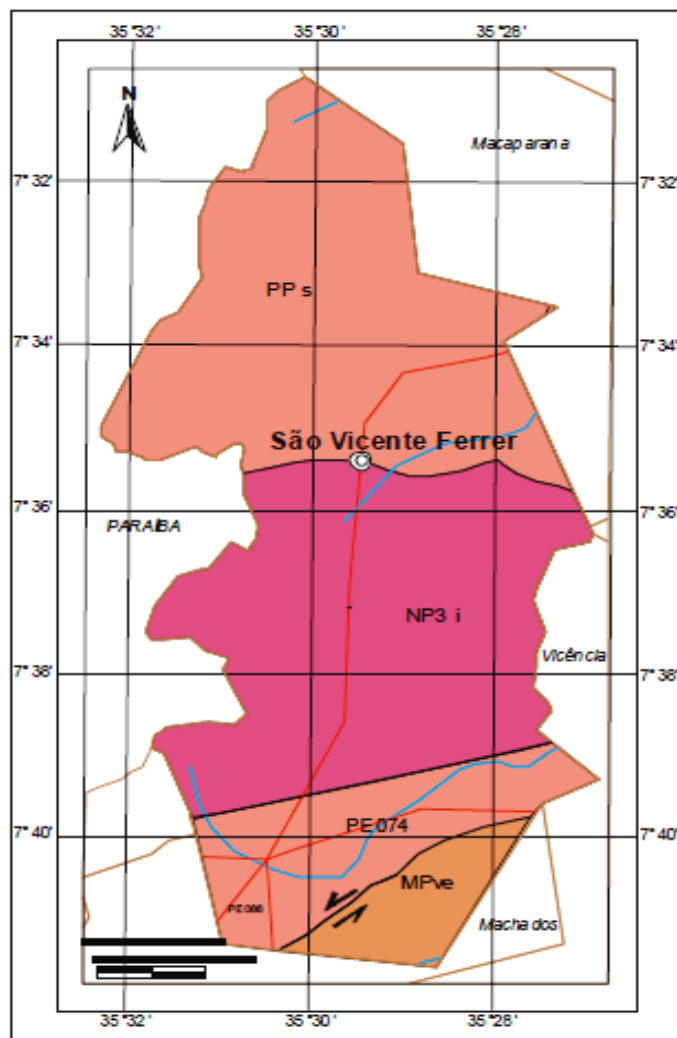


Figura 1. 2: Mapa Geológico do município de São Vicente Férrer. Fonte: CPRM (2005)

NP3 i	Neoproterozóico Granitóides indiscriminados: granito, granosiorito, monzogranito
MPve	Mesoproterozóico Complexo Vertentes: paragneisse, metavulcânica máfica e intermediária, metavulcanoclástica
PP s	Paleoproterozóico Complexo Salgadinho: ortogneisse tonalítico a granítico

Em visitas de campo a Fazenda Fortaleza, observou-se que durante o ciclo da cultura, o produtor realizava adubação química com N, P, K utilizando de fórmula mista comercial (15-07-32), sempre 15 (quinze) dias antes da etapa de poda, dispondo o fertilizante em meia lua sobre o solo a 0,20 m do caule da planta, uma vez ao ano associado com o uso de matéria orgânica (esterco de ave, bovino ou torta de filtro). A atividade de limpeza da área era realizada através de capinas manuais (limpa ou roço) e/ou utilização de herbicidas, o controle de pragas era conseguido com aplicação de defensivos agrícolas. O emprego da irrigação pelo sistema de microaspersão era utilizado nos períodos

de seca, procurando manter a cultura com disponibilidade de umidade suficiente para o seu desenvolvimento normal, sempre que necessário.

Pode-se observar através da Figura 1.3 a vista área por imagem de satélite das áreas estudadas.



Figura 1.3: Visão aérea das áreas estudadas. Fonte: Google Earth (2016).

Segundo o proprietário, as áreas sob cultivo da videira foram utilizadas anteriormente com as culturas da cana de açúcar e bananeira, isso para as áreas em estudo com 05 e 15 anos de implantadas, já a área correspondente a 08 anos teve como ocupação do solo a cultura da cana-de-açúcar, bananeira e aceroleira, sucessivamente, sempre em caráter de monocultivo.

A área de mata (MT) é uma reserva florestal que está localizada na propriedade Quatis próxima a área de desenvolvimento do trabalho. De acordo com o proprietário, trata-se de uma área inexplorada, sendo constada tal observação durante a realização do trabalho, apresentando vegetação densa e árvores frondosas. Típica de Mata Atlântica.

A pesquisa foi desenvolvida em três pomares comerciais distintos com idades aproximadas de 05 (AC5), 08 (AC8) e 15 (AC15) anos, além de uma área de mata nativa considerada como testemunha.

Coleta de solo

Em cada pomar delimitou-se uma área amostral de 3.000 m², divididas em 03 (três) sub-parcelas (Terço Superior - TS, Terço Médio - TM, Terço Inferior - TI), com 1.000 m² cada. Essas sub-parcelas foram divididas em 05 (cinco) subáreas, medindo 10 metros de base e 20 metros de altura, totalizando 200 m² cada subárea (ver Figura 1.4). Em seguida foram abertas, aleatoriamente, 03 (três) mini trincheiras de 0,30 x 0,50 m, onde foi realizada uma amostragem através de amostras compostas nas profundidades de 0-0,05; de 0,05-0,10; de 0,10-0,20 e de 0,20-0,40 m, totalizando 60 (sessenta) amostras por área (ver Figura 1.5).

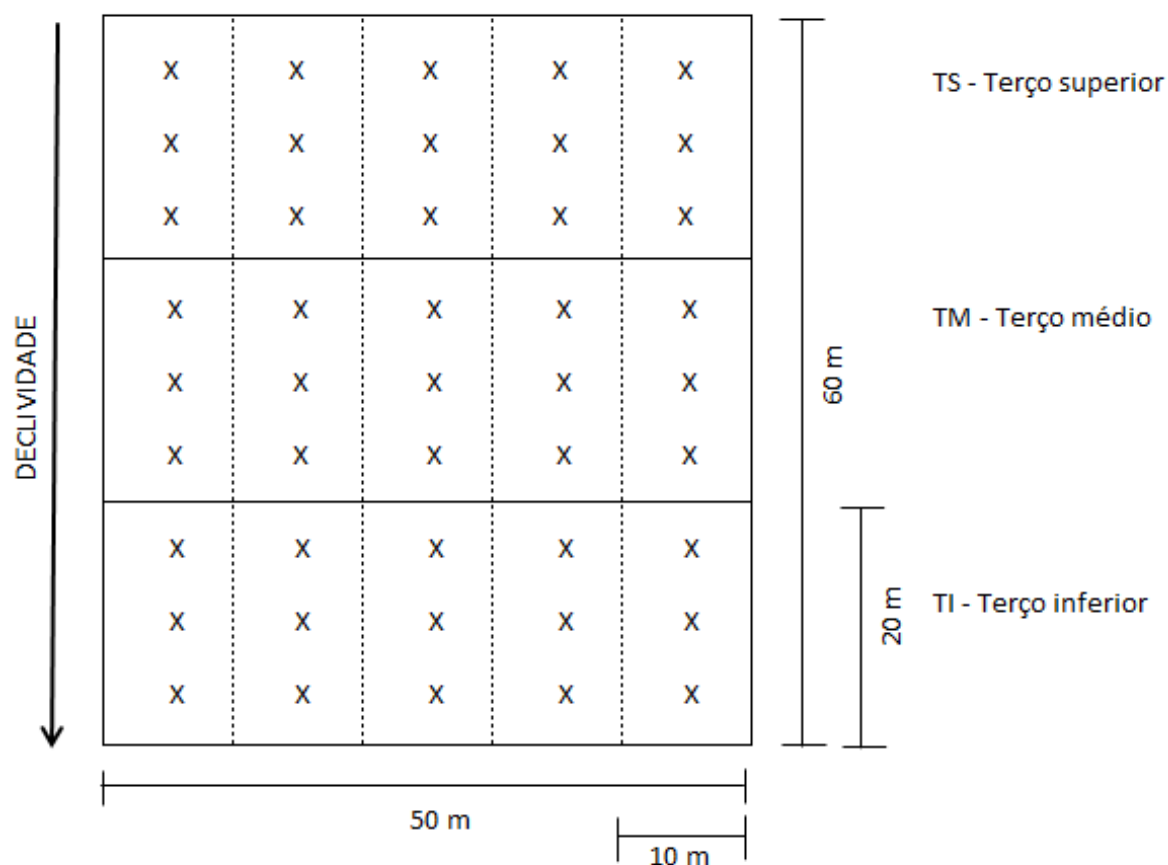


Figura 1.4: Esquema representativo de amostragem de solo em uma área (3000 m²)

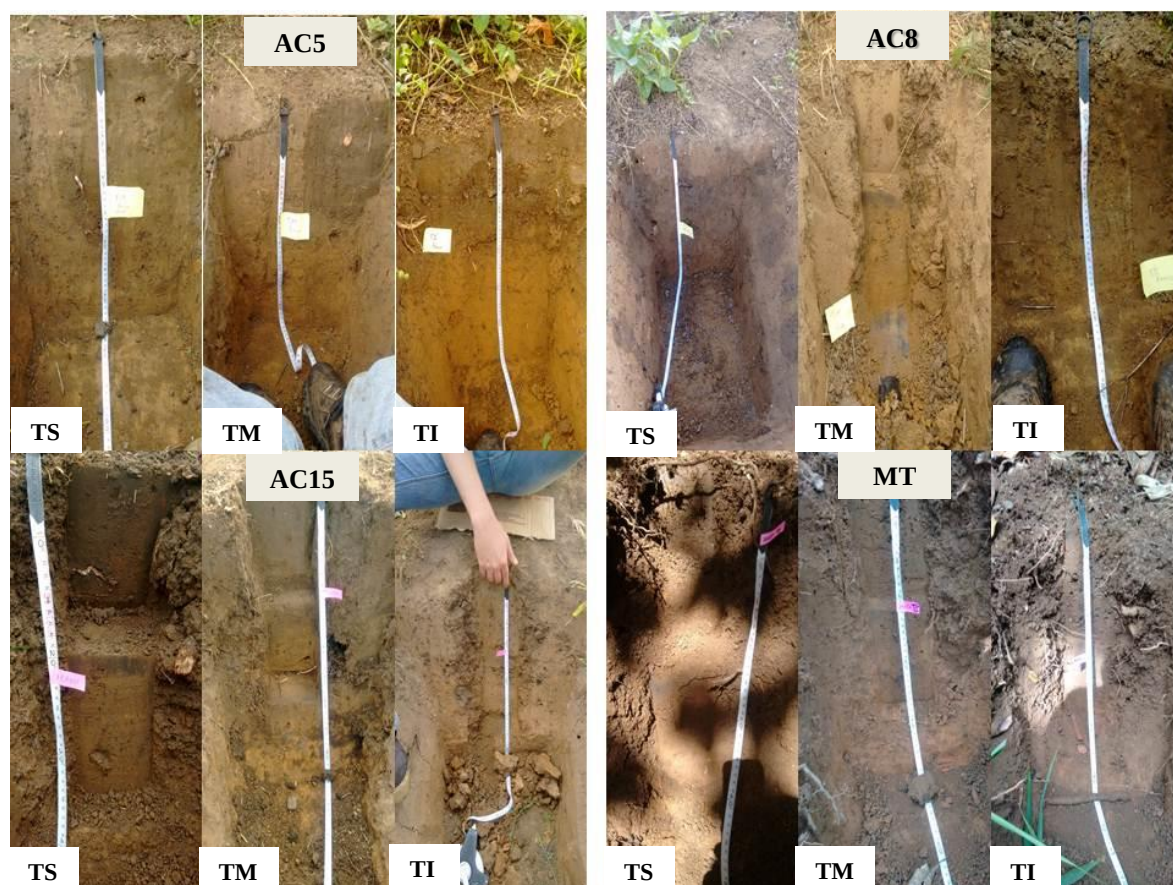


Figura 1.5: Mini trincheiras de coleta do solo nas áreas de cultivo (AC5, AC8 e AC15) e a área de referência (MT)..

Análises Químicas

As amostras coletadas foram encaminhadas ao Departamento de Solos e Engenharia Rural-DSER/CCA/UFPB, onde foram secas à sombra, destorroadas com o auxílio de um rolo-de-massa e passadas em peneira com malha de 2,0 mm (terra fina secada ao ar – TFSA), conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997). Em seguida, as amostras foram destinadas aos processos de caracterização química realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural-DSER/CCA/UFPB, onde foram determinados o pH em água; teores de Cálcio e Magnésio trocáveis ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$); acidez trocável ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$); Sódio (Na^+); Potássio (K^+) e o Fósforo extraíveis com solução de Mehlich-1 (P), através dos métodos descrito por Donagema et al. (2011). O Carbono Orgânico Total (COT) foi determinado por oxidação-difusão úmida (DONAGEMA et al., 2011). A CTC, a Soma de Bases (SB) e a saturação por bases (V) foram calculadas com base nos teores dos elementos determinados por Donagema et al. (2011).

Análise Estatística

Os resultados dos atributos foram submetidos à análise de variância e teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o uso do software SAS[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As práticas de cultivo empregadas provocaram modificações nos atributos químicos do solo sob o sistema produtivo (AC), que possivelmente, antes da ação antrópica, apresentava tais atributos químicos semelhantes ao uso sob vegetação de mata (MT).

Potencial Hidrogeniônico - pH

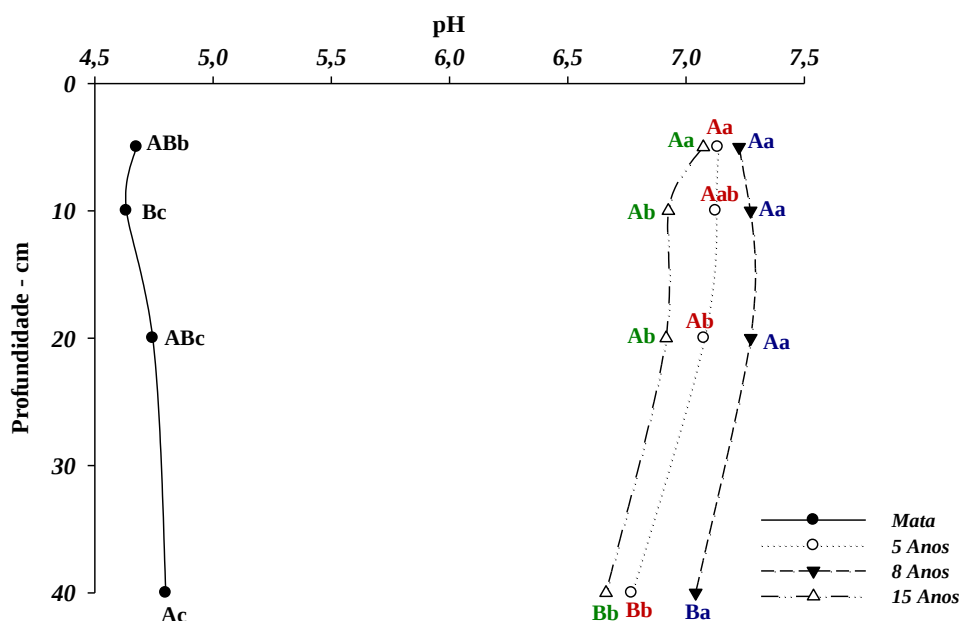


Figura 1. 6: Valores do pH do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de pH na área de MT foram considerados agronomicamente baixos de acordo com Ribeiro et al. (1999). Apresentando valores mais baixos que as áreas cultivadas para este atributo químico em todas as profundidades, o que já era esperado, pois os solos da região são naturalmente ácidos devido à alta precipitação pluviométrica, e

ao processo de degradação da matéria orgânica e da sua rápida mineralização, que causa acidificação natural do solo nestes ambientes. Regiões com altas precipitações pluviais apresentam tendência a maior acidificação do solo pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca, como Ca, Mg, K e Na, e o consequente acúmulo de cátion de natureza ácida, como Al e H. Quanto a Matéria Orgânica, a oxidação biológica dos compostos orgânicos produz CO₂ que reagem com água para formar ácido carbônico, liberando prótons H⁺ (SOUSA et al. 2007).

As áreas cultivadas AC5, AC8 e AC15, apresentaram valores estatisticamente superiores a área referencia MT, principalmente na área AC8 que apresentou-se estatisticamente diferente das demais, evidenciando os maiores valores (7,27). No entanto, esta diferença significativa foi numericamente pequena, entre as áreas sobre influência antrópica (ver Figura 1.6). Este resultado confirma a correção efetuada nestas áreas, entretanto, observa-se que o pH está acima do considerado ideal, principalmente na camada de 0,00–0,20 m, nas áreas sob a prática da calagem, onde comparadas de forma isoladas não diferiram estatisticamente até 0,20 m de profundidade. Considera-se a faixa de pH entre 6,0 e 6,5 adequada a maioria das plantas cultivadas no Brasil (POTAFOS, 1998).

Desta forma, pode-se associar estes valores de pH alcalino ao cálculo da dose e a incorporação do corretivo, que não foram efetuados corretamente pelo agricultor, ou seja, não foram realizados estudos do solo antes de ser realizada a correção, onde a mesma era feita de forma empírica pelo agricultor.

Fósforo - P

Avaliando os teores de fósforo (P) pode-se observar através da Figura 1.7 que os valores para este atributo foram classificados entre muito baixo e muito bom (RIBEIRO et al., 1999). Sendo muito bom nos usos sob o sistema de produção da videira, entretanto, todas as AC foram semelhantes estatisticamente entre si, porém diferindo da área referência MT, que se mostrou com valores muito baixos sem significância nas camadas nesta área, por serem solos sem o fornecimento de fontes externas de nutrientes como nos demais (CORRÊA et al., 2009b).

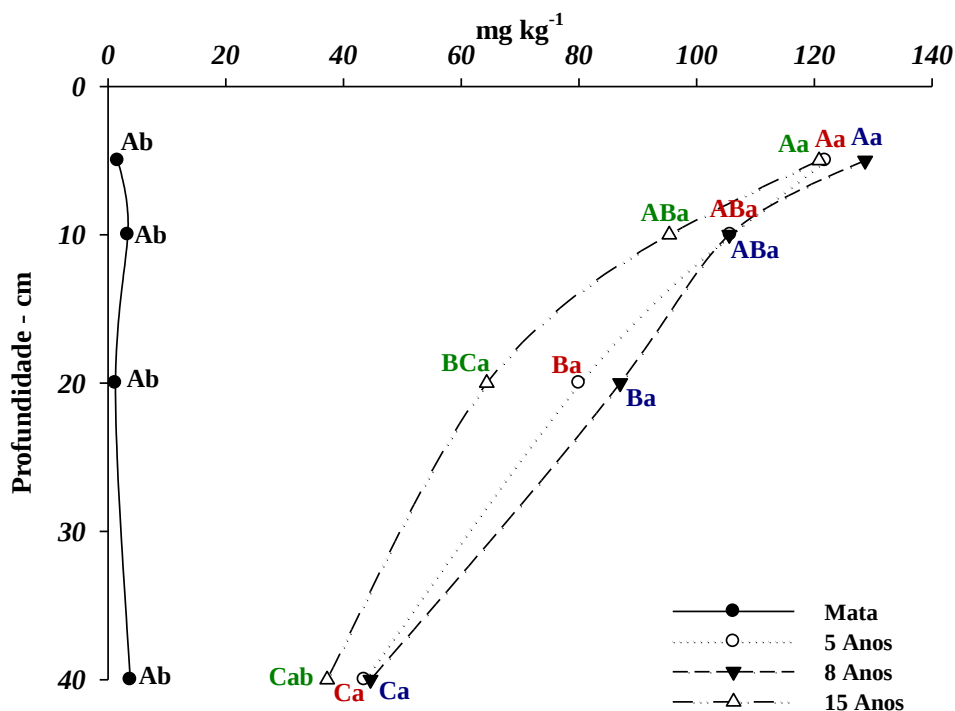


Figura1. 7: Valores de Fósforo (P) do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Pode-se observar significância quanto a profundidade nestas áreas. Os maiores teores foram observados nas camadas mais superficiais, apresentando reduções nos teores com o aumento da profundidade. Comportamento também observado por Corrêa *et. al.* (2009b) onde os teores decresceram com a profundidade, comprovando o caráter pouco móvel do P.

Estes valores elevados na camada mais superficial podem estar relacionados com a forma de manejo adotada nesse sistema de produção com a utilização de forma indiscriminada de adubos químicos, aplicados de forma contínua a cada ciclo da cultura, ao uso de esterco e compostos orgânicos, aplicado de forma anual. Maiores valores para o pH (Figura 1.6) nessas áreas podem ter afetado diretamente a disponibilidade do fósforo. A disponibilidade de P aumenta devido a redução da acidez (SOUZA *et al.*, 2007).

Potássio (K⁺)

Observa-se na Figura 1.8 os valores obtidos para o nutriente Potássio (K). Os teores de K trocável foram classificados nas faixas de baixo a muito bom (RIBEIRO, *et al.*, 1999). Os menores valores foram encontrados na área MT apresentando diferença significativa entre as demais, desta forma, somente a MT apresentou valores considerados

baixo em profundidade e posição do relevo, exceto para camada 0,0-0,05 m com teores classificados como médios, essa mesma profundidade foi a que apresentou os teores considerados como muito bom ($0,463 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) para as áreas AC5, AC8 e AC15. Como pode ser observado no gráfico (Figura 1.8), apenas a camada 0,0-0,05 m no TS da AC8 apresentou diferença significativa.

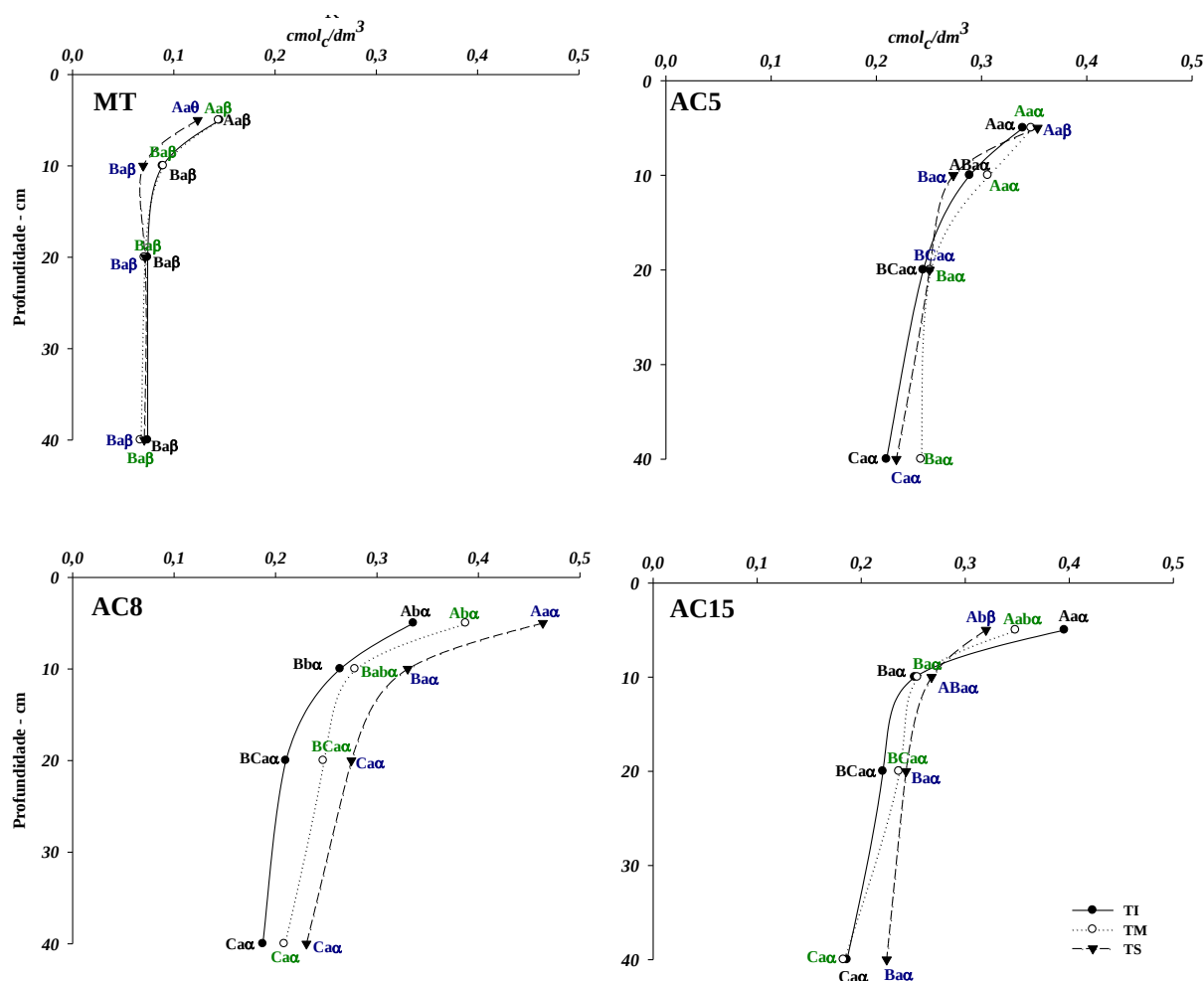


Figura1. 8: Valores de Potássio (K) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo. A-Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C- Área cultivada a 8 anos; D- Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As demais áreas antropizadas não diferiram entre si, estatisticamente. Porém apresentaram diferenças no teor de potássio em profundidade, mostrando semelhança no comportamento de distribuição deste elemento, com concentrações superiores nas camadas mais superficiais, ocorrendo desta forma, uma relação inversa entre o teor do elemento K e a profundidade. Tal comportamento foi observado por Bilibio *et al.* (2010), em estudos

avaliando o efeito dos sistemas de manejo convencional e conservacionista sobre alguns atributos físicos e químicos do solo.

Sódio (Na^+)

Observa-se na Figura 1.9 os valores obtidos para o elemento Sódio (Na^+).

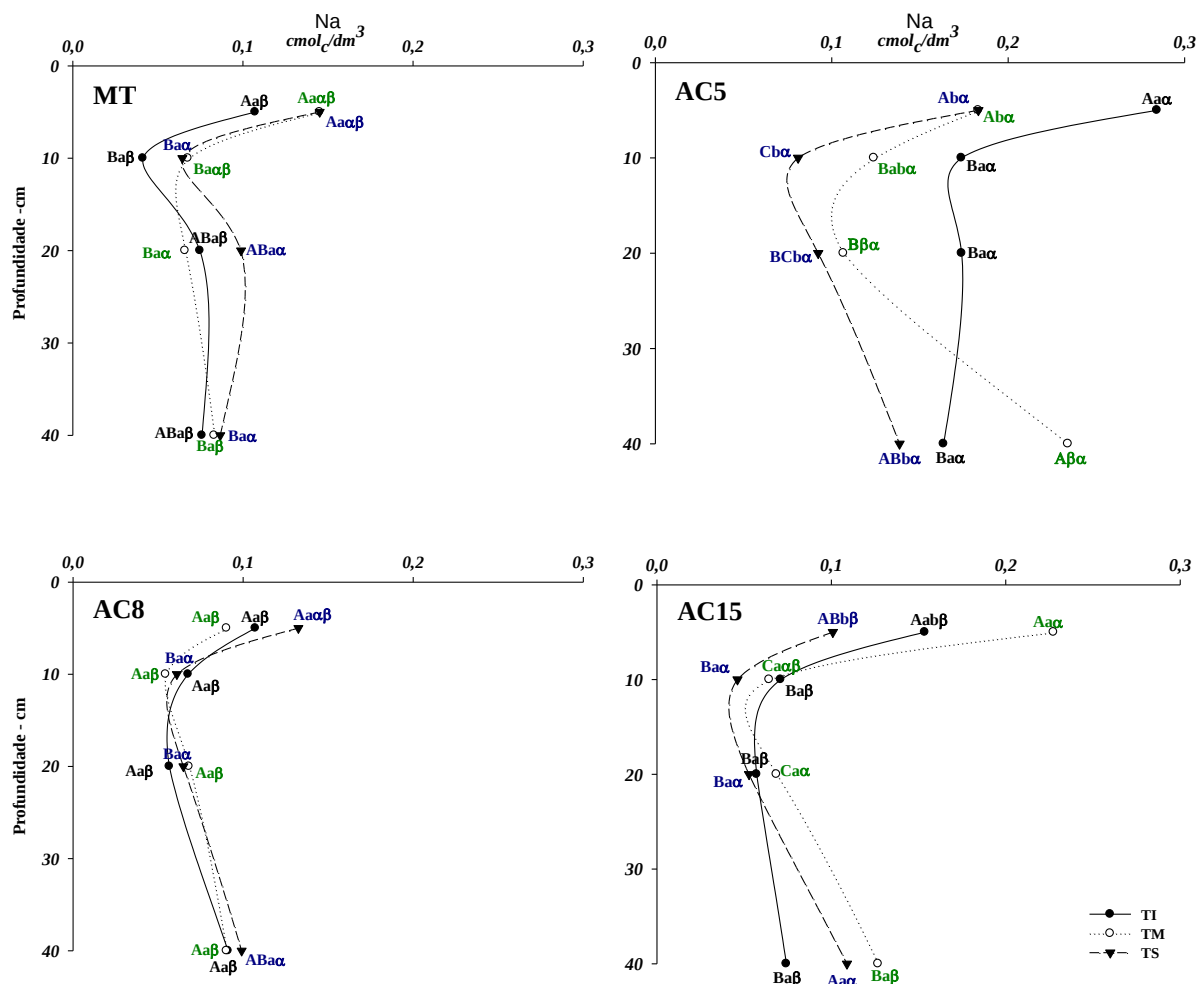


Figura 1.9: Valores de Sódio (Na^+) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo. A-Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C- Área cultivada a 8 anos; D- Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se através do gráfico apresentado na Figura 1.9 que os valores para este elemento diferiram estatisticamente em profundidade nas áreas de estudo, com exceção da AC8, onde as subparcelas terço inferior (TI) e terço médio (TM) não apresentaram diferença. Apesar de ter havido diferenças estatísticas significantes em termos de profundidade, quando o elemento é analisado isoladamente, em termos de PST (Porcentagem de Sódio trocável) não foi evidenciado mudanças relevantes.

Os valores médios da PST para todas as áreas nas profundidades avaliadas foram baixos, não excedendo 4,0 %. De acordo com critérios usados por Amorim *et al.* (2010) e EMBRAPA (2006) os solos foram enquadrados como não-sódicos, onde a PST corresponde a proporção do Na^+ em relação aos demais cátions trocáveis do solo.

Por sua vez, os problemas de sais induzidos ou provocados pela ação antrópica, decorrem do manejo inadequado da irrigação praticado nessas áreas, principalmente em perímetros irrigados, em que inexistem sistemas de drenagem natural e/ou que estejam sendo implementados, bem como podem ser ocasionados pelo tipo de solo onde os processos de lixiviação podem fazer com que os sais se acumulem em camadas mais profundas (AMORIM *et al.*, 2010).

Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2})

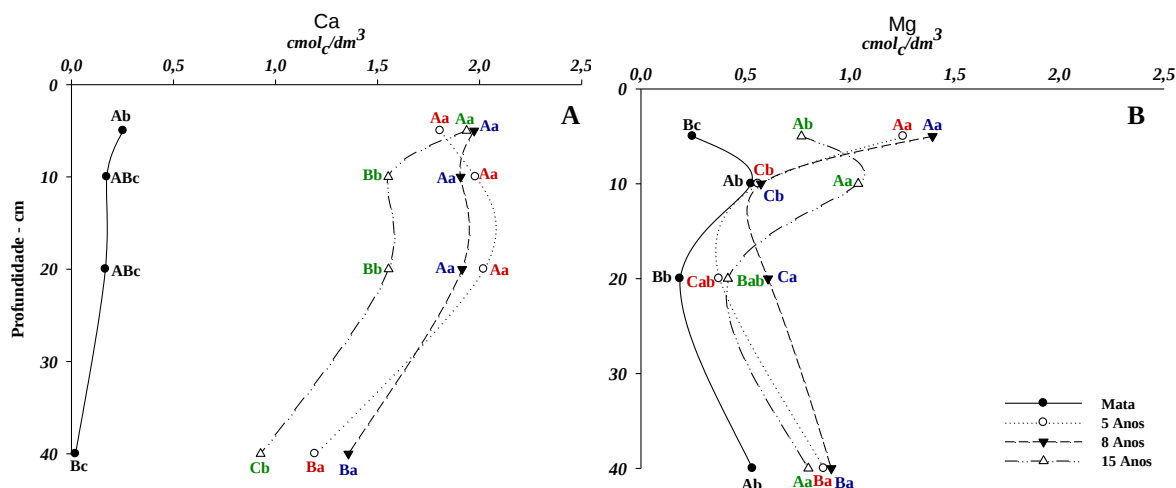


Figura 1.10: Valores de Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A- Valores de Cálcio; B - Valores de Magnésio. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que para os teores de Ca e Mg não ocorreu variações significativas no teste f ($0,05 > p$) quando avaliadas as posições do relevo, indicando que ambas apresentam comportamento semelhante. Nota-se, para o elemento Mg^{2+} (Figura 1.10B) que as áreas cultivadas diferiram da área referência apenas na profundidade 1 (0,0-0,05 m) e 4 (0,20-0,40 m). Na profundidade 1 (0,0-0,05 m) observa-se um incremento deste elemento na ordem de aproximadamente 5 (cinco) a 6 (seis) vezes mais quando comparada a MT e as

áreas AC5 e AC8. Observando-se a área AC15, ocorreu diferença significativa da demais AC na profundidade 0,0-0,05 m, apresentando-se com valores inferiores, essa redução pode ser atribuída ao tempo de consumação da calagem do solo.

Os teores de Mg foram considerados de médios a altos em profundidades em ambas as áreas sob cultivo. Na MT os valores ficaram entre baixo a médio (RIBEIRO, *et al.*, 1999), sendo observado diferença significativa em profundidade. Isto pode ser um indicativo de que ocorreu lixiviação na área. A grande movimentação do Mg se dá pela menor força de adsorção por apresentar maior raio iônico hidratado, e como consequência apresentar movimentação mais intensa (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

Os teores de Ca apresentaram valores de muito baixo a médio (RIBEIRO, *et al.*, 1999). A MT apresentou teores muito baixos em todas as profundidades. Nas AC5 e AC15 os teores variaram entre baixo e médio, enquanto que a AC8 apresentou apenas teores médios. Não ocorreu diferença significativa na camada 0,0-0,05 m em todas as áreas cultivadas. Porém, quando comparada a AC15 com as áreas AC5 e AC8, observa-se que a AC15 apresentou diferença significativa nas demais profundidades.

Observa-se, ainda, que as camadas até 0,20 m apresentam uma maior concentração do elemento, podendo ser atribuído à prática da calagem, com interferência do comportamento do Ca no solo, visto este elemento químico possuir pouca mobilidade (FURTINI NETO *et al.*, 2001 e SILVA JR *et al.*, 2012).

Tratando-se dos valores de Ca+Mg, observa-se na Figura 1.11, que há significância dentre as posições do relevo (PR), anos de cultivo (AC) e profundidade (PF), teste f ($0,05 > p$). A MT apresentou os menores valores em todos os aspectos avaliados, com intervalo entre 0,34 e 0,81 (ver figura 1.10 e tabela 15A no Apêndice). Quando avaliadas as ACs, observa-se que este incremento é mais significativo, com valores variando de 1,61 a 3,82 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, onde estes valores foram observados nas profundidades 0,20-0,40 e 0,0-0,05 m das áreas AC15 e AC8, respectivamente.

Isto pode evidenciar que a prática da calagem proporcionou um acréscimo nesses valores. A calagem pode ser definida como a prática agrícola de incorporação ao solo dos compostos de cálcio e magnésio, com o objetivo de proporcionar maior suprimento desses nutrientes as plantas e eliminar os efeitos nocivos da acidez (LIMA JR. e LIMA, 2008), contribuindo também para uma maior disponibilização dos nutrientes presentes nestes solos. Nas áreas sob ação antrópica os valores apresentam-se próximo, numericamente, sendo estatisticamente diferentes apenas nas profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m nas áreas AC8 e AC15, respectivamente.

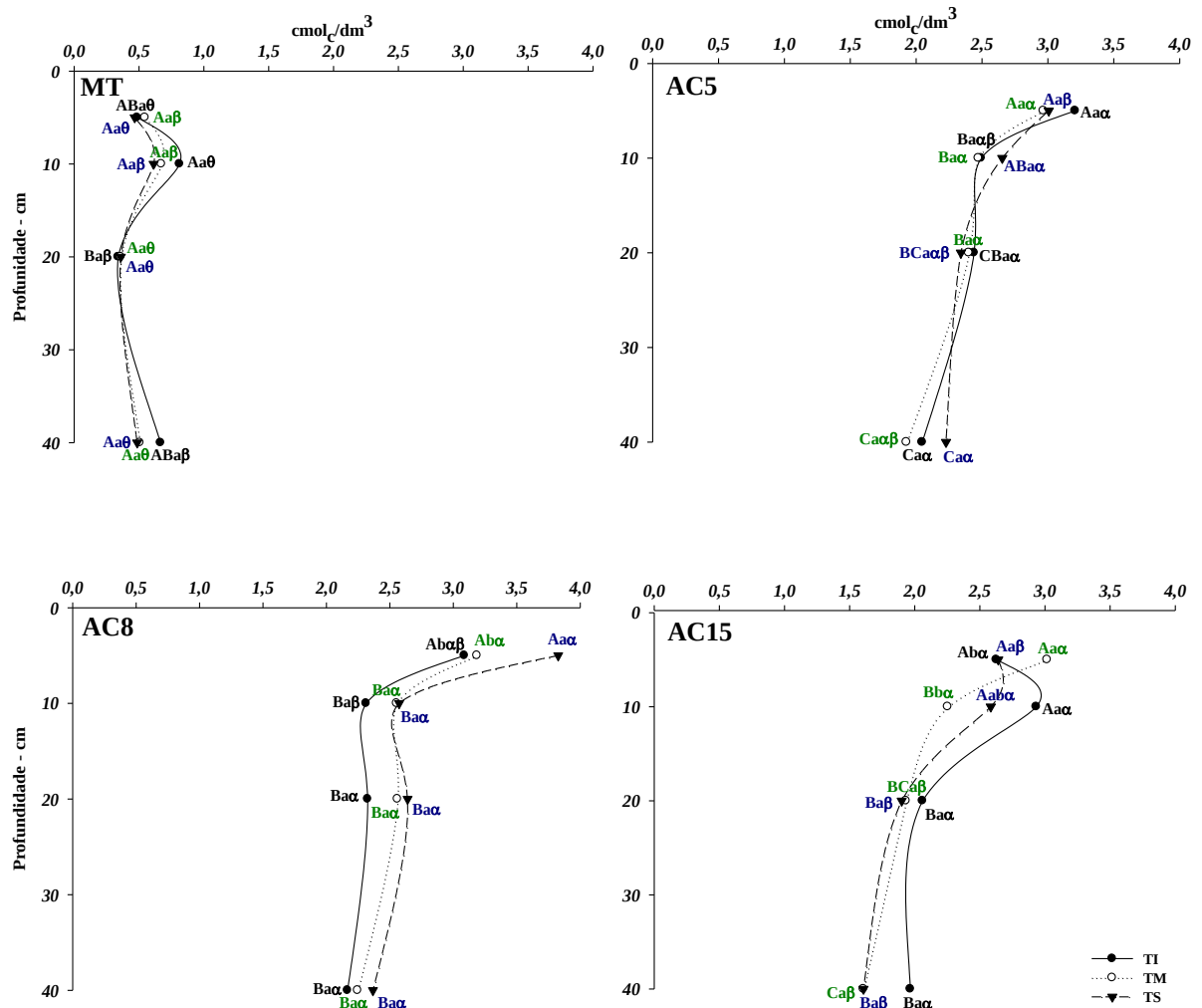
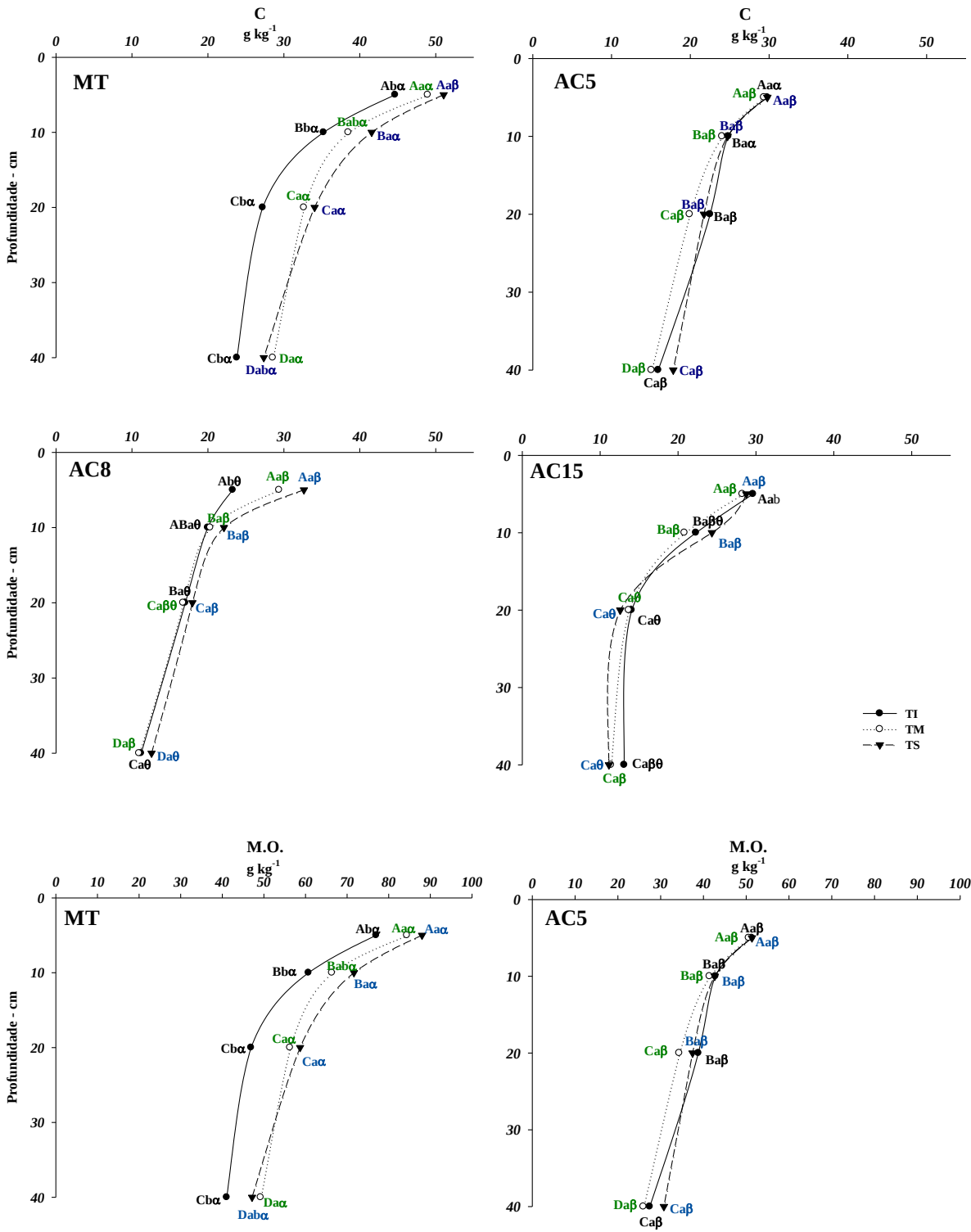


Figura 1.11: Valores de Cálcio+Magnésio (Ca+Mg) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A-Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C- Área cultivada a 8 anos; D- Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Matéria Orgânica (M.O.) e Carbono Orgânico (C)



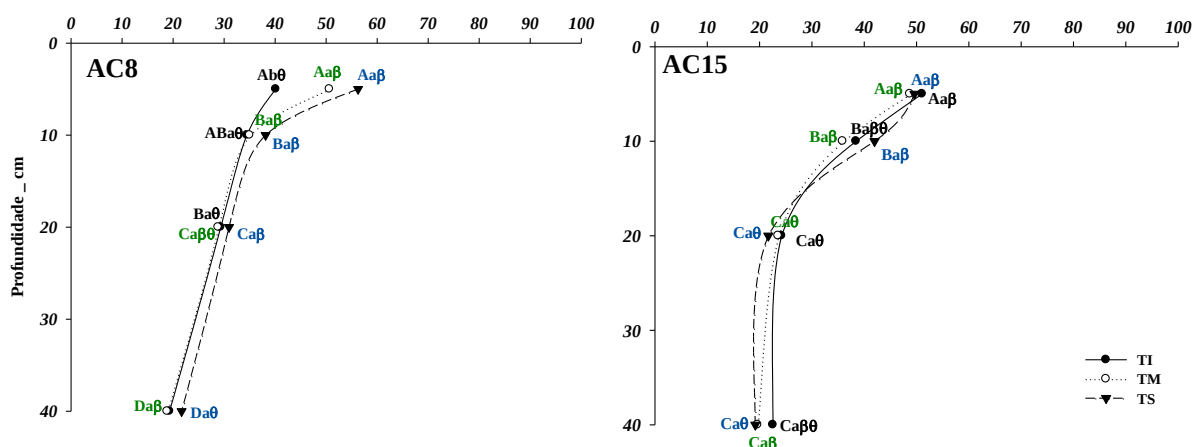


Figura 1.12: Valores de carbono (C) e Matéria Orgânica (M.O.) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A-Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C- Área cultivada a 8 anos; D- Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de MO e CO, apresentaram-se com valores classificados entre os níveis muito alto e baixo, variando entres as áreas estudadas (RIBEIRO, *et al.*, 1999). Somente a MT apresentou valores considerados muito alto na profundidade 0,0-0,05 m, com os melhores resultados para este atributo, estando diretamente associado ao maior aporte de resíduos vegetais depositado nesta camada pela vegetação nativa. Na MT, observou-se ainda uma diferença significativa tanto na posição do relevo (PR) quanto em profundidade (PF), com valores classificados entre muito alta e alta de acordo com Ribeiro *et al.* (1999).

Nas áreas sob ação antrópica, AC5, AC8 e AC15 a classificação se deu de alto a baixa, ocorrendo de forma decrescente com o aumento da profundidade. Classificação inferior foi observada para áreas com maiores tempos de uso na camada de 0,20-0,40 m de modo que os maiores valores nas profundidades 0,0-0,05 m e 0,05-0,10 m pode ser atribuído a deposição de restos vegetais durante as práticas de manejo (podas, controle de plantas invasoras).

Esses dados mostram-se coerentes, visto que a substituição da mata natural com a implantação da agricultura resulta em uma diminuição no conteúdo de MO (MIELNICZUK, 2008).

Acidez – Hidrogênio (H^+) e Alumínio (Al^{+3})

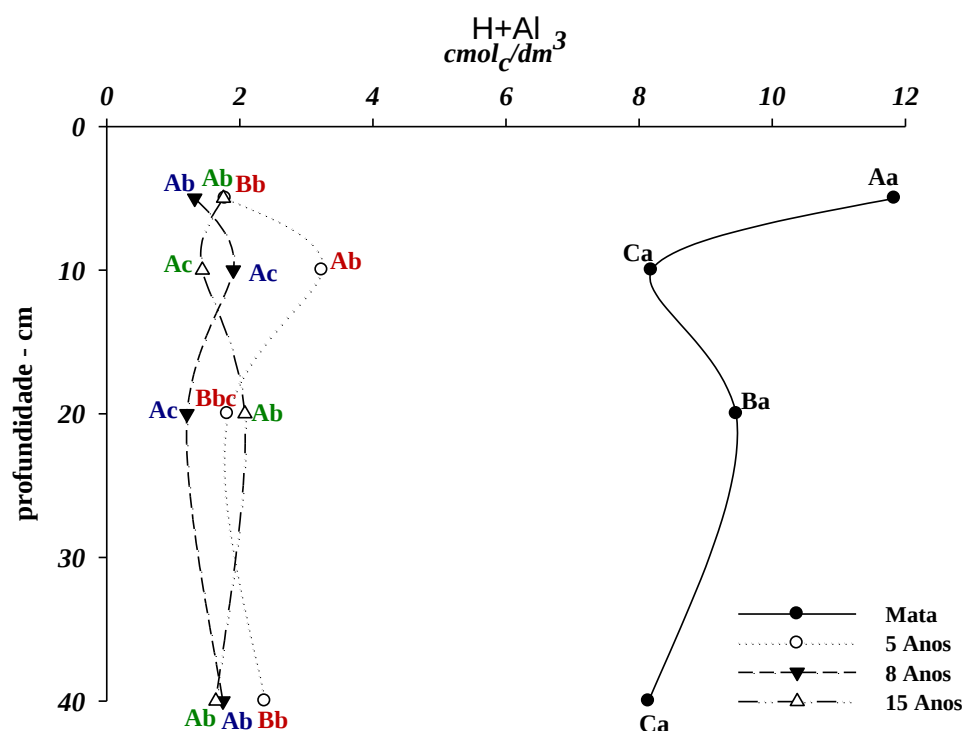


Figura 1.13: Valores da acidez potencial ($H+Al$) do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a acidez potencial ($H+Al$) do solo, pode-se observar que não ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) quanto as posições no relevo (TI, TM e TS). Desta forma, avaliou-se apenas as interações entre profundidade e as áreas estudadas (mata e cultivo).

Pela Figura 1.13 pode-se observar que ocorreu diferença significativa na AC5 e na MT quando avaliada toda a profundidade (0,0-0,40 m). Quanto as diferenças entre às camadas observa-se que ocorreu diferença significativa entre a MT e as demais áreas de estudo, em todas as camadas. Já avaliando apenas as camadas de cultivos, observa-se que só ocorreu diferença significativa entre elas nas camadas de 0,0-0,5 m e de 0,20-0,40 m.

As áreas estudadas apresentaram valores condizentes de $H+Al$, corroborados, pelos valores de pH observados na Figura 1.6. Os valores para este atributo variaram entre 1,19 e 3,23 $cmol_c dm^{-3}$, nas profundidades 0,10-0,20 m e 0,05-0,10 m das AC8 e AC5 respectivamente. De acordo com a classificação de Ribeiro (1999), nas áreas sob cultivo, estes valores estão entre os níveis de baixo a médio.

Quanto avaliado, separadamente, o teor de Al do solo apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) quanto a posição no relevo. A Figura 1.14 apresenta as interações de Al com a posição no relevo e área cultivada.

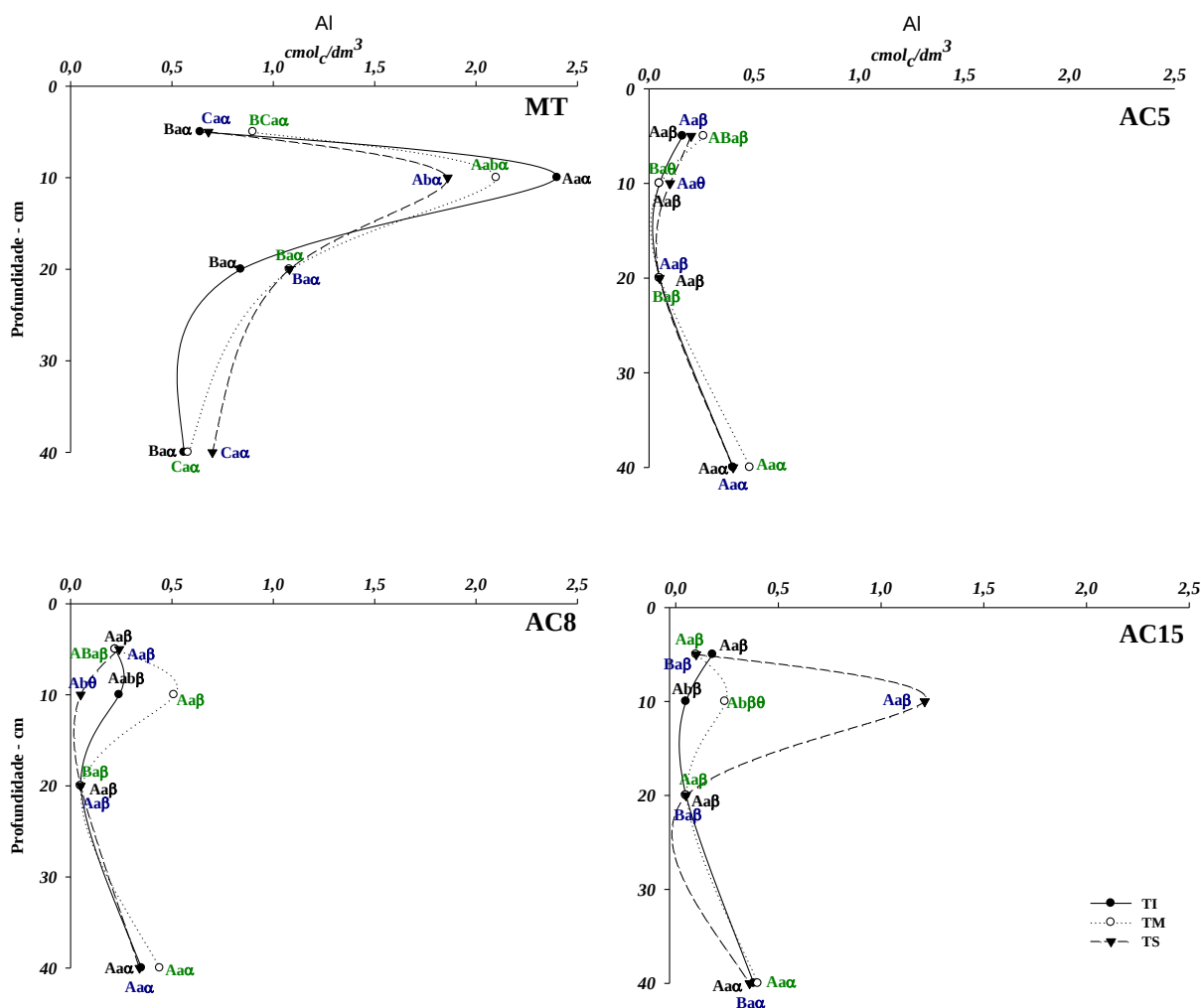


Figura 1.14: Valores de Alumínio (Al^{+3}) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A-Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C- Área cultivada a 8 anos; D- Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se observar pela Figura 1.14 que quando analisado o parâmetro profundidade ocorreu apenas diferenças significativas no TM para as AC5 e AC8 e para TS na AC15. Quando analisados as camadas observou-se uma diferença significativa nos teores de Al trocável na camada 0,05-0,10 m para a área AC5. Já quando verificados a posição no relevo, observou-se uma diferença significativa em todas as áreas de cultivo para a camada 0,05-0,10 m.

Para o elemento Al, as áreas cultivadas apresentaram teores classificados em sua maioria como muito baixo e baixo, com exceção da profundidade 0,05-0,10 m no TM e TS das AC8 e AC15, classificados como médio e alta respectivamente.

A MT apresentou os maiores níveis, diferenciando estatisticamente das ACs, com valores considerados muito alto, para a profundidade de 0,05-0,10 m. De acordo com Souza *et al.* (2007), o Al é totalmente precipitado quando o pH do solo atinge valores em torno de 5,5. Esta afirmação corrobora os menores valores encontrados nas ACs, justificados pelo incremento do pH nessas áreas (ver Figura 1.6).

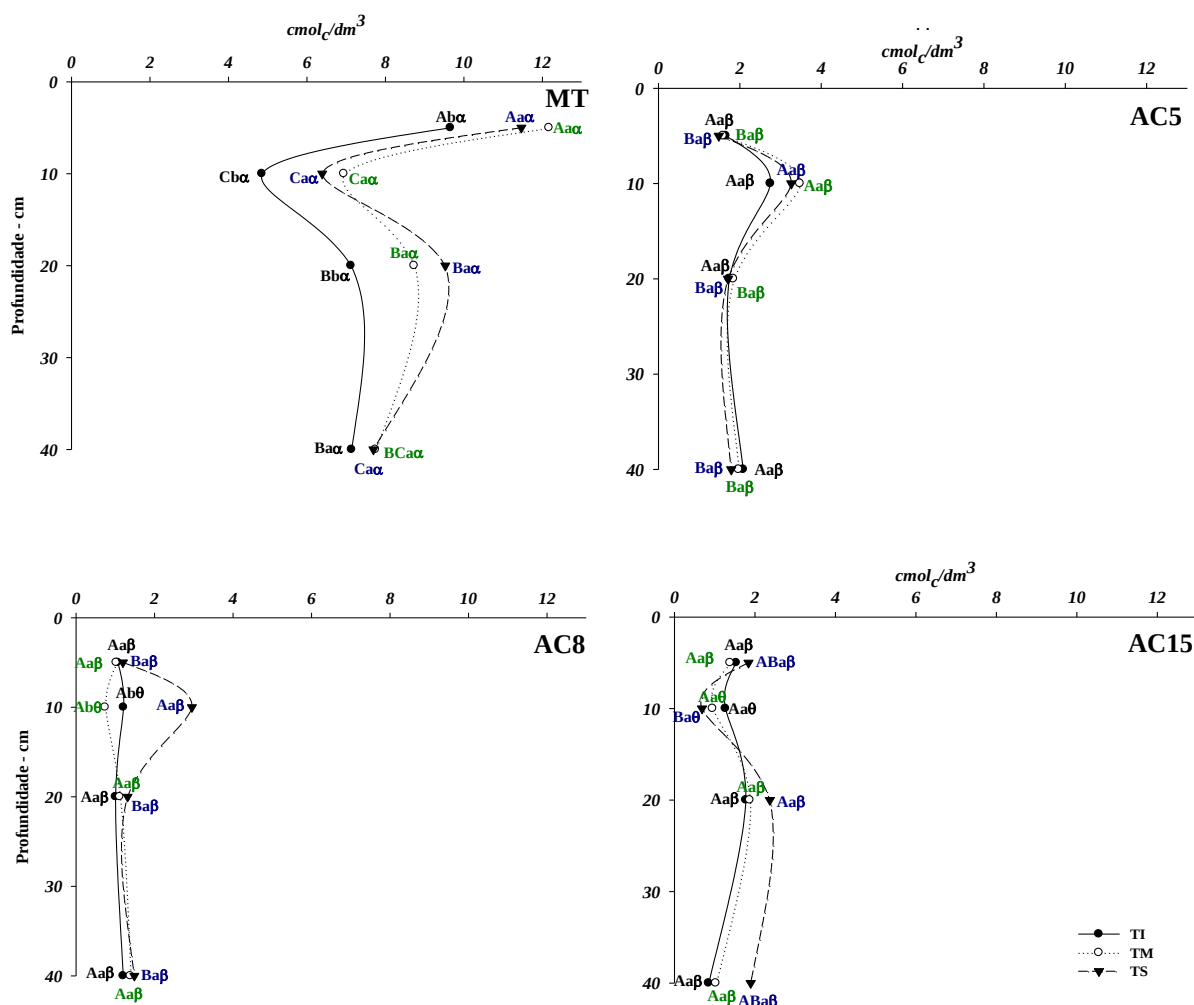


Figura 1.15: Valores de Hidrogênio (H^+) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A-Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C- Área cultivada a 8 anos; D- Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Avaliando a acidez ativa H^+ (figura 1.15), todas as ACs mostraram comportamento semelhante nas três porções no relevo em profundidade, assim sendo,

diferindo estatisticamente da MT que apresentou valores mais elevados. Entre as ACs apenas a segunda profundidade (0,05-0,10 m) apresentou diferença estatística, em relação as demais, semelhante ao ocorrido com elemento Al.

Saturação por Alumínio (m%)

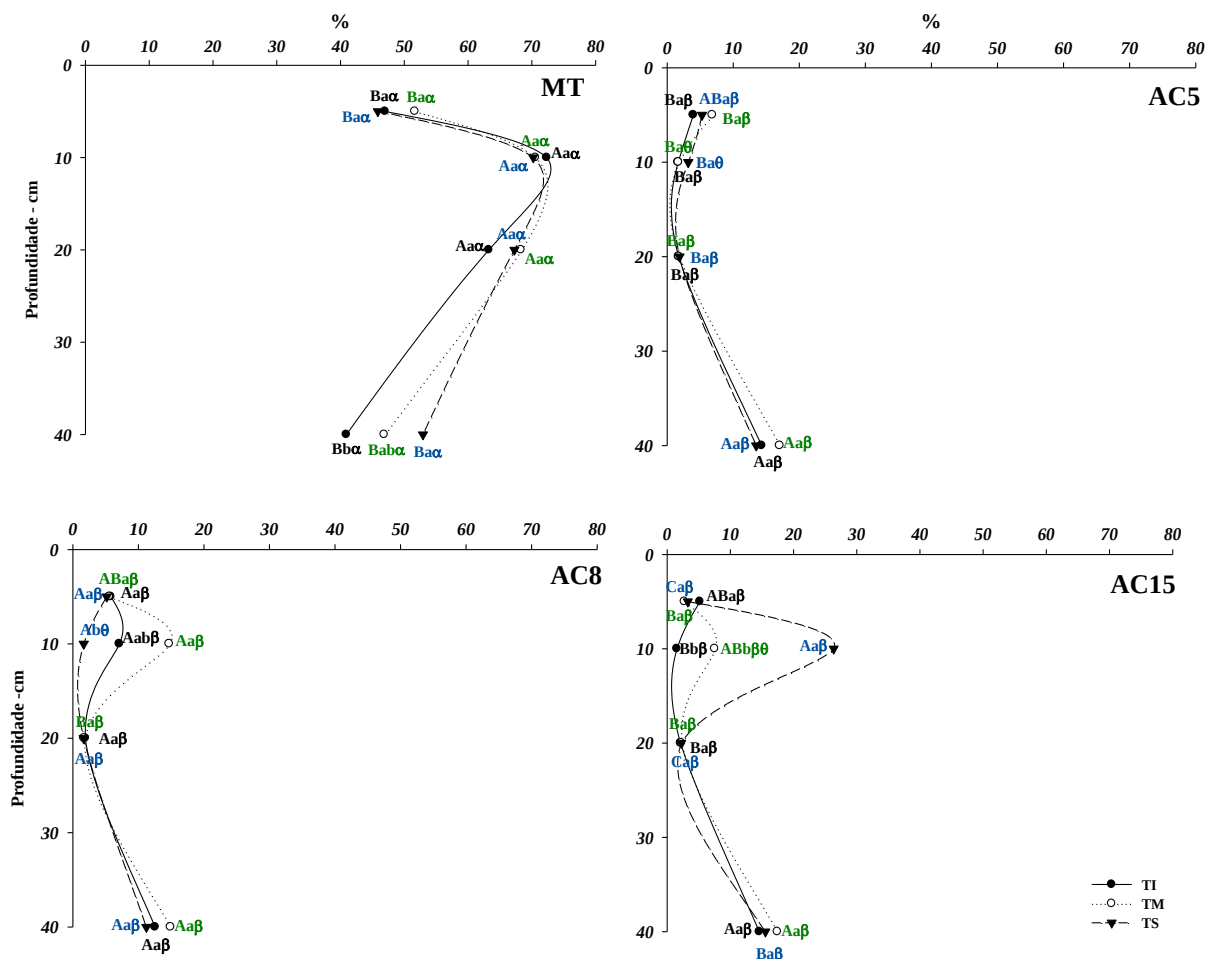


Figura 1.16: Valores da Saturação por Alumínio (m%) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A - Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C - Área cultivada a 8 anos; D - Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a saturação por alumínio (m%), os valores apresentaram-se entre os níveis muito baixo a alto de acordo com Ribeiro *et al.* (1999). As camadas amostradas não diferiram estatisticamente entre si, dentro de cada área. Entretanto, apresentaram significância entre elas, principalmente na camada de 0,05-0,10 m. As AC5, AC8 e 15 apresentaram as melhores médias, tendo a camada 0,05-0,10 m apresentado maior média (26,3%) classificado como baixo. O que pode ser justificado através dos valores

encontrados para pH, no qual pode-se atribuir a redução do Al^{+3} . Em relação a MT seus valores para esta variável estão enquadrados como médio a alto, com maior média correspondendo a 72,3%.

Capacidade de Troca Catiônica – CTC

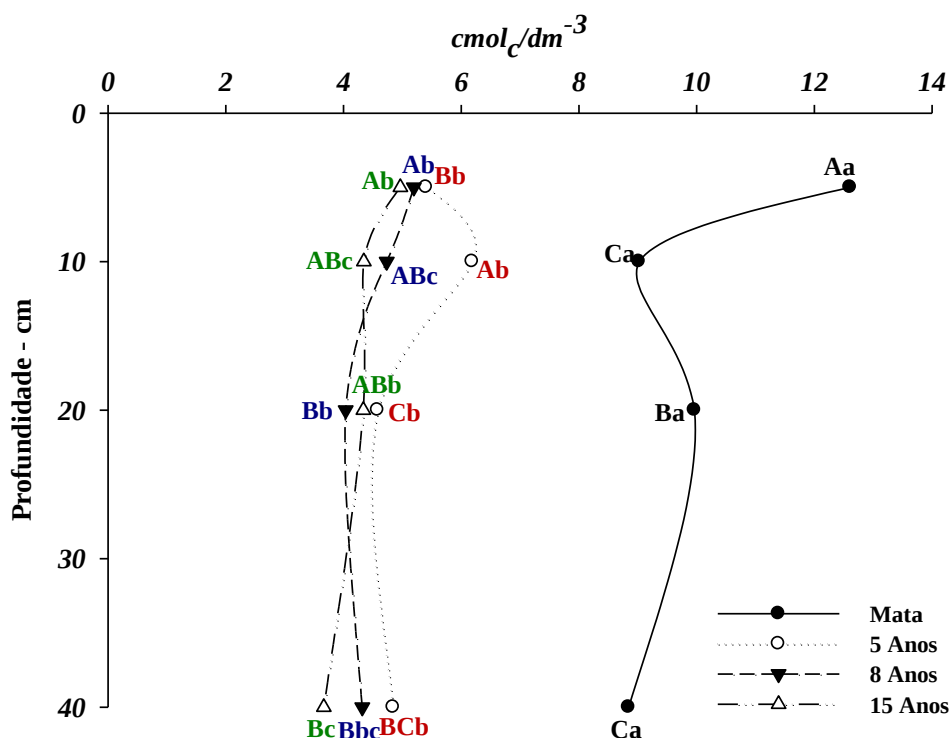


Figura 1.17: Valores da Capacidade de Troca Catiônica a pH7 (CTC-T) do solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Para capacidade de troca catiônica à pH 7 – CTC (T), não ocorreu variação significativa ($p < 0,05$) quanto a posição do relevo, sendo avaliadas apenas por profundidade e áreas estudadas (figura 1.17). A CTC apresentou-se em níveis variando de baixo a bom (RIBEIRO *et al.* 1999). O maior valor observado ocorreu na área MT ($12,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e o menor ($3,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) correspondendo a AC15, foram observados nas profundidades 0,0-0,05 e 0,20-0,40 m, respectivamente.

A área MT mostrou-se com os maiores valores para este atributo diferindo estatisticamente das demais, enquadrando todos os valores na faixa de bom. Estes altos valores podem ser atribuídos aos elevados valores da matéria orgânica (Figura 1.12),

também observado por Silva *et al.* (2015) onde os maiores teores de matéria orgânica observados nos solos foram acompanhados de maiores valores de CTC. Do ponto de vista químico o teor de matéria orgânica está estreitamente relacionado a CTC do solo (BILIBIO *et al.* 2010), apresentando, geralmente, maior participação no valor da CTC total (NOVAIS e MELLO, 2007).

As áreas sob ação antrópica (5, 8 e 15) apresentaram valores em sua maioria classificados em níveis médios, exceto para as profundidades 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m na AC8 e a 0,20-0,40 m na AC15, sendo considerados baixos. Nestas áreas ocorreu significância estatística nas profundidades (0,05-0,10 m e 0,20-0,40 m). Estes incrementos na CTC foram influenciados pela acidez potencial.

Na Figura 1.18 são apresentados os valores da análise para o atributo capacidade de troca catiônica efetiva CTC (t).

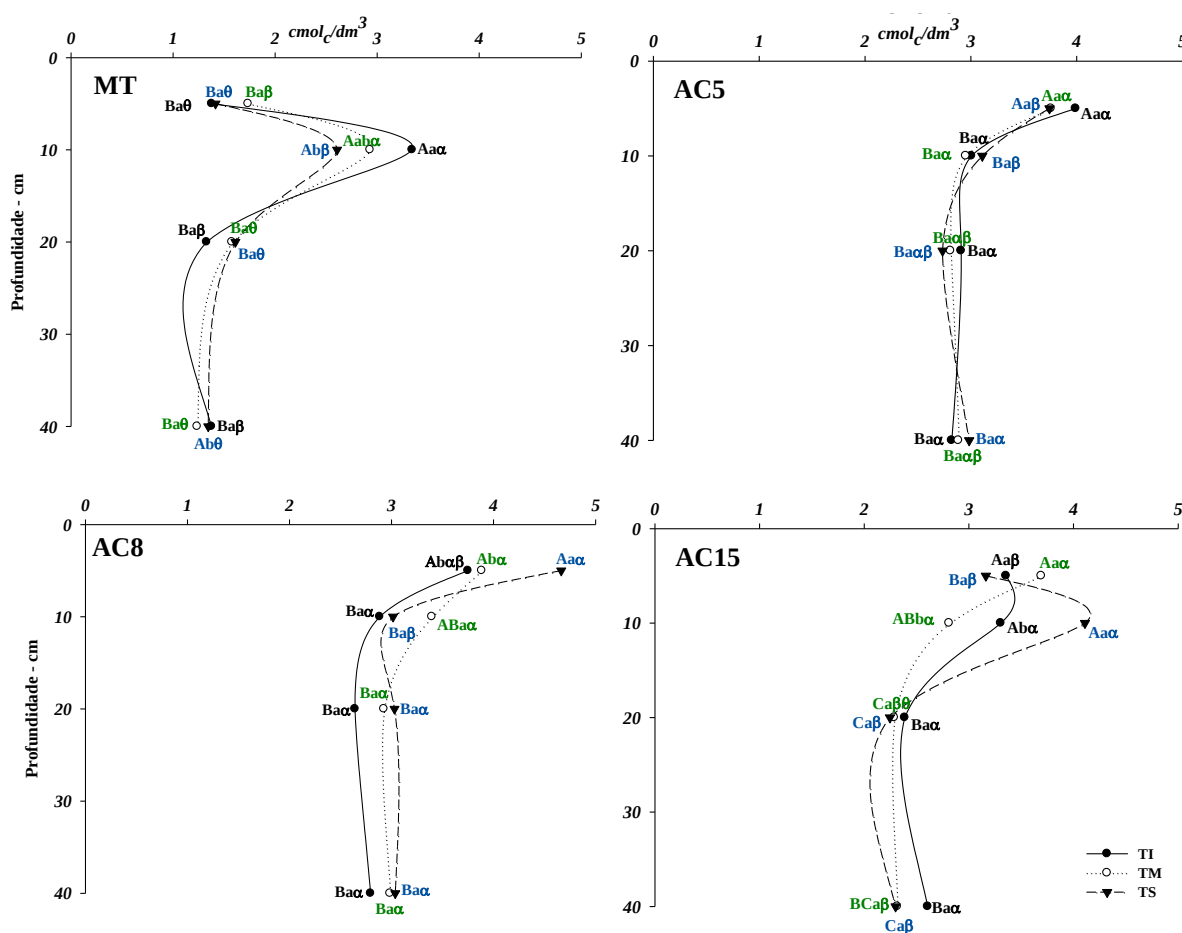


Figura 1.18: Valores da Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTC-t) no solo em profundidade, obtidos nas áreas do estudo.

A - Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C - Área cultivada a 8 anos; D - Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se observar pela Figura 1.18 que a CTC (t) mostrou-se com maiores valores nos solos sob cultivo da Videira Isabel quando comparados a área de mata. Os valores para CTC efetiva mostraram-se em nível médio para as ACs (2,31 a 4,60 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) exceto nos TM (0,10-0,20 m) e TS (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m) com valores baixos, e sem apresentar diferenças significativas. Para a MT o nível baixo (0,81 a 2,30 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) predominou entre as profundidades avaliadas, exceto a 0,05-0,10 m que se enquadrou em níveis médios (RIBEIRO *et al.* 1999).

Soma de Bases (SB)

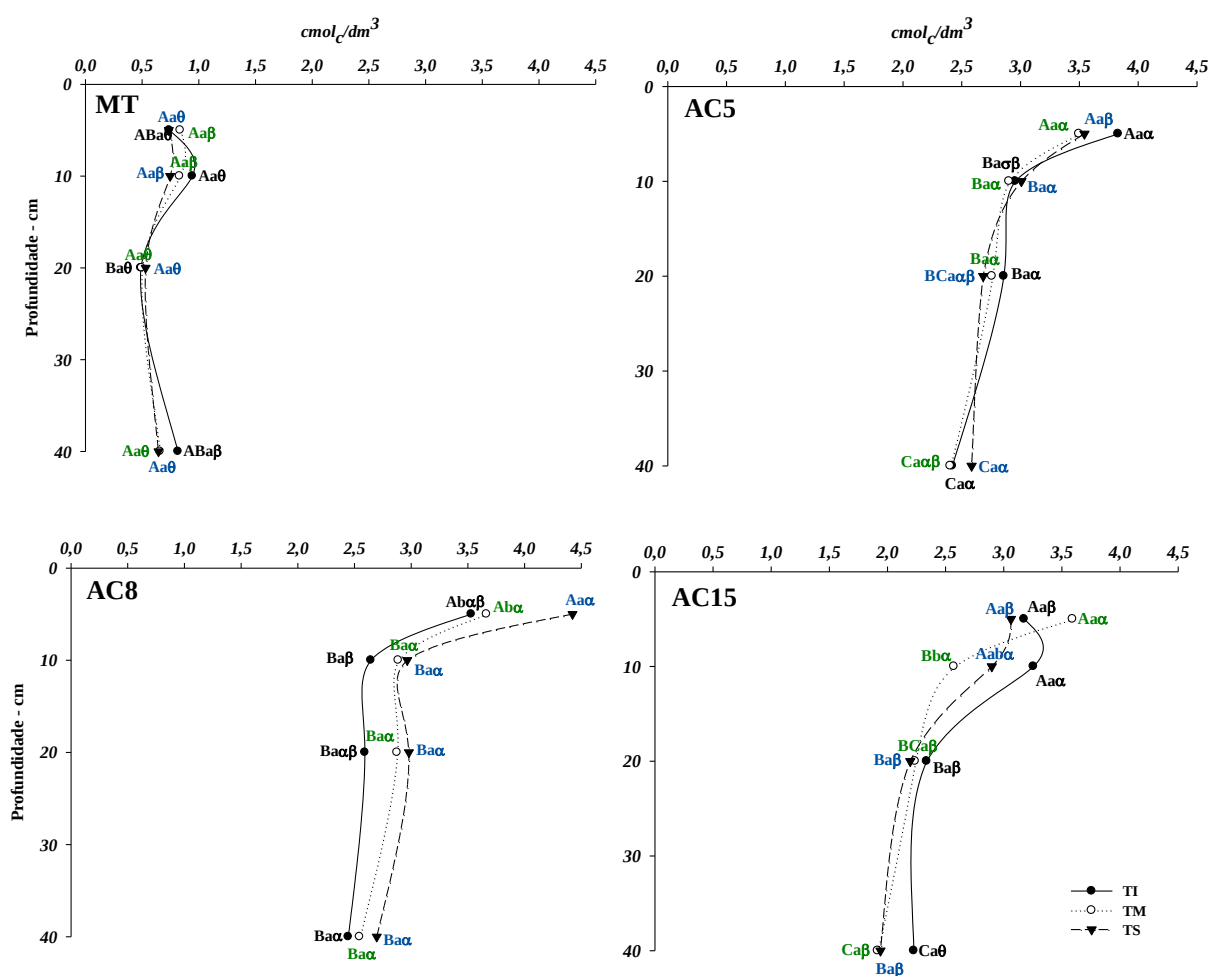


Figura 1.19: Valores da Soma de Bases (SB) no solo em profundidade.

A - Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C - Área cultivada a 8 anos; D - Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se observar pela Figura 1.19, quando analisado o atributo (SB), que a área de referência MT apresentou os menores valores sendo considerados baixos e muito baixo

(RIBEIRO *et al.*, 1999), com maior valor (0,94) na profundidade 0,05-0,10 m no TI. Fica evidente a diferença significativa entre as áreas estudadas quanto a PR, como por exemplo comparando as posições TI nas AC5, AC8 e AC15 (Aaα, Abαβ e Aaβ, respectivamente).

As AC's apresentaram-se com maiores valores para a SB, com classificação entre médio e bom (RIBEIRO *et al.*, 1999), sendo o maior valor (4,42) observado na AC8 no TS e o menor (1,92) na AC15, nas profundidades 0,0-0,05 m e 0,20-0,40 m. Esses valores podem ser atribuídos à prática da calagem que proporcionou incrementos nos valores da soma de bases (SB). Observa-se que ocorreu uma diferença significativa relevante quando avaliada o parâmetro profundidade, sendo a camada superficial (0,0-0,05 m) a que apresentou os maiores valores, exceto na MT que não sofreu interferência humana.

Percentagem de Saturação por Bases (V)

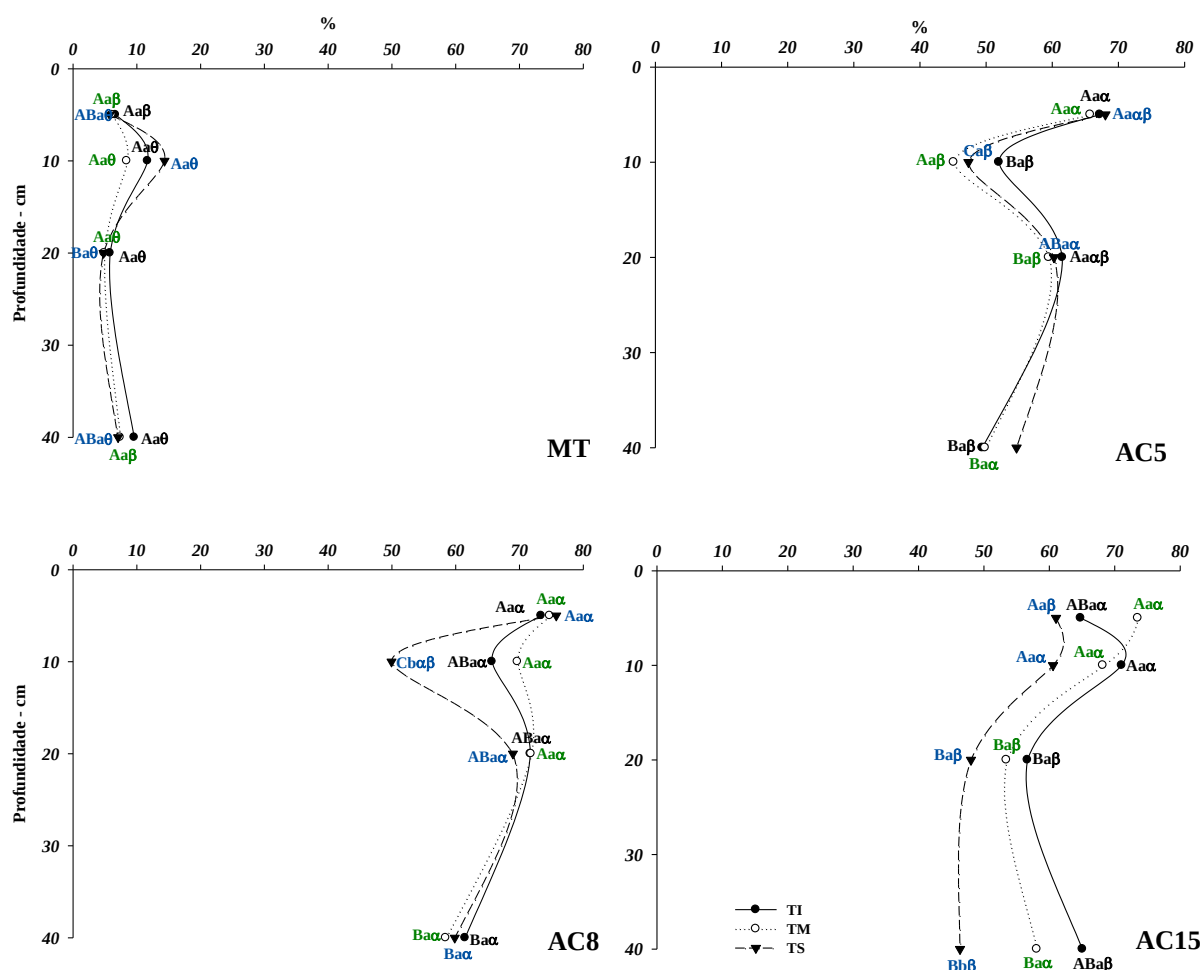


Figura 1.20: Valores da Saturação por Bases (V) no solo em profundidade.

A - Área de Mata; B - Área cultivada a 5 anos; C - Área cultivada a 8 anos; D - Área cultivada a 15 anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Avaliando a saturação por bases (V), pode-se observar que as áreas sob ação antrópica apresentaram resultados na faixa entre médio a bom de acordo com a classificação apresentada por Ribeiro *et al.* (1999). A profundidade 0-0,05 m apresentou melhor faixa, considerada bom, sendo o maior valor (75,77%) na área 8. As profundidades 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m, apresentaram uma amplitude variando de média a bom, enquanto as AC5 e AC15 foram as que apresentaram os menores valores médio, com flutuação entre 45,10 % e 59,86%, respectivamente.

Esses altos valores na saturação por bases podem ser atribuídos aos bons níveis para o elemento Ca (ver Figura 1.10A). Este resultado é corroborado pelo trabalho de Silva Junior *et al.* (2012), onde observou que a aplicação do calcário proporcionou aumentos nos valores da soma de bases (SB), principalmente pelo cálcio adicionado.

Avaliando a profundidade 0,20-0,40 m observou-se que os valores se enquadram na faixa de médios dentre as áreas antropizadas, com valores entre 46,35 a 65,07%, caracterizados em sua maioria como eutróficos (RIBEIRO *et al.*, 1999). A MT diferiu das demais áreas apresentando valores inferiores, que se encontram na faixa considerada muito baixo.

Menores valores encontrados podem ser relacionados aos valores elevados da CTC, que reduziram os valores de V%, onde os valores da CTC foram influenciados pela acidez potencial nestes solos, confirmado pelos valores de SB (SILVA JUNIOR *et al.* 2012).

Observa-se, ainda, pela Figura 1.20, que todas as ACs apresentaram significância relativa para profundidade em relação a área de referência MT, apresentando valores numéricos bem discrepantes. Pode-se observar que as profundidades analisadas não apresentaram diferenças estatísticas dentro de cada área de estudo. Desta forma, a declividade não proporciona interferência neste atributo, onde alterações constatadas podem ser atribuídas a práticas de manejo adotadas pelo homem.

CONCLUSÕES

O manejo empregado e uso do solo provocou alteração nos atributos químicos do solo com o avançar dos anos;

Os anos sob interferência antrópica não proporcionaram incrementos de forma positiva no teor de matéria orgânica, reduzindo-os com o passar dos anos.

O processo de calagem e de adubação proporcionou incrementos aos atributos químicos, desde interferência no pH dos solos, tornando-os mais alcalinos, teores mais elevados de fósforo e potássio em camadas mais superficiais.

Os quantitativos superiores nas AC's para os nutrientes cálcio e magnésio que foram disponibilizados pelo calcário pela prática de correção do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2012 - **ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/102361901/agrianual-2012>>. Acesso em 15 de Jun de 2016.

AMORIM, J.R.A.; CRUZ, M.A.S.; RESENDE, R. S.; BASSOI, L. H.; SILVA FILHO, J. **G. Espacialização da Porcentagem de Sódio Trocável do Solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe.** – Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 17 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 61). Disponível em < http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/bp_61.pdf > acesso em 03 de Jul. de 2016.

APAC - **Agência Pernambucana de Águas e Clima.** “Monitoramento Pluviométrico”, 2015. Disponível em: < <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php> >. Acesso em, 27 de Jul. de 2015.

BILIBIO, W. D. et al. Atributos físicos e químicos de um Latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 817-822, 2010.

CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FERREIRA, R.L.C.; FREIRE, F.J.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; MELO, D.V.M. Atributos Químicos de Solos Sob Diferentes Usos em Perímetro Irrigado no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 305-314, 2009b.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São Vicente Férrer**, Estado de Pernambuco/Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16870/Rel_S%C3%A3o%20Vicente%20Ferrer.pdf?sequence=1> Acesso em: 30 de Nov. de 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA SOLOS, **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**, Embrapa, 2000. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>>. Acesso em, 10 de Out. de 2014.

EMBRAPA SOLOS, **Manual de métodos de análise de solo**. 2.^a ed. Rio de Janeiro, centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997.

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

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, “Estimativas de População”, 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em, 13 de Jun. de 2016.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, “Produção Agrícola Municipal”, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em, 10 de Jun. de 2016.

LIMA JR, M.A.; LIMA, J.F.W.F. **Solos Ácidos e Calagem** In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA. Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2^a aproximação. 3.ed. Recife, IPA, 2008. 212p.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. **Relação Solo-Planta**. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. cap.16, p.133-204

POTAFOS-INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Tradução e adaptação: Alfredo Scheid Lopes. 2. ed. rev. ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** - 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.

ROBERTO, S. R. Técnicas de cultivo de uvas de mesa em zonas no-templadas, em Brasil. **Agrícola Vergel**, Valencia, n.219, p.151-157, 2000.

SILVA JUNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos Químicos do Solo Sob Conversão de Floresta Amazônica para Diferentes Sistemas na Região Norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 566-572, Jul/Aug. 2012.

SILVA, G.F; SANTOS, D; SILVA, A.P; SOUZA, J.M. Indicadores de Qualidade do Solo Sob Diferentes Sistemas de Uso na Mesorregião do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25 – 35. 2015.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do Solo e sua Correção** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.203-274.

Capítulo II

ATRIBUTOS MINERALÓGICOS E MICROESTRUTURAIS DO SOLO SOB SISTEMA DE CULTIVO DA UVA ISABEL (*Vitis labrusca* L.) NO AGRESTE PERNAMBUCANO

RESUMO

LIRA, ELDER CUNHA DE. **Atributos Mineralógicos e Microestruturais do Solo Sob Sistema de Cultivo da Uva Isabel (*Vitis labrusca* L.) no Agreste Pernambucano.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Dezembro de 2016. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

As características químicas dos solos influenciam no comportamento e desenvolvimento das plantas, sendo a disponibilidade de nutrientes a característica que mais tem influencia. A videira é uma cultura que se adapta bem em vários tipos de solos, sendo que seu desempenho produtivo é melhor naqueles com boa capacidade de suprimento de nutrientes, sendo este depende tanto das características mineralógica quanto da taxa de liberação destes para a solução do solo. Fazendo-se necessário, o conhecimento e a compreensão da composição e da dinâmica dos processos internos do solo visto que, a relação solo-planta também, pode sofrer influências das propriedades mineralógicas e microestruturais. Neste trabalho objetivou-se realizar a caracterização química de óxidos totais, mineralógica e microestrutural de um Argissolo Vermelho Amarelo, sob cultivo da Videira Isabel (*Vitis Labrusca* L.). O trabalho foi realizado no município de São Vicente Férrer – PE, a classe de solo predominante na área é do Argissolo Vermelho-Amarelo. A pesquisa foi desenvolvida em três pomares comerciais distintos de uva Isabel com idades aproximadas de 5, 8 e 15 anos além de uma área de Mata Nativa, considerada como testemunha. As áreas foram divididas em sub-parcelas (Terço Superior (TS), Terço Médio (TM), Terço Inferior (TI)). Perfazendo 6 amostras por áreas. As amostras foram submetidas às análises espectroscópicas de caracterizações química, mineralógica e microestruturais, por Fluorescência de Raio-x, Difração de Raio-x e Espectroscopia de Infravermelho, respectivamente. Os resultados da pesquisa evidenciaram, em termos mineralógicos, que os solos estudados apresentam baixa reserva mineral, onde a AC15 anos foi a que apresentou os melhores resultados em termos de disponibilidade de minerais primários e expansíveis. Verificou-se, ainda, a necessidade de reposição adequada de nutrientes exportados para uma perfeita manutenção da área, sob pena da perda da sustentabilidade em ciclos sucessivos de colheitas. Foram observados ainda que de modo geral, os solos apresentaram baixa capacidade de drenagem enfatizados pela presença do mineral goetita. Os resultados observados pela espectroscopia de infravermelho destacaram que os solos apresentam teores representativos de caulinita e baixo aporte de matéria orgânica (MO) e substâncias húmicas do solo. Estes resultados reforçam a importância do mapeamento e classificação dos solos nas áreas de cultivo como ferramenta importante para o manejo florestal, fornecendo subsídios para os programas de fertilização e prognose do potencial produtivo.

Palavras-chaves: mineralogia do solo, reserva do solo, nutrição.

ABSTRACT

LIRA, ELDER CUNHA DE. **Mineralogical and Microstructural Attributes of Soil Under Grape Growing System (*Vitis labrusca* L.) in Agreste Pernambucano.** Areia - PB, Center for Agrarian Sciences, UFPB, December 2016. Thesis. Graduate Program in Soil Science. Advisor: Prof^a. Dr^a. Kelly Cristiane Gomes da Silva.

The chemical characteristics of the soils influences the behavior and development of plants, where the most influential characteristic is the availability of nutrients. The vine is a crop that adapts well to various types of soils, and its productive performance is better in those with a good nutrient supply. These type of soils depends on both the mineralogical characteristics and the release rate these nutrients to the soil solution. The knowledge and understanding of the composition and the dynamics of the internal processes of the soil are necessary since the soil-plant relationship can also be influenced by mineralogical and microstructural properties. In this work, the chemical characterization of total oxides, mineralogical and microstructural of a Yellow Red Argisol under the cultivation of the Isabel vine (*Vitis Labrusca* L.) was studied. The work was carried out in the city of São Vicente Férrer – PE where the predominant soil class in the area is the Red-Yellow Argisol. The research was carried out in three distinct commercial orchards of Isabel grape with approximate ages of 5, 8 and 15 years plus a native forest area, considered as a witness. The areas were divided into subplots (Upper Third (UT), Middle Third (MT), Lower Third (LT)), making 6 samples per area. The samples were submitted to spectroscopic analysis of chemical, mineralogical and microstructural characterizations, by X-ray Fluorescence, X-ray Diffraction and Infrared Spectroscopy, respectively. The results of the research showed, in mineralogical terms, that the studied soils present low mineral reserves, where AC15 years was the one that presented the best results in terms of the availability of primary and expandable minerals. It was also verified the need for adequate replacement of exported nutrients for a perfect maintenance of the area, under penalty of losing sustainability in successive cycles of harvests. It was also observed that, in general, the soils showed low drainage capacity was emphasized by the presence of the goethite mineral. The results obtained through the infrared spectroscopy analysis showed that the soils present representative levels of kaolinite and low organic matter (OM) and humic substances of the soil. These results reinforce the importance of soil mapping and classification in cropping areas as an important tool for forest management, providing subsidies for fertilization programs and the prognosis of productive potential.

Keywords: soil mineralogy, soil reserve, nutrition.

INTRODUÇÃO

As características químicas dos solos influenciam no comportamento e desenvolvimento das plantas, sendo a disponibilidade de nutrientes a característica que mais tem influencia. As videiras assim como as demais plantas necessitam de todos os elementos minerais para o seu desenvolvimento, apresentando maiores exigência para determinados nutrientes. De acordo com Silva (2012) os nutrientes que são extraídos em maiores quantidades do solo pela cultura da videira quando se trata dos macronutrientes são: Potássio (K), Nitrogênio (N) e Cálcio (Ca).

A videira é uma cultura que se adapta bem em vários tipos de solos, sendo que seu desempenho produtivo é melhor naqueles com boa capacidade de suprimento de nutrientes. O suprimento de nutrientes para as plantas depende tanto das características mineralógicas (quantidade, espécie mineral e fração granulométrica em que estes nutrientes se encontram), quanto da taxa de liberação destes para a solução do solo (CASTRO, 2006).

O potencial para a liberação de nutrientes é proporcional à quantidade de minerais, fontes de nutrientes e à capacidade das plantas em reduzir a concentração destes nutrientes na solução do solo, provocando sua liberação dos minerais, o que ocorre, principalmente, na rizosfera (Moreira & Siqueira, 2002). O estudo da reserva e liberação de nutrientes no solo é de importância fundamental, principalmente para cultivos de ciclo longo.

No Agreste pernambucano, atividade econômica que está recebendo destaque é a agricultura voltada principalmente para viticultura, com área cultivada de 500 (IBGE, 2014). Mais precisamente localizada na região de São Vicente Férrer. Neste município as classes de solo predominante em ordem decrescente são: Argissolos Vermelhos-Amarelo, seguida dos Argissolos Vermelho-Escuro, Argissolos Amarelos, Latossolos Amarelos, Gleissolos e Luvisolos com proporções bem semelhantes (EMBRAPA, 2000). A região caracteriza-se por apresentar um relevo ondulado a forte-ondulado, o que proporciona algumas limitações aos solos da região (FARIA, 2007). Nessa situação, é imprescindível a utilização intensiva de práticas de conservação do solo para evitar perdas de fertilizantes e de corretivos por erosão.

Nesta área, o manejo aplicado às áreas cultivadas vem ocasionando um desequilíbrio no ecossistema provocado pela exposição do solo, ocasionando alterações acumulativas às condições ambientais, e assim influenciando os processos físicos, químicos e biológicos do mesmo, modificando suas características e, muitas vezes, propiciando sua degradação (SANTOS, 2007).

Embora, as técnicas de cultivo, não provoquem interferências drásticas na característica intrínsecas do solo, como é o caso dos alguns atributos mineralógicos que, em geral, são alterados ao longo do tempo pela ação dos fatores de formação. Contudo, os óxidos de ferro, comuns em solos e sedimentos, compreendem vários minerais que têm sua formação influenciada pelas condições do ambiente. (KAMPF e CURI, 2000; COSTA e BIGHAM, 2009). Este fato amplia a utilidade diagnóstica dos óxidos como mineral indicador de mudanças ambientais (KAMPF e CURI, 2000). Desta forma, o manejo pode acarretar mudanças mineralógicas, oriundas de transformações dos óxidos, que dependendo do tipo de solo podem ser mais intensificadas ao passar dos anos (COSTA e BIGHAM, 2009; KAMPF e CURI, 2000).

Desta forma, se faz necessário, o conhecimento e a compreensão da composição e da dinâmica dos processos internos do solo visto que, a relação solo-planta, também, pode sofrer influências das propriedades mineralógicas e microestruturais do mesmo.

Diversos pesquisadores têm demonstrado expressiva contribuição da reserva de nutriente do solo. Na nutrição mineral e no crescimento e, no desenvolvimento das plantas. A caracterização mineralógica das frações do solo pode auxiliar na avaliação da cinética de liberação e da contribuição de formas não trocáveis e estruturais na absorção dos nutrientes pela cultura, e desta forma, influenciam na produção agrícola, sobretudo na economia de fertilizantes e no cultivo de plantas em estado nutricional (MELO, 2009).

Nas últimas décadas surgiram técnicas de caracterização utilizadas para determinar e quantificar elementos, que podem de forma prática ser aplicados a ciência do solo, com crescente aplicação na identificação química, mineralógica e microestrutural de solos, rochas, sem nenhum pré-tratamento químico e podendo atingir limites de detecção da ordem de 1 a 20 ppm (WASTOWSKI *et al.*, 2010).

Desta forma, pode-se destacar dentre estas técnicas a Fluorescência de Raios X (FRX); a Difração de Raios X (DRX); a Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR); as Análises Térmicas Diferencial (DTA), Termogravimétrica (TG), e Calorimetria (DCS); a Microscopia Óptica (MO) e a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV); entre várias outras técnicas de caracterização.

A FRX é utilizada por ser um dos métodos instrumentais rotineiros empregados nas análises dos teores elementares e de óxidos totais em rochas, cimentos, dentre outros (MORI *et al.*, 1999), e permitir determinar o teor de elementos numa amostra, utilizando as intensidades de raios-x característicos emitidos, possibilitando a detecção simultânea de elementos.

A DRX é uma técnica de grande versatilidade e rapidez na aplicação de amostras policristalinas, com resultados que contribuem, como por exemplo, para o monitoramento de amostras em laboratório, no controle de qualidade industrial e identificação mineralógica em solos e rochas, de forma qualitativa (WEIDLER *et al.*, 1998; ESTEVE *et al.*, 2000; ALBERS *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2003).

O FTIR, Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier é uma técnica obtida, geralmente, pela passagem da radiação através da amostra e pela determinação da radiação incidente absorvida. A energia de cada pico num espectro de absorção corresponderá à frequência de vibração de parte da molécula da amostra, sendo este o método mais utilizado. A elevada sensibilidade e resolução, como a rapidez de registo apresentam-se como as grandes vantagens do FTIR (LEITE, 2008), em especial para o estudo de solos, com ênfase para observação das substâncias húmicas.

No monitoramento ambiental e de áreas agricultáveis, o uso de espectroscopia de infravermelho é aplicado a estudos de análises químicas estruturais, orgânicas e inorgânicas, identificando grupos carboxilas, hidroxilas, aminas, amidas, estruturas alifáticas e aromáticas, silicatos e óxidos-hidróxidos metálicos, além das avaliações sobre as substâncias húmicas dos solos (GUIMARÃES, 2006).

Neste trabalho objetivou-se realizar a caracterização química de óxidos totais, mineralógica e microestrutural de um Argissolo Vermelho Amarelo, sob cultivo da Videira Isabel (*Vitis Labrusca* L.).

MATERIAL E METODO

Localização Geográfica e Área Experimental

O trabalho foi realizado nas Fazendas Fortaleza e Quatís, localizada no município de São Vicente Férrer – PE, Latitude 07° 35' 28" S e Longitude 35° 29' 29" W, no Estado de Pernambuco. A área de estudo apresenta clima do tipo As' quente e úmido (classificação de Köppen) com chuvas de outono-inverno e com temperatura média anual aproximada entre 23 °C e 24 °C com precipitação de aproximadamente 1.200 mm, de acordo com a Agência Pernambucana de Água e Clima – APAC. A classe de solo predominante na área é de um Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006), estando inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana (CPRM, 2005).

Pode-se observar pela Figura 2.1 a vista área por imagem de satélite das áreas em estudo nesta pesquisa.



Figura 2.1: Visão aérea das áreas estudadas. Fonte: Adaptado do Google Earth (2016)

Na área de estudo durante o ciclo da cultura são empregados tratamentos culturais com adubação química de NPK utilização de fórmula mista comercial (15-07-32), sempre 15 (quinze) dias antes da etapa de poda, conforme observação *in loco*. A adubação é feita dispondo o fertilizante em meia lua sobre o solo na parte superior do colo da planta de acordo com o declive. Uma vez ao ano é empregado o uso de matéria orgânica através da aplicação de esterco de ave, bovino ou torta de filtro.

Durante os períodos de seca a irrigação é realizada por sistema de microaspersão com o objetivo de manter a cultura com disponibilidade de umidade suficiente para o seu desenvolvimento. A limpeza da área é realizada por meio de capinas manuais e/ou utilização de herbicidas, onde o controle de pragas é realizado com aplicação de defensivos.

A área apresenta um histórico de utilização anterior baseado na cultura da cana de açúcar e bananeira (AC5 e AC15) e de cana de açúcar, bananeira e aceroleira, sucessivamente na AC8, ambas em caráter de monocultivo (informação obtida com o proprietário das áreas).

A pesquisa foi desenvolvida em três pomares comerciais distintos de uva Isabel (*Vitis labrusca L.*) na Fazenda Fortaleza com idades aproximadas de 5 (cinco) – AC5, 8 (oito) – AC8 e 15 (quinze) anos – AC15, além de uma área de Mata Nativa – MT, considerada como testemunha, localizada na Fazenda Quatús.

Coleta de Solo

Em cada pomar delimitou-se uma área amostral de 3.000 m², as diferentes áreas foram divididas em 3 (três) sub-parcelas (Terço Superior (TS), Terço Médio (TM), Terço Inferior (TI)), com 1.000 m² cada. A amostragem do solo ocorreu em 1 (uma) mini trincheira por sub-parcela em duas profundidades, a primeira 0,0-0,20 m, a segunda, em sequência a primeira, até a profundidade de 0, 40 m, perfazendo 6 amostras por áreas.

Análises Espectroscópicas: Difração de Raio X (DRX), Fluorescência de Raio-X (FRX) e Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras de solo coletadas e utilizadas para as análises espectroscópicas foram utilizadas nas condições naturais (TSFA) e passaram por uma separação de suas frações areia, silte e argila, de acordo a EMBRAPA (1997). As técnicas espectroscópicas de análises química (FRX), mineralógica (DRX) e microestrutural (FTIR) foram utilizadas para a caracterização das amostras dos solos cultivados. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Tecnologia de Novos Materiais (TECNOM), de Solidificação Rápida (LSR) e de Combustíveis e Materiais (LACOM) localizados no Campus I - UFPB (João Pessoa).

A análise química foi realizada no equipamento Sequential X-Ray Fluorescence Spectrometer, modelo XRF-1800 da Shimadzu, com material peneirado e seco em estufa, operando no vácuo e metodologia bulk, com amostras de 30 mm de diâmetro e 3 mm de espessura, prensadas a 40 kN durante 30 segundos. Foram analisadas as 24 amostras descritas no processo de coleta do solo.

A caracterização mineralógica foi realizada em equipamento X-Ray Diffractometer da marca Bruker, modelo D2 Phaser, operando com radiação K α de cobre, 30 kV e 10 mA, com varredura (2 θ) entre 5° e 35°, utilizando faca e fenda de 1mm. Antes da realização da análise o solo foi seco em estufa, triturado em almofariz e mão de grau e peneirado na peneira ABNT 325 Mesh.

A caracterização da matéria orgânica foi realizada através da Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier no modo de transmitância, sendo realizadas em um espectrofotômetro de infravermelho modelo Prestige da Shimadzu. As amostras de solo foram misturadas com Brometo de Potássio (KBr) na concentração de 1mg da amostra e 99 mg de KBr sendo então prensadas para a obtenção das pastilhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fluorescência de Raios-X

As ações antrópicas provocaram modificações nos atributos químicos do solo sob o sistema produtivo. As Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 apresentam as composições químicas, em termos de óxidos totais, para as frações areia, silte e argila, dos solos das áreas de estudo.

Pela Tabela 2.1 é possível observar que as amostras são compostas basicamente por óxidos de silício, com teores entre 95% e 96,5%, o que sugere fortemente a presença de quartzo na fração areia dos solos, que não conteria elementos essenciais às plantas. Isto sugere que esta fração de solo apresenta baixa reserva de nutrientes. Esta evidência se faz presente em todas as áreas de estudo e independentemente da posição no relevo.

Quando analisados os elementos minoritários da fração areia, como Al e Fe, é possível observar algumas alterações em função do tempo de cultivo e da posição do relevo. Para o Al os maiores teores se fazem presentes na camada mais superficial, com maiores teores observados na área de cultivo AC15, apresentando teores mais próximos ao da área de referência MT. Já para o Fe os maiores teores são observados na AC8, apesar de apresentar o mesmo comportamento de o Al em termos de maiores teores na camada superficial de 0,0-0,20 m.

Já pela Tabela 2.2, que apresenta a composição química da fração silte, é possível observar que ocorreu um acréscimo nos teores de Al e Fe, e leve incremento no teor de K, quando comparados à fração areia. Estes incrementos nos teores dos respectivos elementos podem sugerir a presença de minerais como caulinita, feldspato, esmectitas e até micas, cujos comportamentos podem vir a favorecer as relações do solo. Esses minerais determinarão o comportamento do solo sob vários aspectos, como cor, estrutura, capacidade de troca catiônica, capacidade de troca aniônica, reações de troca e “fixação” de nutrientes (McBRIDE, 1989).

Nesta fração, silte, é possível observar que os teores de Al diminuem com o passar dos anos de cultivo e apresenta valores inferiores ao esperado, quando comparados a MT.

Estando estes teores ligados diretamente aos valores encontrados para o pH (Fig. 1.6 do Capítulo I), mais próximos do ideal agrônômico constatados na AC15. Este efeito também é observado para o Fe, ocorrendo de forma mais acentuada que no caso do Al. A concentração de óxidos de Fe está relacionada tanto ao material de origem quanto ao grau de intemperização e aos processos pedogenéticos que contribuem para a acumulação ou remoção de Fe (KÄMPF & CURI, 2000).

Quando analisados os teores de K, pode-se observar um leve incremento com os anos de cultivo com valores mais próximos aos da área de referência MT. Avaliando os teores de Ca e Mg pode-se observar que os mesmos são condizentes com os observados na MT, em especial na AC5. As alterações nesses teores nas AC8 e AC15 podem ser advindas de processos de correção do solo.

Quando avaliado a fração argila (Tabela 2.3) é possível observar que os índices Ki e Kr, utilizados para avaliar o grau de intemperismo, aumentam na direção do terço superior para o inferior, provavelmente devido à ressilificação dos minerais na fração argila, provocada pelo fluxo de matéria translouçadas pela lixiviação para as partes mais baixas das áreas (SILVA, 1993). Os valores obtidos para os índices Ki e Kr permitem indicar que minerais de argila do tipo 1:1 (caulinita) predominam na região e que os solos são caracterizados pelo baixo intemperismo.

Observa-se ainda que os valores de Ki e Kr também são influenciados pelo tempo de cultivo, acarretando em um incremento nesses parâmetros com o passar dos anos. Estes resultados corroboram com a afirmação de que as ações antrópicas provocaram modificações nos atributos químicos do solo sob o sistema produtivo.

Os parâmetros Ki e Kr são indicativos do estágio de intemperização dos solos correlacionando-os em solos jovens ($K_i \geq 2,2$) ou velhos ($K_i < 2,2$), bem como em solos cauliniticos ($K_r > 0,75$) e oxídicos ($K_r \leq 0,75$), de acordo com a relação entre seus óxidos, como podem ser observados nas Equações 2.1 e 2.2 (BRASIL, 1994).

$$K_i = 1,7 * (SiO_2 / Al_2O_3) \quad \text{Equação 2.1}$$

$$K_r = (SiO_2/60)/((Al_2O_3/102)+(Fe_2O_3/160)) \quad \text{Equação 2.2}$$

Observa-se, ainda, pela Tabela 2.3 que até 05 anos de cultivo, esses parâmetros são próximos ao encontrado na MT, utilizado como referência. Mas, que com o passar dos anos, os mesmos vão sendo alterados pelo manejo e o sistema produtivo adotado pelo agricultor nas áreas em estudo.

Tabela 2.1: Composição Química (óxidos totais) da Fração Areia dos solos das áreas em estudo.

Fluorescência de Raios-X														
Posição	Prof. (cm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	CM*	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	
		----- % -----												
TS-5A	0 – 20	94,99	2,15	0,85	0,19	0,12	0,60	0,06	0,73	0,22	0,03	0,07	2,53	
TS-5A	20 – 40	96,08	1,84	0,56	0,18	0,10	0,42	0,04	0,54	0,18	0,01	0,05	3,30	
TM-5A	0 – 20	95,47	2,14	0,86	0,19	0,09	0,42	0,06	0,43	0,23	0,03	0,07	2,48	
TM-5A	20 – 40	96,51	1,75	0,49	0,17	0,09	0,34	0,01	0,41	0,18	0,02	0,04	3,56	
TI-5A	0 – 20	94,30	2,39	0,70	0,16	0,18	0,94	0,09	0,95	0,21	0,04	0,04	3,40	
TI-5A	20 – 40	95,01	2,50	0,62	0,21	0,10	0,58	0,05	0,62	0,20	0,04	0,06	4,05	
TS-8A	0 – 20	94,02	2,05	1,61	0,15	0,13	0,74	0,11	0,68	0,45	0,01	0,05	1,27	
TS-8A	20 – 40	95,92	1,40	1,08	0,11	0,08	0,41	0,00	0,48	0,44	0,01	0,07	1,29	
TM-8A	0 – 20	95,35	1,50	1,21	0,13	0,09	0,69	0,14	0,48	0,35	0,01	0,05	1,24	
TM-8A	20 – 40	95,98	1,36	0,70	0,14	0,10	0,60	0,01	0,76	0,30	0,01	0,04	1,94	
TI-8A	0 – 20	95,08	1,74	0,85	0,19	0,11	1,08	0,12	0,50	0,28	0,01	0,04	2,05	
TI-8A	20 – 40	96,21	1,79	0,65	0,17	0,09	0,42	0,06	0,34	0,23	0,01	0,04	2,75	
TS-15A	0 – 20	94,18	3,43	1,05	0,37	0,18	0,18	0,10	0,06	0,28	0,08	0,08	3,27	
TS-15A	20 – 40	95,25	2,83	0,89	0,34	0,13	0,08	0,06	0,04	0,26	0,05	0,07	3,18	
TM-15A	0 – 20	94,58	2,67	1,12	0,36	0,23	0,34	0,14	0,11	0,30	0,09	0,09	2,38	
TM-15A	20 – 40	94,75	3,26	0,86	0,36	0,14	0,10	0,08	0,04	0,25	0,11	0,06	3,81	
TI-15A	0 – 20	96,27	1,97	0,79	0,29	0,16	0,09	0,05	0,00	0,24	0,07	0,07	2,48	
TI-15A	20 – 40	96,32	2,15	0,66	0,30	0,15	0,06	0,06	0,00	0,20	0,04	0,06	3,28	
TS-M	0 – 20	94,25	3,27	1,40	0,33	0,19	0,08	0,08	0,00	0,33	0,00	0,06	2,33	
TS-M	20 – 40	95,17	2,68	1,20	0,29	0,18	0,07	0,08	0,00	0,28	0,00	0,06	2,23	
TM-M	0 – 20	94,83	2,87	1,27	0,30	0,17	0,11	0,07	0,00	0,29	0,01	0,06	2,26	
TM-M	20 – 40	94,37	3,25	1,28	0,37	0,20	0,11	0,09	0,00	0,27	0,01	0,07	2,55	
TI-M	0 – 20	94,36	1,88	1,48	0,25	0,14	1,41	0,00	0,00	0,36	0,01	0,11	1,27	
TI-M	20 – 40	95,47	2,20	1,18	0,27	0,16	0,22	0,06	0,00	0,36	0,01	0,07	1,86	

Tabela 2.2: Composição Química (óxidos totais) da Fração Silte dos solos das áreas em estudo.

Posição	Prof. (cm)	Fluorescência de Raios-X												Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂	MnO	CM*	
		----- % -----												

TS-5A	0 – 20	82,19	8,78	4,10	0,34	0,09	0,69	0,16	0,34	0,12	2,54	0,11	0,55	2,14
TS-5A	20 – 40	83,14	9,39	3,63	0,33	0,01	0,29	0,09	0,23	0,05	2,21	0,09	0,53	2,59
TM-5A	0 – 20	79,73	10,76	4,75	0,38	0,03	0,88	0,20	0,17	0,16	2,32	0,14	0,48	2,26
TM-5A	20 – 40	84,35	8,09	3,66	0,34	0,07	0,31	0,16	0,06	0,05	2,22	0,12	0,57	2,21
TI-5A	0 – 20	81,67	9,89	4,39	0,39	0,09	0,70	0,19	0,15	0,13	1,82	0,13	0,43	2,25
TI-5A	20 – 40	81,30	11,13	4,19	0,41	0,06	0,17	0,10	0,08	0,06	1,89	0,15	0,45	2,65
TS-8A	0 – 20	79,13	8,85	6,00	0,27	0,08	1,25	0,24	0,54	0,15	2,92	0,10	0,47	1,47
TS-8A	20 – 40	81,41	8,84	5,22	0,23	0,01	0,43	0,12	0,37	0,04	2,82	0,08	0,43	1,69
TM-8A	0 – 20	79,24	9,60	5,64	0,32	0,08	0,92	0,26	0,37	0,15	2,85	0,10	0,46	1,70
TM-8A	20 – 40	85,89	6,23	3,85	0,24	0,01	0,31	0,08	0,30	0,04	2,54	0,08	0,44	1,62
TI-8A	0 – 20	83,80	6,70	3,89	0,37	0,16	1,25	0,23	0,52	0,21	2,28	0,10	0,49	1,72
TI-8A	20 – 40	85,41	6,51	3,74	0,32	0,01	0,46	0,13	0,32	0,07	2,51	0,09	0,44	1,74
TS-15A	0 – 20	86,24	6,51	2,98	0,79	0,12	0,66	0,15	0,14	0,11	1,66	0,13	0,52	2,18
TS-15A	20 – 40	87,10	6,21	2,88	0,76	0,09	0,33	0,11	0,08	0,05	1,75	0,13	0,51	2,15
TM-15A	0 – 20	80,31	9,08	4,96	0,80	0,15	1,28	0,30	0,27	0,23	1,96	0,21	0,46	1,83
TM-15A	20 – 40	85,93	6,88	3,31	0,77	0,10	0,34	0,10	0,09	0,05	1,77	0,16	0,49	2,08
TI-15A	0 – 20	89,29	5,21	2,27	0,85	0,17	0,26	0,08	0,06	0,06	1,30	0,09	0,35	2,29
TI-15A	20 – 40	87,29	6,34	2,90	0,86	0,11	0,15	0,07	0,04	0,04	1,57	0,12	0,52	2,19
TS-M	0 – 20	64,27	15,52	13,52	0,70	0,10	0,68	0,18	0,11	0,17	4,29	0,07	0,39	1,15
TS-M	20 – 40	62,14	16,73	14,21	0,75	0,12	0,39	0,19	0,09	0,09	4,65	0,08	0,55	1,18
TM-M	0 – 20	64,69	15,25	13,13	1,01	0,16	0,55	0,23	0,10	0,15	4,31	0,08	0,34	1,16
TM-M	20 – 40	65,73	14,80	12,48	1,04	0,16	0,39	0,23	0,09	0,08	4,34	0,08	0,56	1,19
TI-M	0 – 20	70,43	12,89	10,12	0,64	0,11	0,37	0,15	0,10	0,11	4,38	0,08	0,63	1,27
TI-M	20 – 40	72,43	11,80	9,27	0,71	0,13	0,18	0,16	0,09	0,06	4,58	0,09	0,50	1,27

Tabela 2.3: Composição Química (óxidos totais) da Fração Argila dos solos das áreas em estudo.

Tabela 12. Composição Química (óxidos totais) da Fração Fina dos solos das áreas em estudo.																
Posição	Prof. (cm)	Fluorescência de Raios-X												Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	Ki	Kr
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂	MnO	CM*			
		----- % -----														

TS-5A	0 – 20	56,64	25,35	13,32	0,47	0,19	0,08	0,15	0,28	0,19	3,01	0,04	0,27	1,90	3,80	2,84
TS-5A	20 – 40	55,97	25,65	14,08	0,41	0,19	0,07	0,13	0,14	0,15	2,88	0,04	0,29	1,82	3,71	2,75
TM-5A	0 – 20	56,39	25,46	13,23	0,49	0,17	0,10	0,15	0,30	0,18	3,26	0,04	0,22	1,92	3,76	2,83
TM-5A	20 – 40	56,63	26,23	13,43	0,43	0,09	0,03	0,12	0,13	0,14	2,53	0,03	0,20	1,95	3,67	2,77
TI-5A	0 – 20	56,86	25,45	13,51	0,44	0,19	0,10	0,14	0,30	0,17	2,58	0,03	0,22	1,88	3,80	2,84
TI-5A	20 – 40	56,62	26,34	13,65	0,39	0,12	0,05	0,12	0,14	0,13	2,22	0,03	0,19	1,93	3,65	2,75
TS-8A	0 – 20	55,44	24,76	15,20	0,51	0,20	0,13	0,15	0,44	0,16	2,76	0,03	0,23	1,63	3,81	2,74
TS-8A	20 – 40	55,56	25,12	15,22	0,51	0,14	0,11	0,15	0,20	0,11	2,63	0,03	0,23	1,65	3,76	2,71
TM-8A	0 – 20	55,61	24,84	14,72	0,59	0,15	0,09	0,17	0,37	0,17	3,05	0,04	0,20	1,69	3,81	2,76
TM-8A	20 – 40	55,83	25,48	14,92	0,55	0,12	0,05	0,14	0,12	0,11	2,44	0,03	0,21	1,71	3,73	2,71
TI-8A	0 – 20	56,46	24,31	13,77	0,70	0,18	0,10	0,20	0,39	0,20	3,38	0,04	0,26	1,77	3,95	2,90
TI-8A	20 – 40	56,64	25,15	13,70	0,68	0,16	0,06	0,17	0,18	0,12	2,87	0,04	0,23	1,84	3,83	2,84
TS-15A	0 – 20	57,95	24,57	12,45	0,67	0,22	0,15	0,22	0,31	0,17	3,02	0,06	0,22	1,97	4,01	3,03
TS-15A	20 – 40	58,25	24,64	12,77	0,62	0,16	0,10	0,20	0,27	0,14	2,57	0,04	0,25	1,93	4,02	3,02
TM-15A	0 – 20	57,75	23,33	12,92	0,70	0,31	0,37	0,29	0,39	0,20	3,42	0,09	0,24	1,81	4,21	3,11
TM-15A	20 – 40	58,95	24,26	12,57	0,58	0,21	0,18	0,18	0,26	0,12	2,40	0,05	0,23	1,93	4,13	3,11
TI-15A	0 – 20	58,80	24,32	12,18	0,66	0,23	0,13	0,21	0,22	0,14	2,85	0,05	0,21	2,00	4,11	3,12
TI-15A	20 – 40	58,74	24,53	12,86	0,53	0,22	0,13	0,19	0,11	0,10	2,31	0,04	0,24	1,91	4,07	3,05
TS-M	0 – 20	54,97	24,64	16,08	0,67	0,21	0,06	0,15	0,10	0,16	2,72	0,02	0,22	1,53	3,79	2,68
TS-M	20 – 40	52,06	25,42	18,96	0,56	0,29	0,04	0,13	0,07	0,13	2,00	0,01	0,32	1,34	3,48	2,36
TM-M	0 – 20	54,44	24,83	15,75	0,87	0,35	0,07	0,18	0,10	0,15	2,95	0,02	0,29	1,58	3,73	2,65
TM-M	20 – 40	54,21	25,31	15,80	0,85	0,27	0,05	0,16	0,09	0,12	2,86	0,02	0,28	1,60	3,64	2,60
TI-M	0 – 20	54,35	24,46	15,80	0,80	0,21	0,06	0,15	0,11	0,13	3,69	0,03	0,20	1,55	3,78	2,68
TI-M	20 – 40	54,33	24,92	15,98	0,83	0,31	0,06	0,16	0,11	0,13	2,85	0,02	0,30	1,56	3,71	2,63

Difração de Raios-X

Os difratogramas apresentados nas Figuras 2.2 a 2.5 apresentam as fases cristalinas observadas para a Fração Areia das AC5, AC8 e AC15, respectivamente, e ainda a MT utilizada como referência. As nomenclaturas TS (0-20), TS (20-40), TM (0-20), TM (20-40), TI (0-20) e TI (20-40) significam Terço Superior na profundidade de 0,0-0,20 cm, Terço Superior na profundidade de 0,20-0,40 cm, Terço Médio na profundidade de 0,0-0,20 cm, Terço Médio na profundidade de 0,20-0,40 cm, Terço Inferior na profundidade de 0,0-0,20 cm e Terço Inferior na profundidade de 0,20-0,40 cm, respectivamente.

É possível observar pelos difratogramas que a fração areia é composta basicamente por Quartzo, que é o principal mineral das frações areia e silte dos solos. Estes resultados corroboram os observados na Fluorescência de Raios X para a fração areia. Como esse mineral não contém elementos essenciais às plantas, isso é um indicativo de que esta fração apresenta-se como uma reserva nutricional praticamente nula. Traços de Feldspato foram observados nesta fração para todas as áreas cultivadas, bem como na área de referência MT.

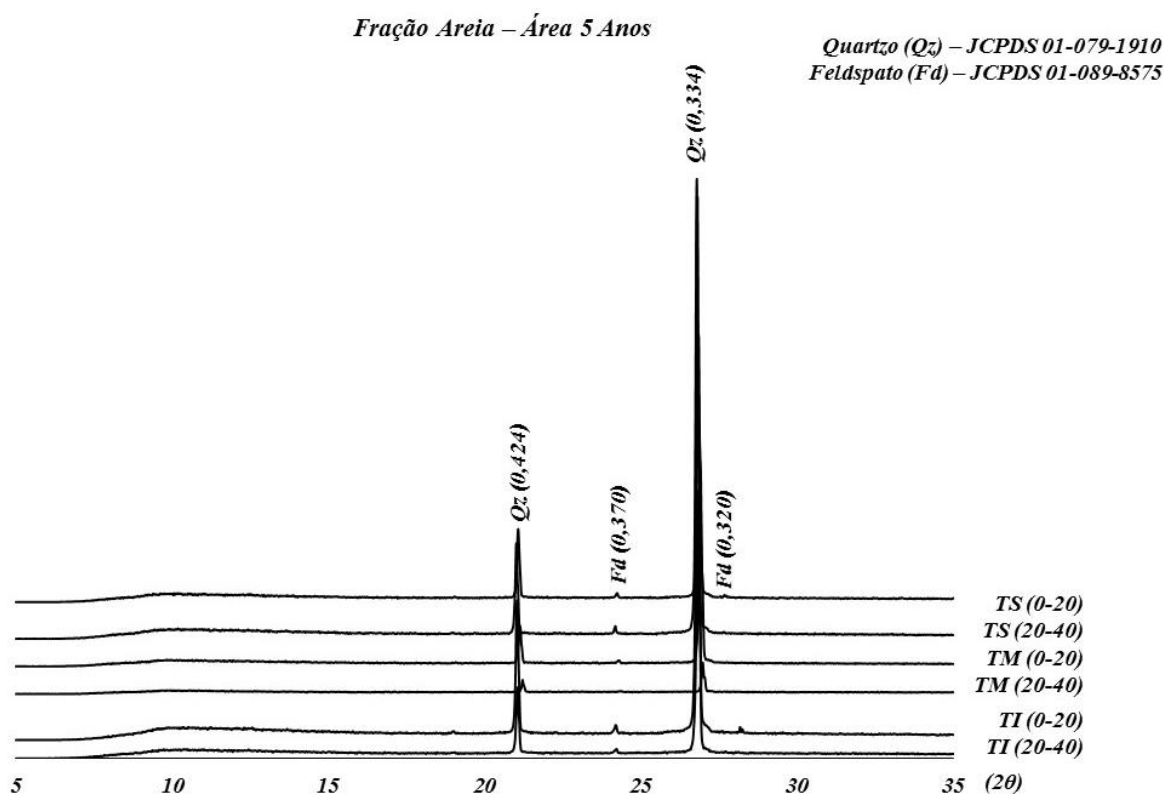


Figura 2.2: Difratogramas da fração areia da área de cultivo de 5 anos.

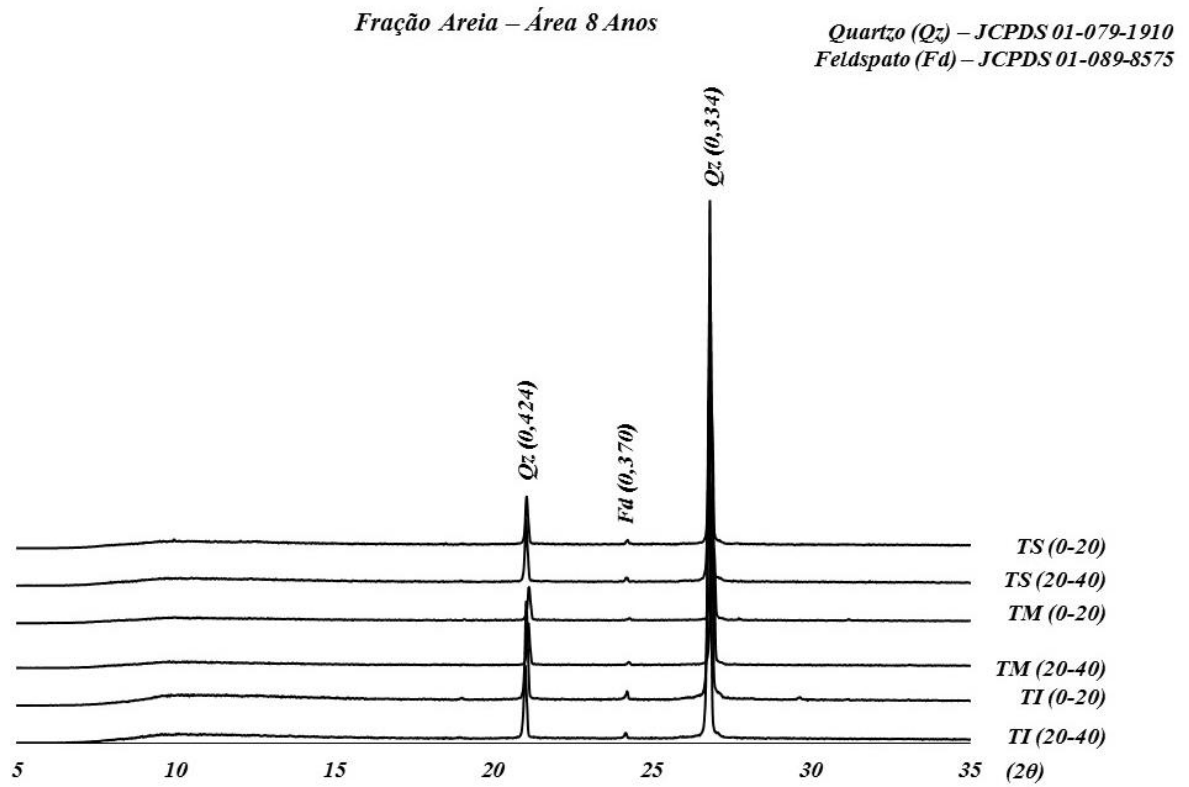


Figura 2.3: Difrátogramas da fração areia da área de cultivo de 8 anos.

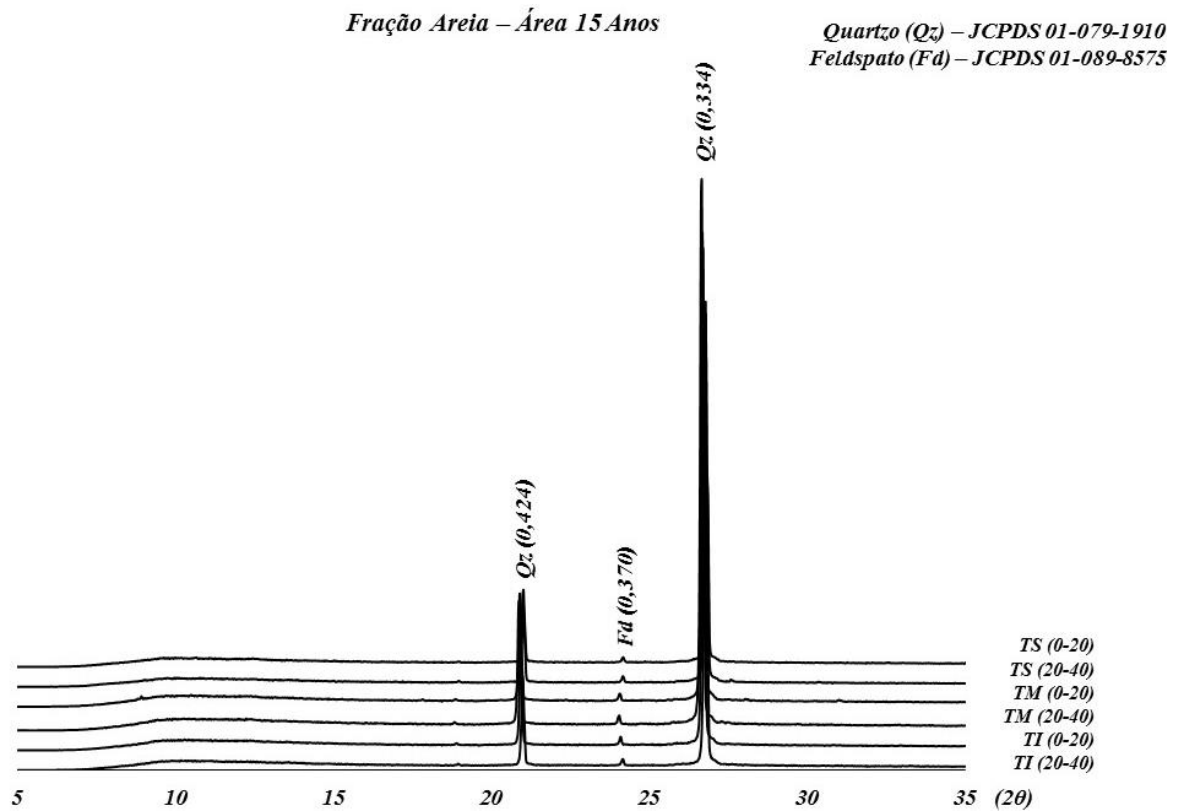


Figura 2.4: Difrátogramas da fração areia da área de cultivo de 15 anos.

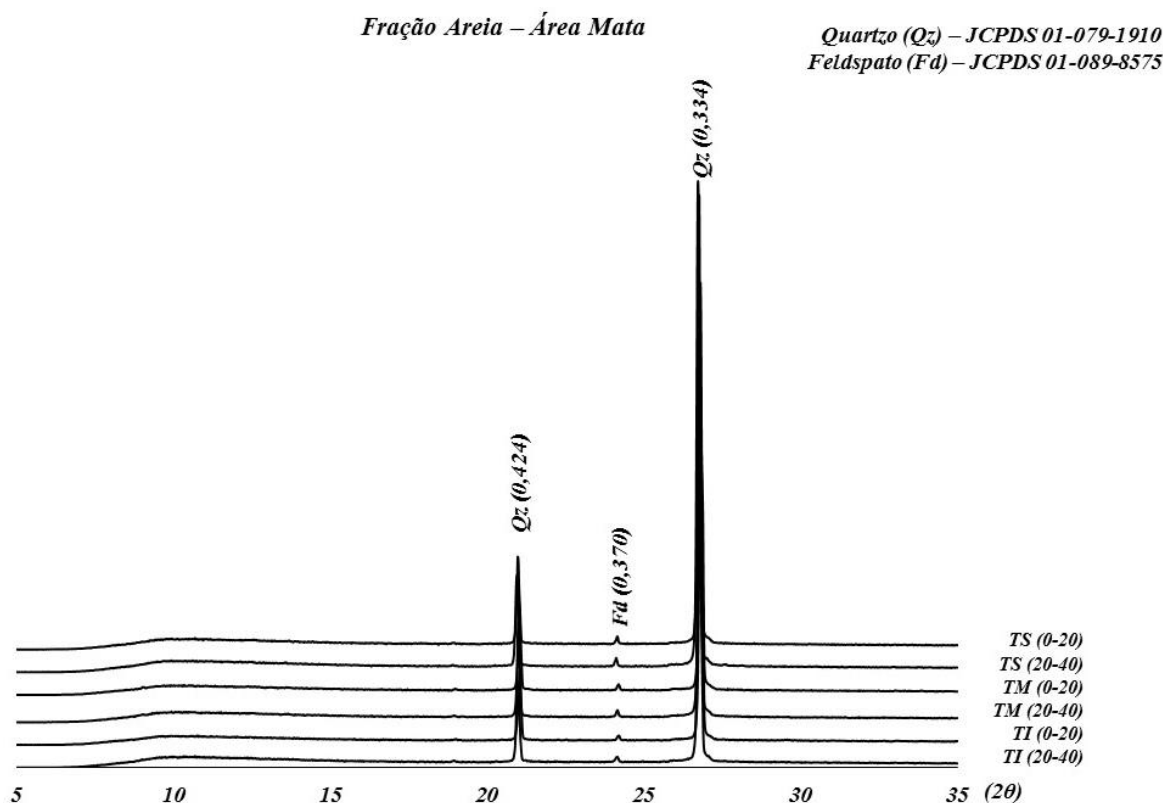


Figura 2.5: Difratomogramas da fração areia da área de mata (referência)

Os difratogramas apresentados nas Figuras 2.6 a 2.9 apresentam as fases cristalinas observadas para a Fração Silte das AC5, AC8 e AC15, respectivamente, e ainda a MT utilizada como referência.

É possível observar pelos difratogramas que a fração silte é composta basicamente por Quartzo e Feldspato, com presença de Caulinita na AC 5 anos e de Esmectita na AC15.

A presença da caulinita, observada na AC5, pode ser advinda de transformações dos feldspatos. Estes resultados são corroborados pelos valores observados pela Fluorescência de Raios-X para a fração silte. Já a presença da Esmectita pode ser oriunda da transformação de micas com K entre camadas para minerais 2:1 expansivos pela redução de cargas negativas e pela troca de K por cátions hidratados (MELO, 2009). Em estudos desenvolvidos por Alves *et al.* (2013), verificou-se que mesmo em pequena quantidade, a ocorrência de minerais micáceos pode ser importante para o tamponamento de K^+ no solo, embora a taxa de liberação do nutriente das frações grosseiras seja menor em relação a partículas de mica com menor diâmetro.

Como os minerais primários com potencial de fornecer nutrientes para as plantas encontram-se principalmente, nas frações areia e silte, a presença de feldspatos e micas é

relevante para a qualidade do solo. O *K*, *Ca*, *Mg*, *P*, *Fe*, *Mn*, *Cu*, *Zn*, dentre outros, fazem parte da estrutura de alguns minerais, tanto essenciais quanto acessórios e que são liberados para a solução do solo por meio do intemperismo químico (MELO, 2009).

A maior fração do *K*, *Ca* e *Mg* do solo encontra-se em formas estruturais, e sua liberação para as formas disponíveis depende de reações químicas de dissolução dos minerais. Como a fração dos minerais menos resistente ao intemperismo é reduzida com o decorrer do tempo, a taxa de intemperismo também é reduzida, implicando que o suprimento de nutrientes dos solos é finito e, também, relacionado com processo de formação do relevo e com a escala de tempo geológico (MELO, 2009).

Pressupondo serem os teores totais de *K*, *Ca* e *Mg* no solo provenientes do material de origem, as diferenças entre solos, na proporção relativa das diversas formas destes nutrientes, decorrem de variação na constituição mineralógica, na granulometria e no grau de intemperismo dos mesmos, que, por sua vez, são resultantes dos fatores e processos pedogenéticos que atuam na formação do solo. Desta forma, solos menos intemperizados, com presença de minerais primários fontes de *K*, *Ca* e *Mg* e com predominância de argilominerais 2:1, dispõem de maiores reservas destes nutrientes nas formas estruturais e, ou, não-trocável. Por outro lado, em solos mais intemperizados, com predomínio de argilominerais 1:1 e quantidades mínimas primárias de fontes de *K*, *Ca* e *Mg*, as formas estruturais e não-trocável são menos significativas (MELO, 2009).

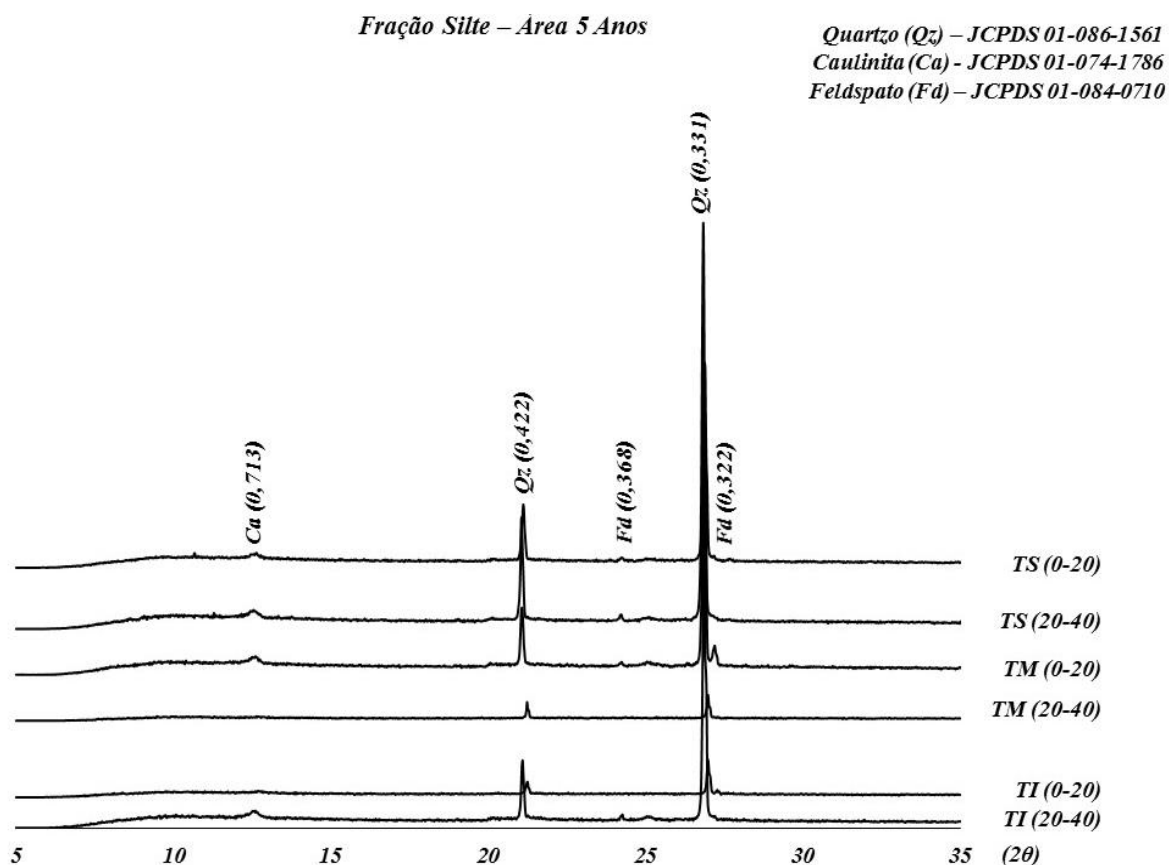


Figura 2.6: Difratomogramas da fração silte da área de cultivo de 5 anos.

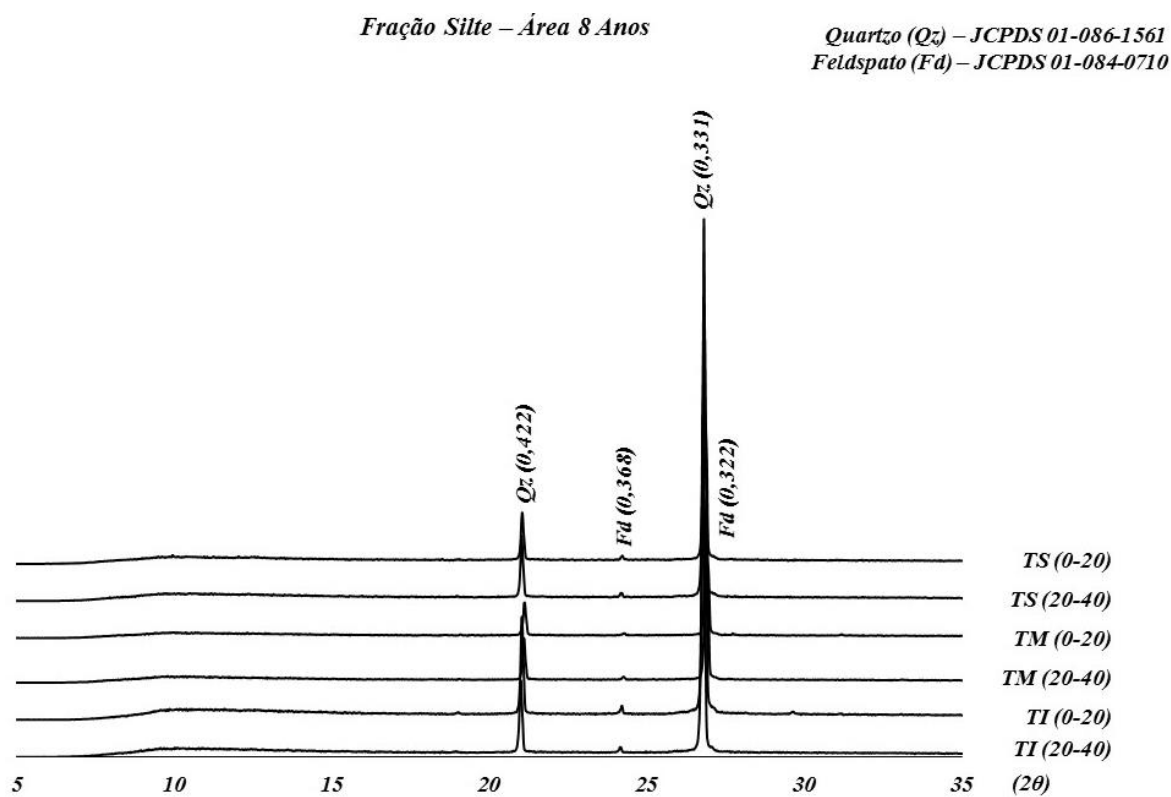


Figura 2.7: Difratomogramas da fração silte da área de cultivo de 8 anos.

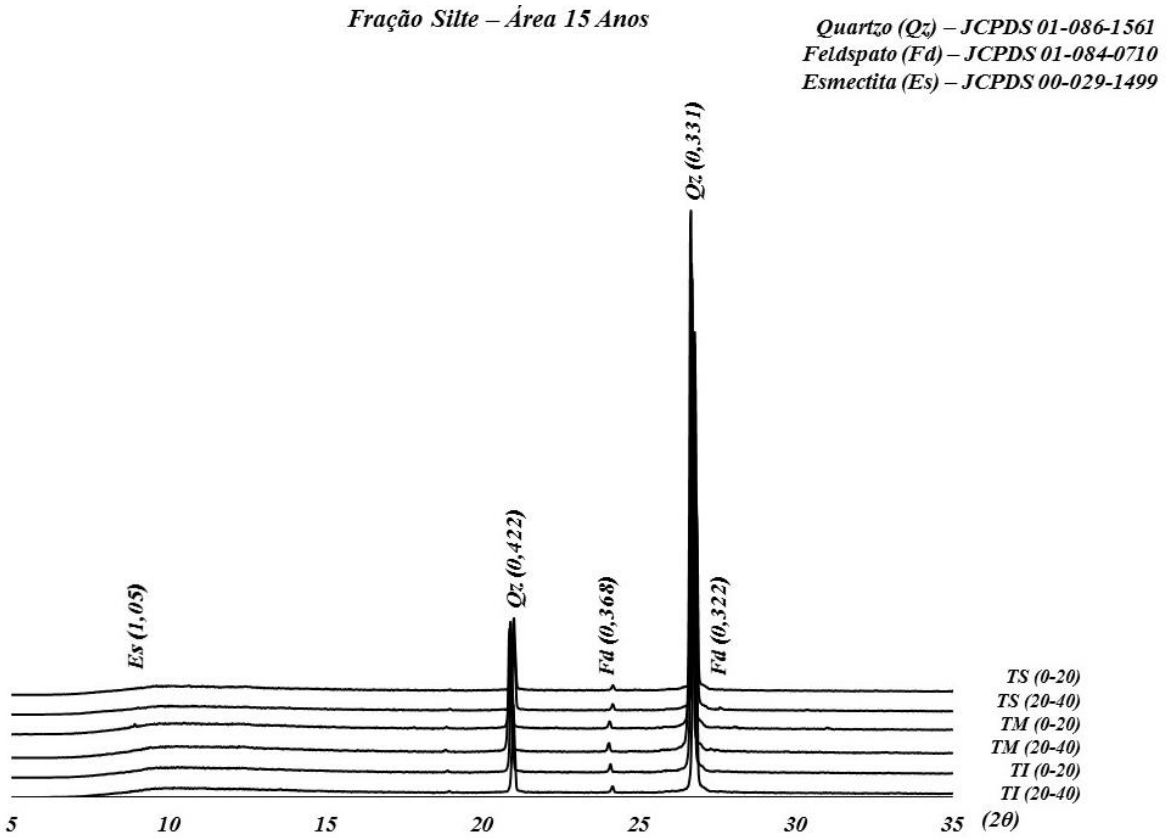


Figura 2.1: Difratomogramas da fração silte da área de cultivo de 15 anos.

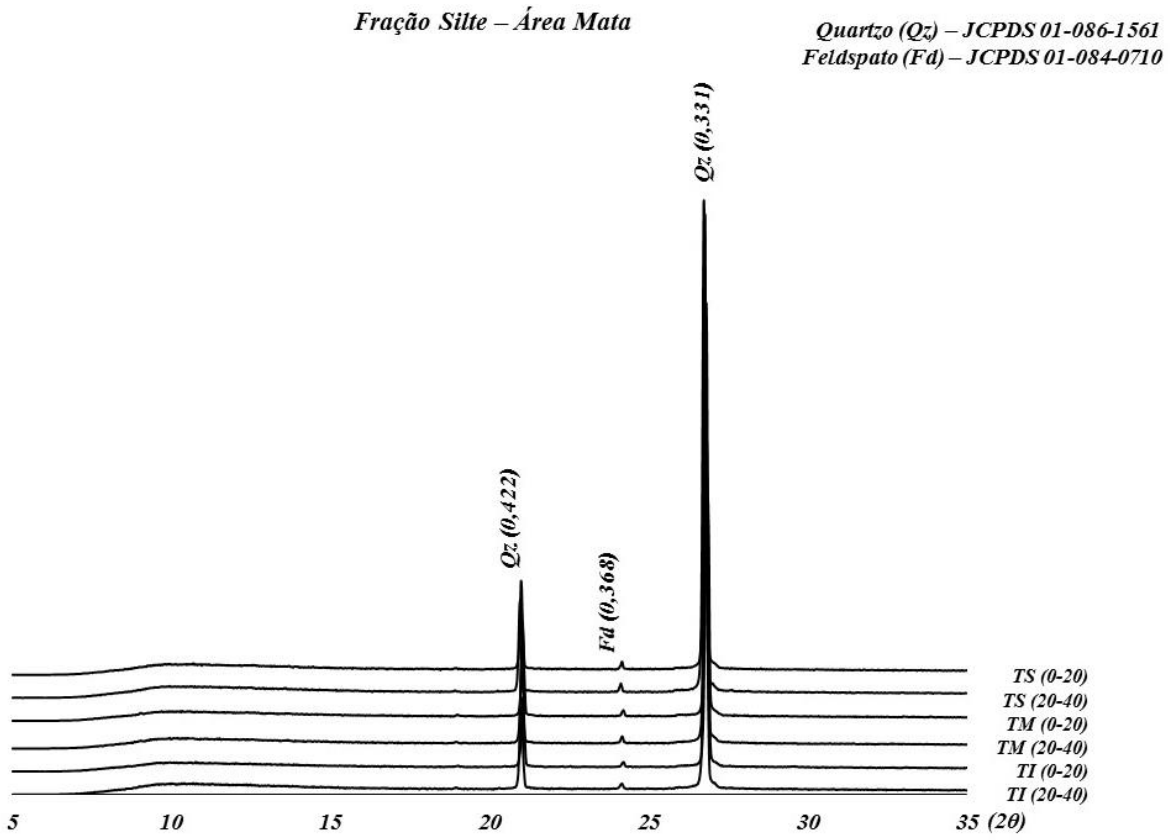


Figura 2.9: Difratomogramas da fração silte da área de mata (referência).

Os difratogramas apresentados nas Figuras 2.10 a 2.13 apresentam as fases cristalinas observadas para a Fração Argila das áreas AC5, AC8 e AC15, respectivamente, e ainda a área MT utilizada como referência.

Os resultados observados permitiram evidenciar grande uniformidade na mineralogia da fração argila de todas as áreas de cultivo com predomínio de caulinita e menores quantidades de goetita e mica, com exceção da AC15, onde os teores de mica foram mais evidentes que nas demais áreas.

De acordo com Singh & Gilkes (1992) a presença de K na caulinita pode ser atribuída à ocorrência de camadas residuais de mica preservada na estrutura do mineral. Ao analisar amostras de caulinita da fração argila de diferentes classes de solos do Brasil, Melo *et. al.* (2002) observaram uma variação nos teores de K entre 0,07 a 3,18 g kg⁻¹. Contudo, considerando a alta estabilidade da caulinita nos solos, espera-se que a liberação do K estrutural das camadas de mica preservadas na estrutura da caulinita seja muito restrita, o que, praticamente, inviabiliza a utilização dessa reserva pelas plantas. Entretanto, podem apresentar íons K⁺ adsorvidos na superfície externa (trocáveis), ou seja, prontamente disponíveis às plantas (CURI *et al.*, 2005).

Mesmo sendo uma análise qualitativa, as intensidades das reflexões refletem a quantidade e a cristalinidade dos minerais presentes nos solos (WHITTIG & ALLARDICE, 1986). Desta forma, as reflexões de baixa intensidade de mica (AC5 e AC8), formando apenas pequeno ombro acima da linha de base, foram usadas para classificar a ocorrência desses minerais como uma fase residual.

A presença da goetita e ausência de hematita pode ser um indicativo da menor capacidade de drenagem dos solos das áreas cultivadas (PENA e TORRENT, 1984). De acordo com Costa e Bigham (2009), sendo o solo um sistema termodinâmico aberto a fluxos de energia e de massa, é possível a coexistência de ambas as espécies minerais de ferro, nas diferentes condições edáficas. A transformação no estado sólido de goetita em hematita por simples desidratação, ou mesmo o inverso por simples hidratação, em temperaturas acima de 250°C, geradas em queimadas, por exemplo, podem transformar goetita em hematita e possibilitar maior capacidade de drenagem desses solos.

A goetita, comumente, será o único óxido de ferro pedogênico em solos de temperatura moderada. Já em regiões quentes (áreas tropicais e subtropicais) esse mineral aparece associado com hematita. Contudo, água em alta atividade, baixas temperaturas e alta concentração de matéria orgânica favorecem a goetita, podendo ser responsável pela relativa ausência de hematita em solos de regiões frias ou temperadas (FILTZPATRICK & LE ROUX, 1978).

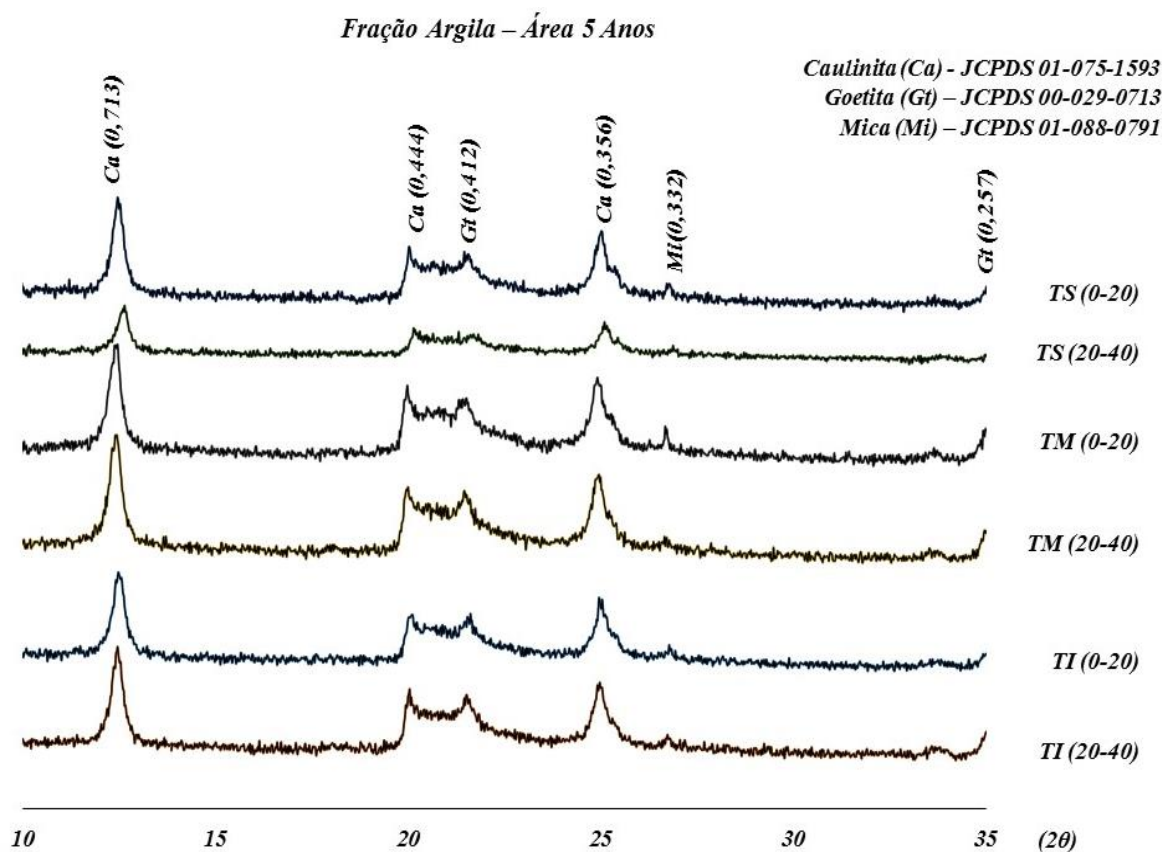


Figura 2.2: Difratomogramas da fração argila da área de cultivo de 5 anos.

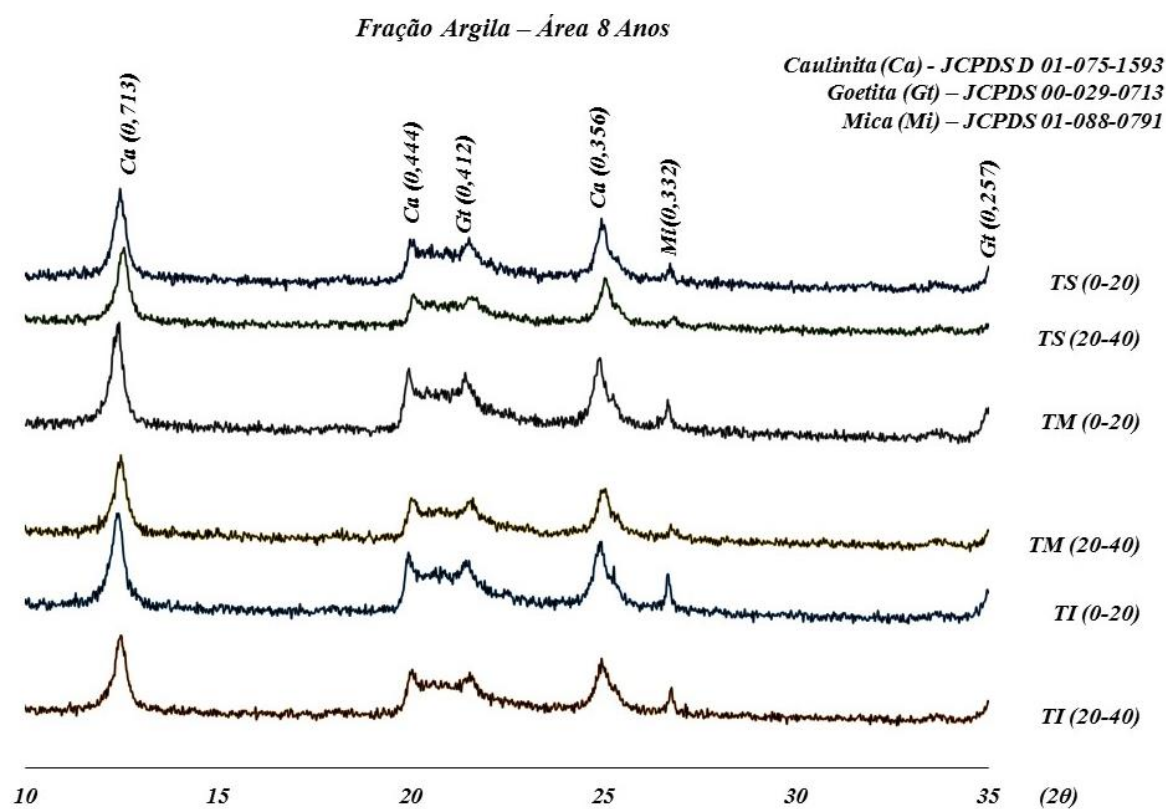


Figura 2.3: Difratomogramas da fração argila da área de cultivo de 8 anos.

Fração Argila – Área 15 Anos

Caulinita (Ca) - JCPDS 01-075-1593

Goetita (Gt) - JCPDS 00-029-0713

Mica (Mi) - JCPDS 01-088-0791

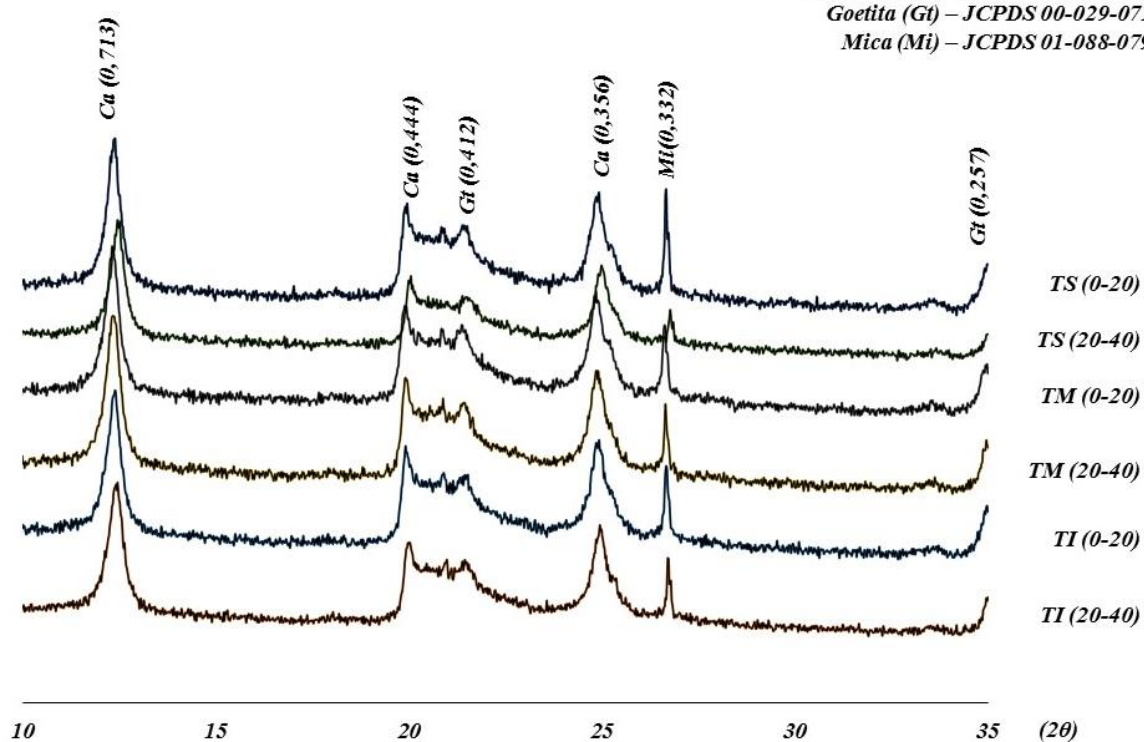


Figura 2.4: Difratomogramas da fração argila da área de cultivo de 15 anos.

Fração Argila – Área Mata

Caulinita (Ca) - JCPDS 01-075-1593

Goetita (Gt) - JCPDS 00-029-0713

Mica (Mi) - JCPDS 01-088-0791

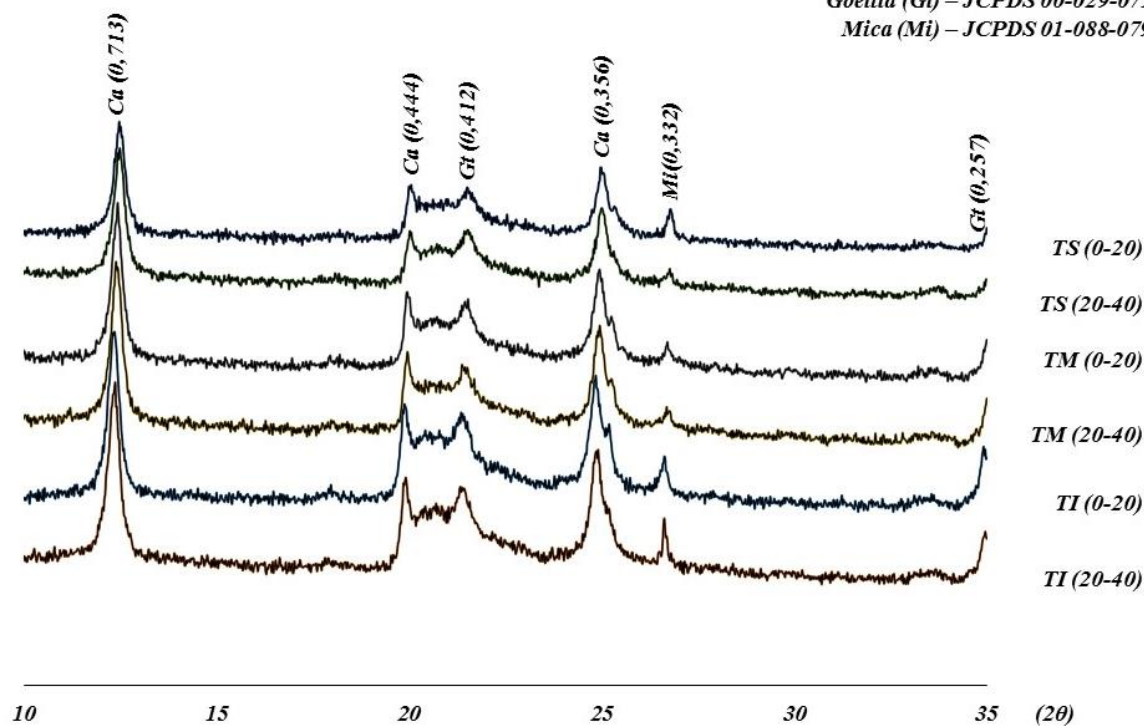


Figura 2.5: Difratomogramas da fração argila da área de mata (referência).

Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier - FTIR

As Figuras de 2.14 a 2.17 apresentam os espectros de infravermelho observados para a Fração Areia das áreas AC5, AC8 e AC15, respectivamente, e ainda a área MT utilizada como referência.

De modo geral, na fração areia não ocorreu diferenças significativas quanto aos tipos de grupos funcionais presentes. As maiores distorções foram evidenciadas para as bandas entre 1300 e 1000 cm^{-1} , referente as áreas dos silicatos, onde ocorreu um incremento entre a posição dos terços superior para o inferior nas áreas AC5 e AC8. Já a área AC15 apresentou um comportamento semelhante ao observado na área de mata (referência) quando avaliadas estas bandas.

De acordo com Farmer & Palmieri (1975), as principais vibrações de filossilicatos podem ser separadas em vibrações de estiramento e vibrações angulares de hidroxilas e óxido de silício, sendo evidenciadas por: vibrações de estiramento das moléculas OH (3.400-3.750 cm^{-1}) e das moléculas Si-O (700-1.200 cm^{-1}), e as vibrações angulares das moléculas OH (600-950 cm^{-1}), Si-O (700-1.200 cm^{-1}) e Si-O (150-600 cm^{-1}). Já as bandas em 1.050 cm^{-1} e entre 900-400 cm^{-1} são atribuídas ao quartzo e minerais de argila (PIRIE *et al.*, 2005), enquanto as bandas em torno de 780 cm^{-1} estão relacionadas a torções vibracionais de ligações de Si-O-Al e Si-O-Fe (NAYAK e SINGH, 2007).

Pode-se observar a ausência da caulinita, conforme corroborado pelos resultados de DRX, evidenciado pela ausência de picos em torno de 3690 e 3625 cm^{-1} . Pode-se observar que as bandas em torno de 3440 cm^{-1} são relacionadas à vibração OH de ligação de hidrogênio da água proveniente da umidade da amostra ou de hidroxila ligada a estruturas aromáticas que compõem a matéria orgânica e as substâncias húmicas presentes no solo, são bastante fracas, ou praticamente nula, nessa fração (SILVA *et al.*, 2008). Ainda relacionados a ligações normalmente presentes em compostos que constituem a matéria orgânica do solo, pode-se observar a ausência da banda em torno de 1.625 cm^{-1} referente as vibrações moleculares de estiramento das ligações duplas de C de aromáticos e ligações duplas de CO da amida I e carboxilatos (GERZABEK *et al.*, 2006).

Pode-se observar que a Espectroscopia de Infravermelho é de suma importância para a caracterização de solos, pois além de corroborar os resultados de mineralogia, permite ainda avaliar a qualidade do solo em termos de matéria orgânica e substâncias húmicas, que são essenciais para sua perfeita manutenção.

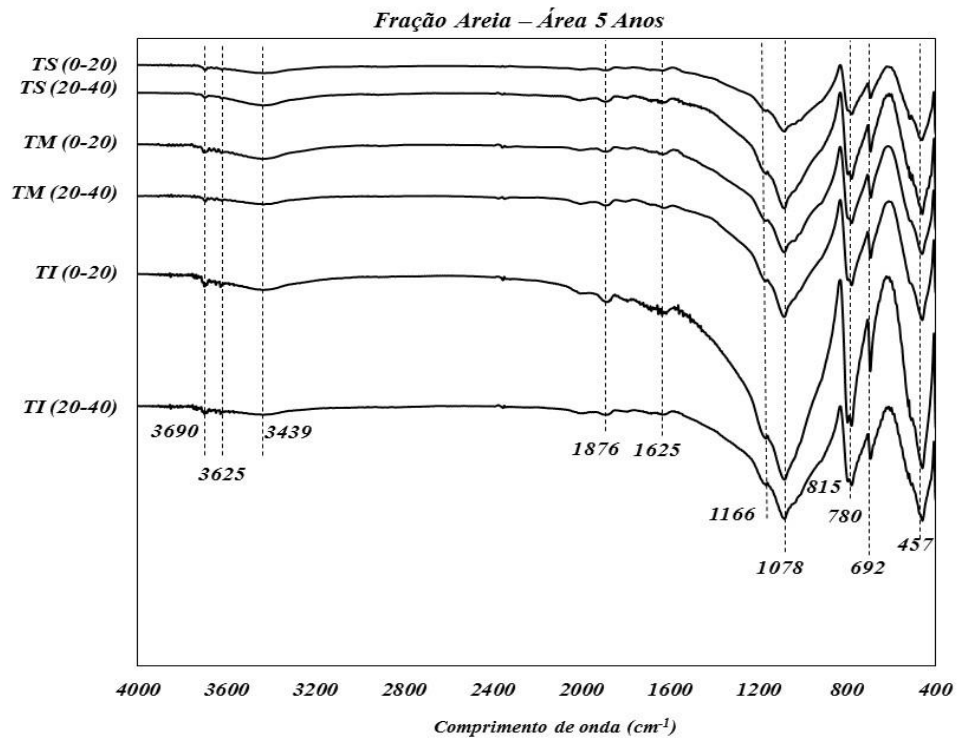


Figura 2.6: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de cultivo de 5 anos.

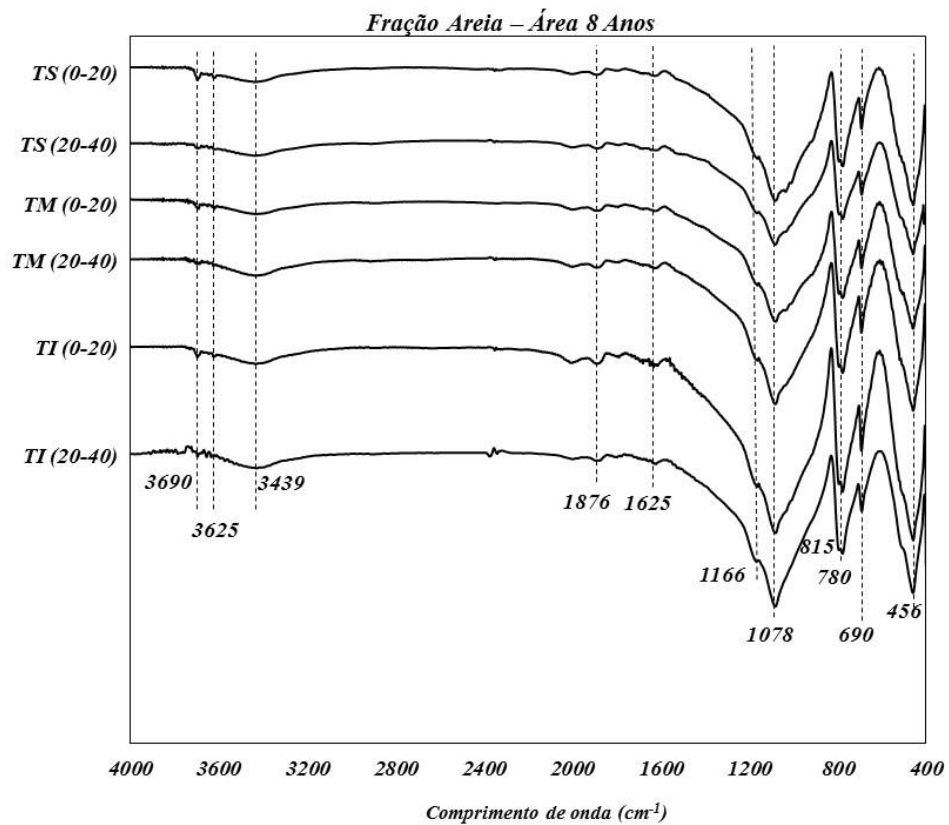


Figura 2.7: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de cultivo de 8 anos.

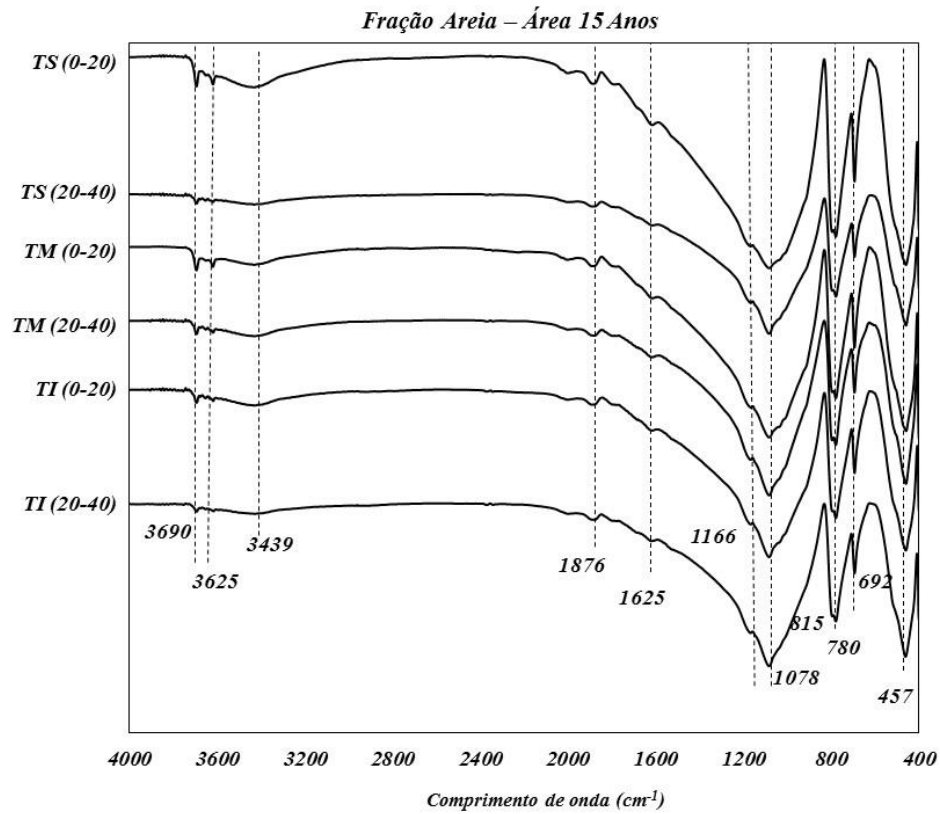


Figura 2.8: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de cultivo de 15 anos.

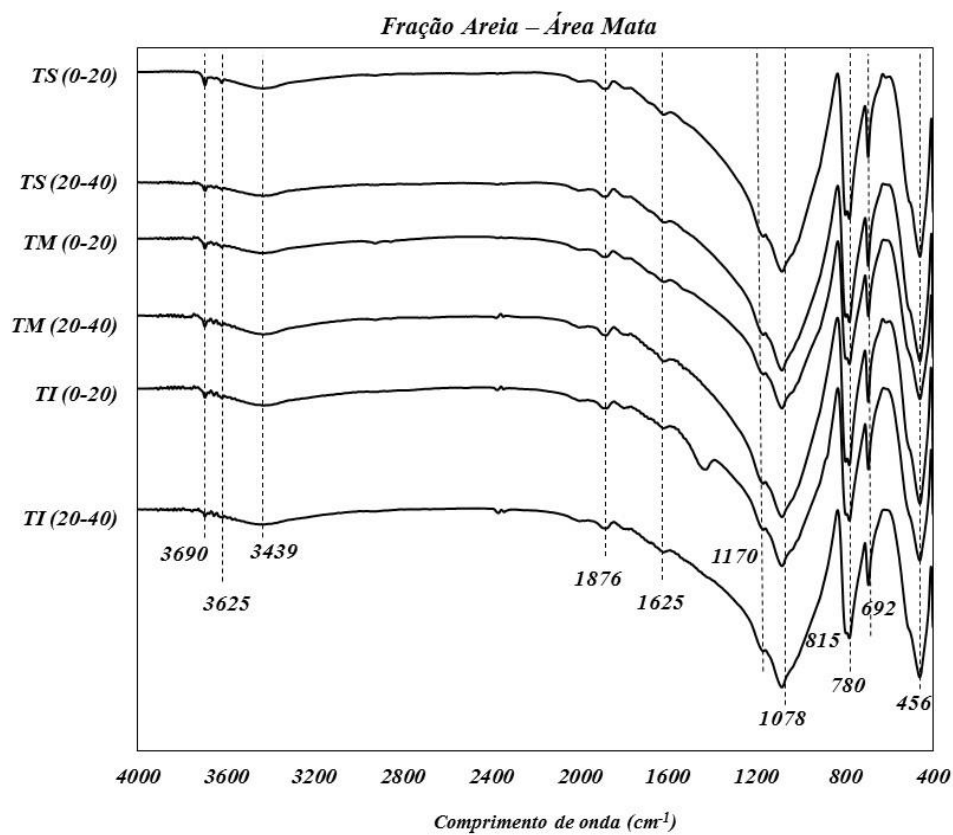


Figura 2.9: Espectro de Infravermelho da fração areia da área de mata (referência).

As Figuras de 2.18 a 2.21 apresentam os espectros de infravermelho observados para a Fração Silte das AC5, AC8 e AC15, respectivamente, e ainda a área de mata utilizada como referência.

Pode-se observar que a técnica de Espectroscopia de Infravermelho é uma técnica extremamente sensível à ordem ou desordem na estrutura cristalina, conforme ocorre aumento ou diminuição da formação cristalina ou substituição isomórfica (FARMER e PALMIERI, 1975), como evidenciado pelos picos em torno de 3690 e 3625 cm^{-1} referente as ligações de hidroxilas da caulinita, pouco evidenciada na DRX, embora tenha sido sugerida pelos teores de Al observados na FRX.

Pode-se observar que quando comparada a fração areia, a fração silte apresentou uma maior complexidade microestrutural, evidenciado pela presença de maiores quantidades de bandas presentes, oriundos além da caulinita e da esmectita evidenciadas na DRX, mas também pelo maior aporte de matéria orgânica (bandas em torno de 1625 cm^{-1}) observado na análise química (Capítulo I).

Quando analisadas apenas a fração silte em função das áreas de cultivo, da posição no relevo e da sua profundidade é possível observar não ocorreu diferenças significativas quanto aos tipos de grupos funcionais presentes. As maiores distorções foram evidenciadas para as bandas da caulinita, com intensidades mais expressivas na área de referência MT, bem como no aporte da matéria orgânica evidenciado pelas bandas em torno de 3439 cm^{-1} relacionada à vibração da hidroxila ligada a estruturas aromáticas que compõem a matéria orgânica e as substâncias húmicas presentes no solo (SILVA *et al.*, 2008) ou a presença de celulose (ARTZ *et al.*, 2008; COCOZZA *et al.*, 2003) e 1625 cm^{-1} referente as vibrações moleculares de estiramento das ligações duplas de C de aromáticos e ligações duplas de CO da amida I e carboxilatos (GERZABEK *et al.*, 2006).

A matéria orgânica (MO) representa um indicador de qualidade do solo, porque é sensível às práticas de manejo. Vários atributos do solo e do ambiente apresentam relação com a MO, como estabilidade de agregados, infiltração e retenção de água, susceptibilidade do solo à erosão, atividade biológica, nutrientes para as plantas, capacidade de troca de cátions (CTC) e a liberação de CO_2 para atmosfera (MIELNICZUK, 2008). Também é usado para estudar processos de oxidação e mineralização, revelando a dinâmica das Substâncias Húmicas frente a fatores ambientais.

Já a diminuição de quartzo na estrutura pode ser observada pela diminuição da intensidade da banda em torno de 1030 cm^{-1} , sendo bem mais discreta quando comparada a fração areia. Já as bandas em torno de 780 cm^{-1} relacionadas a torções vibracionais de ligações de Si-O-Al e Si-O-Fe (NAYAK e SINGH, 2007) são mais evidentes nesta fração.

As bandas em torno de 920 cm^{-1} são atribuídas à ferrihidrita associada com sílica, enquanto as bandas em torno de 690 cm^{-1} podem ser atribuídas a vibrações de estiramento da MO_2 . A banda em torno de 540 cm^{-1} e 470 cm^{-1} podem ser atribuídas a vibrações de estiramento das moléculas de M-OH_2 (CHEIDEGGER e BORBOVEC, 1993).

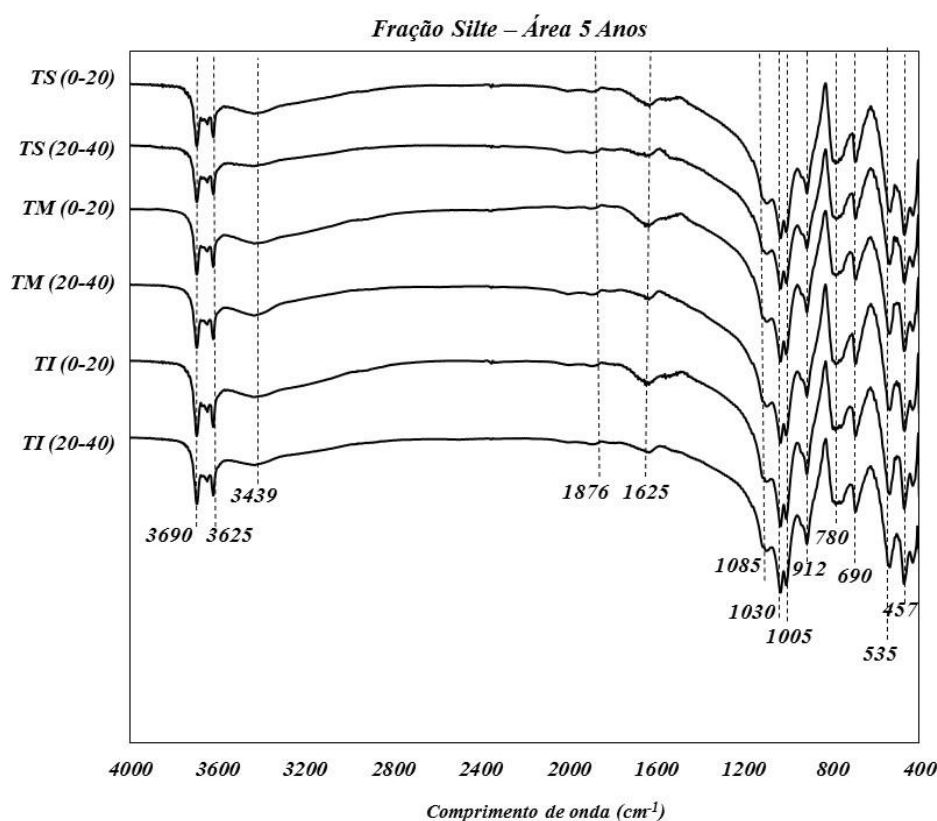


Figura 2.18: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de cultivo de 5 anos.

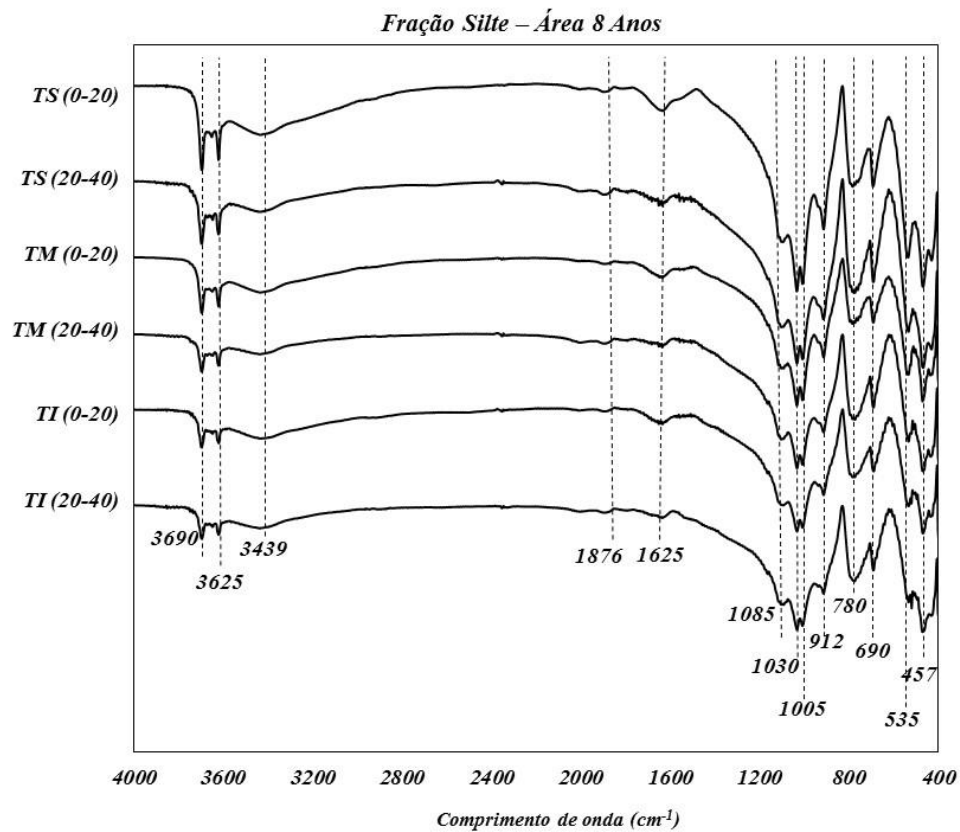


Figura 2.19: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de cultivo de 8 anos.

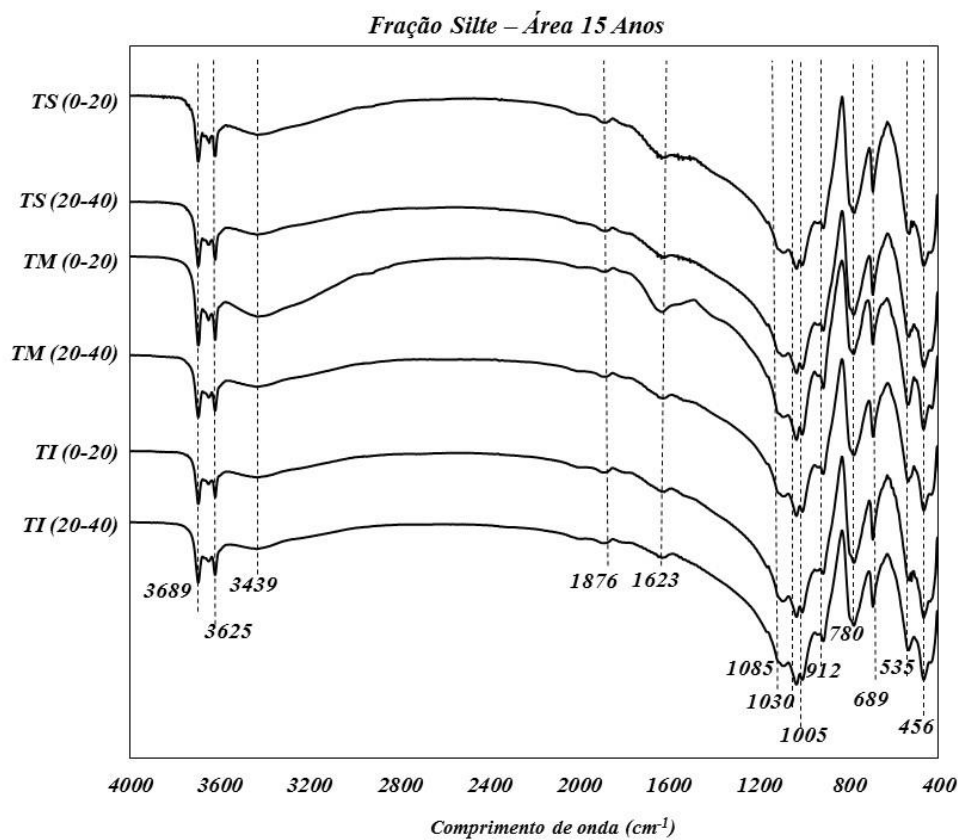


Figura 2.10: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de cultivo de 15 anos.

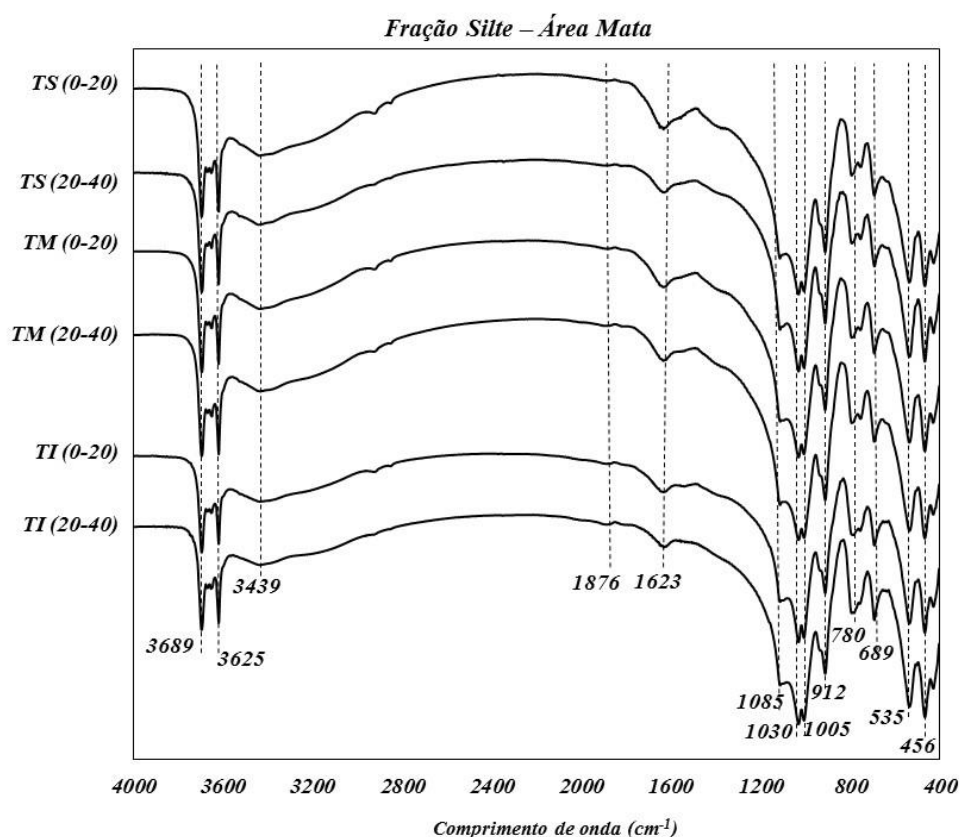


Figura 2.11: Espectro de Infravermelho da fração silte da área de mata (referência).

As Figuras de 2.22 a 2.25 apresentam os espectros de infravermelho observados para a Fração Argila das AC5, AC8 e AC15 anos, respectivamente, e ainda a área MT utilizada como referência.

Pode-se observar pelos espectros um maior aporte de caulinita nesta fração, quando comparada à fração silte, evidenciado pelos picos em torno de 3690 e 3625 cm^{-1} . Este resultado é corroborado pelos resultados de DRX obtidos para a fração argila.

Quando comparados à fração silte pode-se observar que não ocorreu grandes alterações quanto aos tipos de grupos funcionais presentes. As maiores distorções foram evidenciadas para as bandas em torno de 900 cm^{-1} referente a presença de minerais de argila presentes na fração e também sugeridos na FRX e observados na DRX. As bandas referentes aos silicatos são mais evidentes nos terços superiores de todas as áreas quando comparadas aos terços médio e inferior.

Pode-se observar ainda uma redução no aporte de matéria orgânica na AC15 quando comparado às demais áreas com ação antrópica (5 e 8 anos). Estes resultados são coerentes aos observados na literatura. O leve ombro em torno de 1400 cm^{-1} é uma evidência do maior teor de mica na fração argila quando comparado às demais frações, sendo mais evidente nos Terços Superior e Médio.

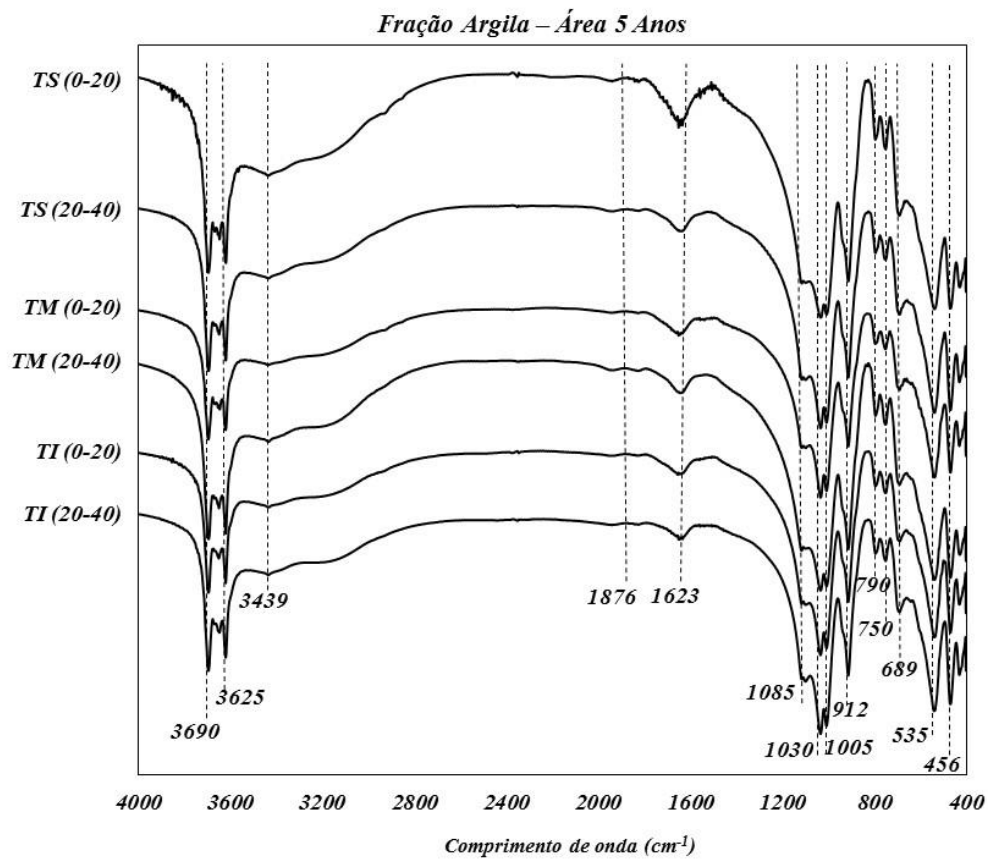


Figura 2.12: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de cultivo de 5 anos.

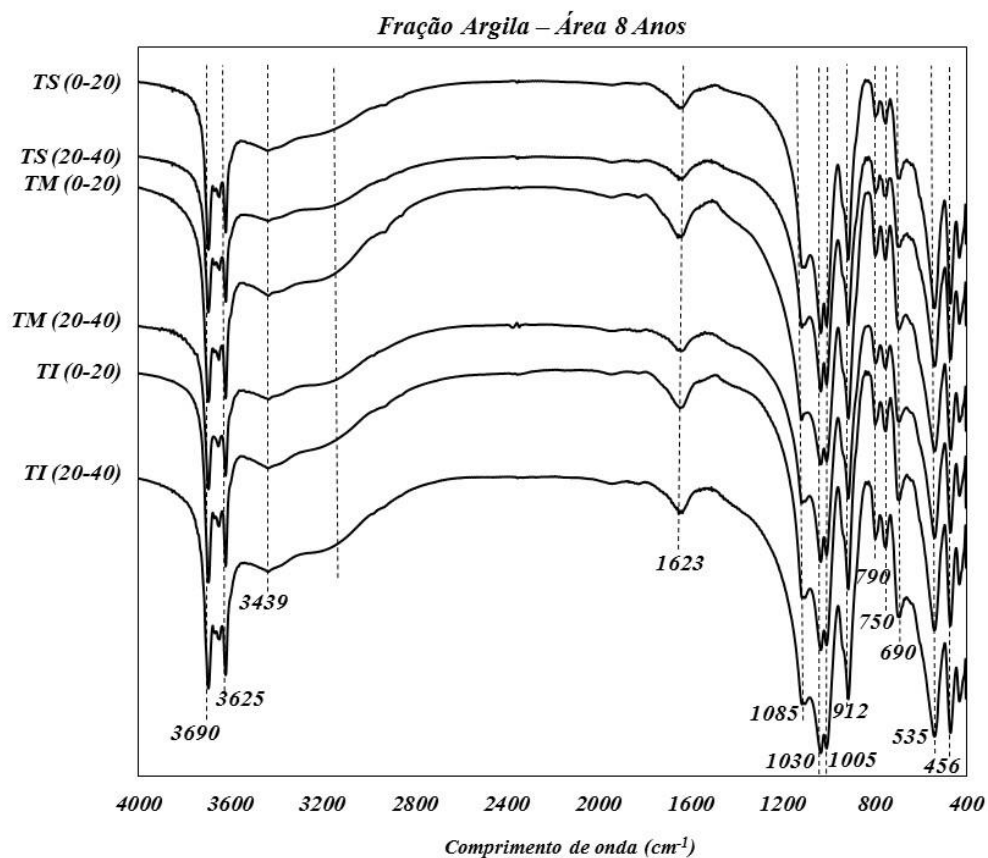


Figura 2.13: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de cultivo de 8 anos.

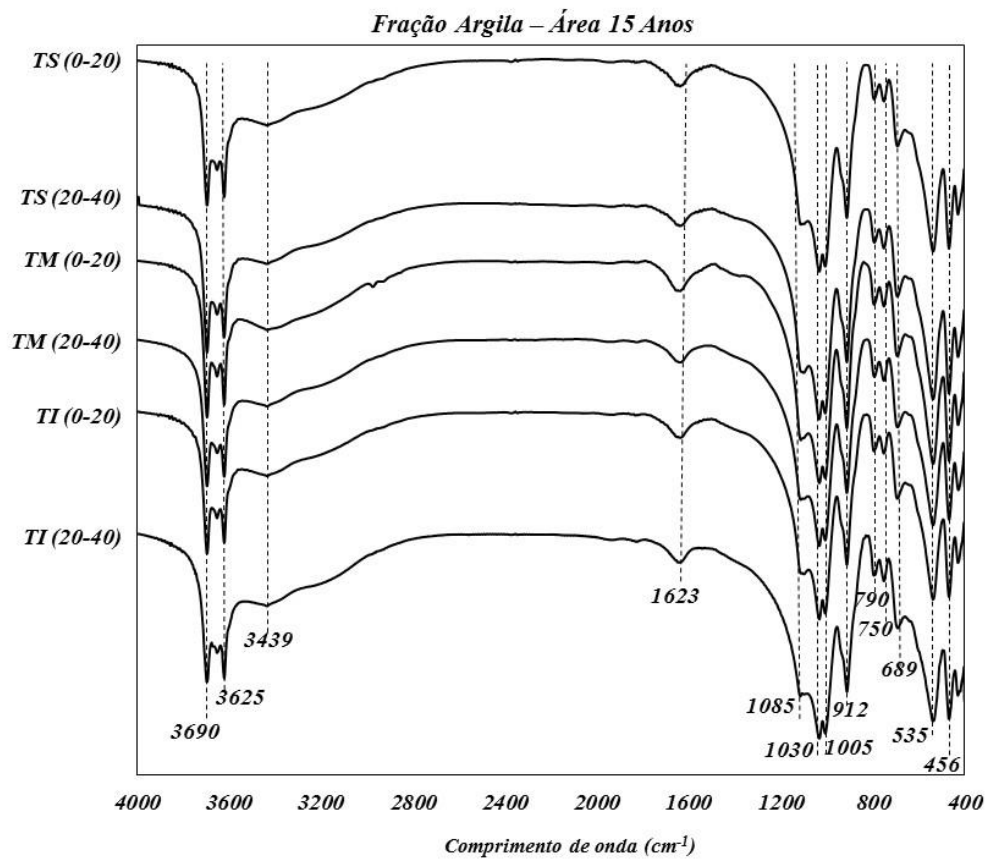


Figura 2.14: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de cultivo de 15 anos.

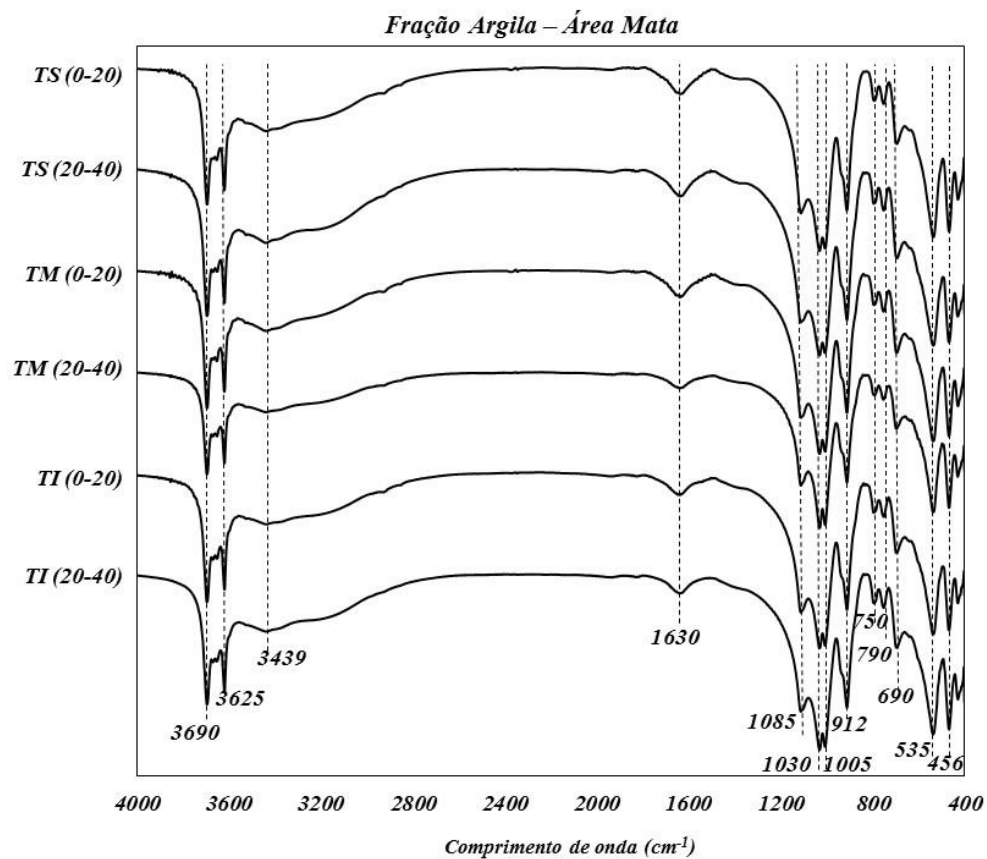


Figura 2.15: Espectro de Infravermelho da fração argila da área de mata (referência).

CONCLUSÕES

Existem baixas quantidades de reserva mineral, em todas as áreas de estudo, indicada pela baixa presença de minerais primários como mica, feldspato e argilominerais expansíveis na fração silte e argila;

Apesar da ação antrópica, a área AC15 foi a que apresentou os melhores resultados em termos mineralógicos, apresentando relativa disponibilidade de minerais primários e expansíveis como esmectita, na fração silte e de minerais primários do tipo mica, na fração argila;

Os resultados da mineralogia do solo das áreas de estudo, de modo geral, indicam a necessidade de reposição adequada de nutrientes exportados para uma perfeita manutenção da área, sob pena da perda da sustentabilidade em ciclos sucessivos de colheitas.

Os resultados de Infravermelho apresentam informações que corroboram os resultados da mineralogia, bem como indicaram mais evidências em termos de matéria orgânica e substâncias húmicas do solo, o que auxiliam na metodologia a ser adotada para a devida correção e manutenção dos indicadores de qualidade do solo.

Os resultados reforçam também a importância do mapeamento e classificação dos solos nas áreas de cultivo como ferramenta importante para o manejo agrícola, fornecendo subsídios para os programas de fertilização e prognose do potencial produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERS, A.P.F.; MELCHIADES, F.G.; MACHADO, R.; BALDO, J.B. & BOSCHI, A.O. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X. **Cerâmica**, v. 48, p. 34-37, 2002.
- ALVES, M. J. F., MELO, V. F., REISSMANN, C. B., KASEKER, J. F. Reserva Mineral de Potássio em Latossolo Cultivado Com Pinus Taeda L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1599-1610, 2013.
- APAC - **Agência Pernambucana de Águas e Clima**. “Monitoramento Pluviométrico”, 2015. Disponível em: < <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php> >. Acesso em, 27 de Jul. de 2015.
- ARTZ, R. R. E.; CHAPMAN, S. J.; ROBERTSON, A. H. J.; POTTS, J. M.; DÉFARGE, F. L.; GOGO, S.; COMONT, L.; DISNAR, J. R.; FRANCEZ, A. J. FTIR spectroscopy can be used as a screening tool for organic matter quality in regenerating cutover peatlands. **Soil Biology Biochemistry**, Amsterdam, v. 40, n. 2, p. 515-527, 2008.
- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 030/94: Solos - determinação das relações sílica-alumina e sílica-sesquióxidos em solos.** Brasília, 1994.
- CASTRO, P. P. **Reserva e disponibilidade de nutrientes para o Eucalipto em solos do Rio Grande do Sul.** 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 2006.
- CHEIDEGGER, A, BORKOVEC, M., Sticher, H. Coating of silica sand with goehite: preparation and analytical identification. **Geoderma**, v.58, 43 – 65, 1993.
- COCOZZA, C.; D’ORAZIO, V.; MIANO, T. M.; SHOTYK, W. Characterization of solid and aqueous phases of a peat bog profile using molecular fluorescence spectroscopy, ESR and FT-IR, and comparison with physical properties. **Organic Geochemistry**, v. 34, n. 1, p. 49-60, 2003.
- COSTA, A. C. S. e BIGHAM, J. M. **Óxido de Ferro**. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo, Parte I – Conceitos Básicos. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 505-572.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São Vicente Férrer**, Estado de Pernambuco/Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16870/Rel_S%C3%A3o%20Vicente%20Ferrer.pdf?sequence=1> Acesso em: 30 de Nov. de 2016.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. G. S. M. **Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros**. In: POTÁSSIO na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos. v.2, p. 71-91, 2005.

EMBRAPA SOLOS, **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**, Embrapa, 2000. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/>>. Acesso em, 10 de Out. de 2014.

EMBRAPA SOLOS, **Manual de métodos de análise de solo** 2.^a ed. Rio de Janeiro, centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997.

ESTEVE, V.; OCHANDO, L.E.; REVENTÓS, M.M.; PERIS, G. & AMIGÓ, J.M. Quantitative phase analysis of mixtures of three components using Rietveld and Rius Standardless Methods. Comparative results. **Crystal Research and Technology**, v. 35, p. 1183-1192, 2000.

FARIA, C. M. B. de.; SILVA, M. S. L. da.; SILVA, D. J. **Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 33 p.; (Embrapa Semi-Árido. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 74).

FARMER, V.C. & PALMIERI, F. **The characterization of soil minerals by infrared spectroscopy**. In: GIESEKING, J.E., ed. Soil components. New York, Springer-Verlag, p.573-670, 1975.

FERREIRA, B.A.; FABRIS, J.D.; SANTANA, D.P. & CURI, N. Óxidos de ferro das frações areia e silte de um Nitossolo desenvolvido de basalto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 405-413, 2003.

FILTZPATRICK, R. W., ROUX, J. L. Forms of pedogenic iron and their distribution in relation to climate and topography along the eastern seabord of South Africa. *Int.Congr. Soil Sci.*, v. 11, p.178, 1978.

GERZABEK, M.H.; ANTIL, R.S.; KOGL-KNABNER, I.; KNICKER, H.; KIRCHMANN, H. & HABERHAUER, G. How are soil use and management reflected by soil organic matter characteristics: A spectroscopic approach. *Eur. J. Soil Sci.*, 57:485-494, 2006.

GUIMARÃES, E. **Caracterização de solos basálticos através de análises química e espectroscópica em laboratório e por satélite**. 2006. 117 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, “Produção Agrícola Municipal”, 2014. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em, 10 de Jun. de 2016.

KAMPF, N., CURI, N. **Óxidos de ferro: indicador de ambiente pedogênicos e geoquímicos**. In: FREITAS, J. R. Tópicos em Ciência do Solo – Vol. 1. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 107-138.

LEITE, J. G, **Aplicação das técnicas de Espectroscopia FTIR e de Micro Espectroscopia Confocal Raman à Preservação do Patrimônio**. 2008. 73f. Dissertação (Mestrado), Universidade do Porto. Porto, 2008.

McBRIDE, M.B. **Surface chemistry of soil minerals**. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (Ed.). *Minerals in soil environments*. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p.35-88.

MELO, V. F. CASTILHOS, R. M. V. PINTO, L. F. S. **Reserva Mineral do Solo**. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F. *Química e Mineralogia do Solo, Parte I – Conceitos Básicos*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. P. 251-332.

MELO, V.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SINGH, B.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Propriedades químicas e cristalográficas da caulinita e dos óxidos de ferro em sedimentos do Grupo Barreiras no município de Aracruz, Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 53-64, 2002.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, MG: UFLA, 2002. v.1. 625p.

MORI, P.; REEVES, S.; CORREIA, C.T. & HAUKKA, M. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Sao Paulo University. **Revista Brasileira Geociência**, V. 29, p. 441-446, 1999.

NAYAK, P. S.; SINGH, K. Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR. **Bulletin of Materials Science**, Bangalore, v. 30, n. 3, p. 235–238, June 2007.

PENA, F., TORRENT, J. Relationships between phosphate sorption and iron oxides in alfisols from a river terrace sequence of mediterranean Spain. **Geoderma**, v.55, p.283-296, 1984.

SANTOS, J. D.; **Alterações das Propriedades Físicas e Químicas do Solo em Função de Diferentes Sistemas Agrícolas** – São José da Lapa / MG; Minas Gerais, MG:UFMG, 88p. Dissertação (Mestrado em Geografia -Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SILVA, M.B. **Caracterização dos solos em uma topossequência no Campus da UFRRJ**. Itaguaí/RJ; Rio de Janeiro, RJ:UFRRJ, 141p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993.

SILVA, D.J. **Nutrição e Adubação da Videira em Sistema de Produção Integrada**. Petrolina, PE. Embrapa Semiárido, 2012. 10 p (Circular Técnica, 100) ISSN 1808-9976. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/950684/1/CTE100.pdf> Acesso em: 5 de Jun de 2017.

SILVA, L. B.; DICK, D. P.; INDA JÚNOR, A. V. Solos subtropicais de altitude: atributos químicos, teor de matéria orgânica e resistência à oxidação química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1167-1171, jul. 2008.

SINGH, B. & GILKES, R.J. Properties of soil kaolinites from South-Western. **Aust. J. Soil Sci.**, 43:645-667, 1992.

WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M. DA.; CHERUBIN, M. R.; E RIGON, J. P. G. Caracterização dos Níveis de Elementos Químicos em Solo, Submetido a Diferentes Sistemas de Uso e Manejo, Utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF). **Química Nova**, v. 33, Nº. 7, p. 1449-1452, 2010.

WEIDLER, P.G.; LUSTER, J.; SCHNEIDER, J.; STICHER, H. & GEHRING, A.U. The Rietveld Method applied to the quantitative mineralogical and chemical analysis of a Ferralitic soil. **European Journal of Soil Science**, v. 49, p. 95-105, 1998.

WHITTIG, L.D. & ALLARDICE, W.R. **X-ray diffraction techniques**. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. p.331-362,1986.

APÊNDICE - A

(Tabelas com valores obtidos e resultados estatísticos)

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente na mesma coluna. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente na mesma linha. Letras gregas comparam a posição do relevo entre as áreas. Pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Áreas com 0 (zero) anos de cultivos corresponde a área de Mata

Tabela A1: Valores de pH

pH	Anos de cultivo			
Profundidade	0	5	8	15
0-5	4.6773 ABb	7.1347 Aa	7.2240 Aa	7.0754 Aa
5-10	4.6340 Bc	7.1253 Aab	7.2727 Aa	6.9305 Ab
10-20	4.7453 ABc	7.0760 Ab	7.2787 Aa	6.9300 Ab
20-40	4.8000 Ac	6.7700 Bb	7.0504 Ba	6.6613 Bb

Tabela A2: Valores de Fósforo no solo

P	Anos de cultivo			
Profundidade	0	5	8	15
0-5	1.6678 Ab	121.85 Aa	128.62 Aa	114.73 Aa
5-10	3.3737 Ab	105.75 ABa	105.55 ABa	95.0981 ABa
10-20	1.2558 Ab	80.0377 Ba	87.0968 Ba	62.6366 BCa
20-40	3.7945 Ab	43.5691 Ca	44.8295 Ca	37.2231 Cab

Tabela A3: Valores de Cálcio no solo

Ca ⁺²	Anos de cultivo			
Profundidade	0	5	8	15
0-5	0.2533 Ab	1.8067 Aa	1.9733 Aa	1.9305 Aa
5-10	0.1733 ABc	1.9800 Aa	1.9067 Aa	1.5525 Bb
10-20	0.1667 ABc	2.0200 Aa	1.9132 Aa	1.5307 Bb
20-40	0.02000 Bc	1.1933 Ba	1.3554 Ba	0.9267 Cb

Tabela A4: Valores da acidez potencial do solo

H+AL	Anos de cultivo			
Profundidade	0	5	8	15
0-5	11.8360 Aa	1.7820 Bb	1.3233 Ab	1.7726 Ab
5-10	8.1818 Ca	3.2340 Ab	1.9030 Ac	1.4726 Ac
10-20	9.4600 Ba	1.8150 Bbc	1.1921 Ac	2.0901 Ab
20-40	8.1400 Ca	2.3760 Bb	1.7344 Ab	1.6390 Ab

Tabela A5: Valores da Capacidade de Troca Catiônica a pH7 no Solo

CTC-T	Anos de cultivo			
Profundidade	0	5	8	15
0-5	12.6062 Aa	5.4055 Bb	5.1956 Ab	5.0178 Ab
5-10	9.0224 Ca	6.1895 Ab	4.7349 Abc	4.3812 ABc
10-20	9.9655 Ba	4.5813 Cb	4.0134 Bb	4.3276 ABb
20-40	8.8460 Ca	4.8450 BCb	4.2919 Bbc	3.6670 Bc

Tabela A6: Valores de Magnésio no solo

Mg	Anos de cultivo			
Profundidade	0	5	8	15
0-5	0.2467 Bc	1.2533 Aa	1.3933 Aa	0.8152 Ab
5-10	0.5267 Ab	0.5600 Cb	0.5733 Cb	1.0423 Aa
10-20	0.1867 Bb	0.3733 Cab	0.5959 Ca	0.4151 Bab
20-40	0.5333 Ab	0.8733 Ba	0.9001 Ba	0.8000 Aa

Tabela A7: Valores da Saturação por Alumínio no solo

m%	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	46.9869 Ba α	51.6685 Ba α	45.8476 Ba α	3.9764 Ba β	6.8586 Ba β	5.2802 ABa β	5.7948 Aa β	5.5809 ABa β	5.1823 Aa β	5.2016 ABa β	3.1081 Ba β	3.2637 Ca β
5-10	72.3353 Aa α	70.5716 Aa α	70.2183 Aa α	1.6727 Ba β	1.7080 Ba θ	3.1956 Ba θ	7.1083 Aab β	14.7150 Aa β	1.6738 Ab θ	1.5605 Bb β	7.5272 ABb $\beta\theta$	26.3536 Aa β
10-20	63.2703 Aa α	68.3003 Aa α	67.2664 Aa α	1.7415 Ba β	1.7928 Ba β	1.8553 Ba β	1.8443 Aa β	1.7207 Ba β	1.6569 Aa β	2.1190 Ba β	2.4372 Ba β	2.2402 Ca β
20-40	40.9220 Bb α	46.8621 Bab α	52.9316 Ba α	14.3093 Aa β	17.0511 Aa β	13.4902 Aa β	12.6037 Aa β	14.9223 Aa β	11.2318 Aa β	14.5945 Aa β	17.4540 Aa β	15.5520 Ba β

Tabela A8: Valores da Acidez Trocável do solo

AL	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	0.6400 Ba α	0.9000 BCa α	0.6800 Ca α	0.1600 Aa β	0.2600 ABa β	0.2000 Aa β	0.2200 Aa β	0.2200 ABa β	0.2400 Aa β	0.1800 Aa β	0.1201 Aa β	0.1000 Ba β
5-10	2.4000 Aa α	2.1000 Aaba α	1.8600 Ab α	0.05000 Aa β	0.05000 Ba θ	0.1000 Aa θ	0.2400 Aab β	0.5100 Aaβ	0.05000 Ab θ	0.05000 Aa β	0.2400 Aa $\beta\theta$	1.2125 Aaβ
10-20	0.8400 Ba α	1.0800 Ba α	1.0800 Ba α	0.05000 Aa β	0.05000 Ba β	0.05000 Aa β	0.04898 Aa β	0.05000 Ba β	0.05000 Aa β	0.05000 Aa β	0.06030 Aa β	0.05000 Ba β
20-40	0.5600 Ba α	0.5800 Ca α	0.7000 Ca α	0.4000 Aa α	0.4800 Aa α	0.4000 Aa α	0.3530 Aa α	0.4400 Aa α	0.3400 Aa α	0.3800 Aa α	0.4000 Aa α	0.3600 Ba α

Tabela A9: Valores da Acidez Ativa no solo

H	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	9.6560 Ab α	12.1680 Aa α	11.4640 Aa α	1.6550 Aa β	1.5880 Ba β	1.4830 Ba β	1.0670 Aa β	1.0274 Aa β	1.1955 Ba β	1.5360 Aa β	1.5233 Aa β	1.8412 ABa β
5-10	4.8534 Cb α	6.9420 Ca α	6.3900 Ca α	2.7550 Aa β	3.4810 Aa β	3.2660 Aa β	1.2120 Ab θ	0.7440 Ab θ	2.9530 Aa β	1.2700 Aa θ	0.9490 Aa θ	0.6887 Ba θ
10-20	7.1240 Bb α	8.7320 Ba α	9.5240 Ba α	1.7430 Aa β	1.8420 Ba β	1.7100 Ba β	1.0105 Aa β	1.1160 Aa β	1.3140 Ba β	1.7760 Aa β	1.9452 Aa β	2.3700 Aa β
20-40	7.1400 Ba α	7.7470 BCa α	7.6930 Ca α	2.0860 Aa β	1.9730 Ba β	1.7890 Ba β	1.2028 Aa β	1.3860 Aa β	1.4860 Ba β	0.8520 Aa β	1.0300 Aa β	1.8950 ABa β

Tabela A10: Valores do Carbono no solo

C	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	44.6539 Ab α	48.9493 Aa α	51.0412 Aa α	29.7658 Aa β	29.3511 Aa β	29.7798 Aa β	23.2798 Ab θ	29.3760 Aa β	32.6384 Aa β	29.6284 Aa β	27.9631 Aa β	28.8762 Aa β
5-10	35.2287 Bb α	38.4916 Bab α	41.5574 Ba α	24.8271 Ba β	24.0438 Ba β	24.7303 Ba β	19.9911 ABa θ	20.3149 Ba β	22.1145 Ba β	22.3045 Ba $\beta\theta$	20.8233 Ba β	24.4577 Ba β
10-20	27.2166 Cb α	32.6447 Ca α	34.0452 Ca α	22.5146 Ba β	19.9234 Ca β	21.7342 Ba β	16.9798 Ba θ	16.7320 Ca $\beta\theta$	17.9579 Ca β	14.0480 Ca θ	13.3362 Ca θ	12.5757 Ca θ
20-40	23.8269 Cb α	28.5493 Da α	27.3564 Dab α	15.9327 Ca β	15.0732 Da β	17.8354 Ca β	11.0625 Ca θ	10.9339 Da β	12.5741 Da θ	13.0886 Ca $\beta\theta$	11.3924 Ca β	11.1293 Ca θ

Tabela A11: Valores da Matéria Orgânica no solo

M.O.	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	76.9834 Ab α	84.3886 Aa α	87.9949 Aa α	51.3163 Aa β	50.6013 Aa β	51.3403 Aa β	40.1344 Ab θ	50.6442 Aa β	56.2686 Aa β	51.0793 Aa β	48.2640 Aa β	50.0791 Aa β
5-10	60.7343 Bb α	66.3595 Bab α	71.6449 Ba α	42.8019 Ba β	41.4515 Ba β	42.6350 Ba β	34.4646 ABa θ	35.0228 Ba β	38.1255 Ba β	38.4529 Ba $\beta\theta$	35.8993 Ba β	42.3027 Ba β
10-20	46.9215 Cb α	56.2795 Ca α	58.6939 Ca α	38.8152 Ba β	34.3480 Ca β	37.4697 Ba β	29.4290 Ba θ	28.8460 Ca $\beta\theta$	30.9595 Ca β	24.2188 Ca θ	23.2290 Ca θ	21.6804 Ca θ
20-40	41.0776 Cb α	49.2190 Da α	47.1625 Dab α	27.4679 Ca β	25.9862 Da β	30.7482 Ca β	19.1191 Ca θ	18.8500 Da β	21.6778 Da θ	22.5647 Ca $\beta\theta$	19.6405 Ca β	19.1869 Ca θ

Tabela A12: Valores da Soma de Bases no solo

SB	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	0.7393 ABa θ	0.8361 Aa β	0.7354 Aa θ	3.8304 Aa α	3.4971 Aa α	3.5429 Aa β	3.5298 Ab $\alpha\beta$	3.6644 Ab α	4.4227 Aa α	3.1757 Aa β	3.4922 Aa α	3.0510 Aa β
5-10	0.9435 Aa θ	0.8308 Aa β	0.7476 Aa β	2.9556 Ba $\alpha\beta$	2.9033 Ba α	3.0075 Ba α	2.6447 Ba β	2.8862 Ba α	2.9647 Ba α	3.2559 Aa α	2.5719 Bb α	2.8857 Aab α
10-20	0.4890 Ba θ	0.4970 Aa θ	0.5306 Aa θ	2.8582 Ba α	2.7578 Ba α	2.6828BCa $\alpha\beta$	2.5811 Ba $\alpha\beta$	2.8754 Ba α	2.9797 Ba α	2.3381 Ba β	2.1103 BCa β	2.1959 Ba β
20-40	0.8168 ABa β	0.6569 Aa θ	0.6443 Aa θ	2.4199 Ca α	2.4030 Ca $\alpha\beta$	2.5841 Ca α	2.4397 Ba α	2.5456 Ba α	2.6963 Ba α	2.2272 Ba α	1.9166 Ca β	1.9401 Ba β

Tabela A13: Valores da Capacidade de Troca Cátions Efetiva no solo

t	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	1.3793 Ba θ	1.7361 Ba β	1.4154 Ba θ	3.9904 Aa α	3.7571 Aa α	3.7429 Aa β	3.7498 Aba β	3.8844 Aba α	4.6627 Aa α	3.3557 Aa β	3.5601 Aa α	3.1309 Ba β
5-10	3.3435 Aa α	2.9308 Aab α	2.6076 Ab β	3.0056 Ba α	2.9533 Ba α	3.1075 Ba β	2.8847 Ba α	3.3962 ABa α	3.0147 Ba β	3.3059 Aba α	2.8119 ABb α	4.0780 Aa α
10-20	1.3290 Ba β	1.5770 Ba θ	1.6106 Ba θ	2.9082 Ba α	2.8078 Ba α β	2.7328 Ba α β	2.6275 Ba α	2.9254 Ba α	3.0297 Ba α	2.3881 Ba α	2.1353 Ca β θ	2.2459 Ca β
20-40	1.3768 Ba β	1.2369 Ba θ	1.3443 Ab θ	2.8199 Ba α	2.8830 Ba α β	2.9841 Ba α	2.7852 Ba α	2.9856 Ba α	3.0363 Ba α	2.6072 Ba α	2.3166 BCa β	2.3001 Ca β

Tabela A14: Valores da Percentagem por Saturações de Bases no solo

V	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	6.6496 Aa β	6.0986 Aa β	5.7582 ABa θ	67.1928 Aa α	65.7583 Aa α	68.0189 Aa α β	73.3984 Aa α	74.7462 Aa α	75.7724 Aa α	64.7995 ABa α	72.1226 Aa α	61.3651 Aa β
5-10	11.6928 Aa θ	8.4324 Aa θ	14.3457 Aa θ	51.9484 Ba β	45.1021 Aa β	47.3395 Ca β	65.7098 ABa α	69.6796 Aa α	49.9375 Cba β	71.0671 Aa α	68.1930 Aa α	60.9136 Aa α
10-20	5.8159 Aa θ	4.8808 Aa θ	4.7851 Ba θ	61.5161 Aa α β	59.4792 Ba β	60.2603 ABa α	71.9053 ABa α	71.8131 Aa α	68.9687 ABa α	56.6664 Ba β	52.8407 Ba β	48.0176 Ba β
20-40	9.6009 Aa θ	7.3678 Aa β	7.0584 ABa θ	49.4275 Ba β	49.8509 Ba α	54.5939 BCa α β	61.8325 Ba α	58.4290 Ba α	59.8553 Ba α	65.0622 ABa α	58.0977 Ba α	46.3428 Bb β

Tabela A15: Valores de Cálcio e Magnésio no solo

Ca+Mg	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	0.4867 ABa θ	0.5467 Aa β	0.4667 Aa θ	3.2067 Aa α	2.9667 Aa α	3.0067 Aa β	3.0867 Aba β	3.1867 Aba α	3.8267 Aa α	2.6267 Aa β	2.9269 Aa α	2.6352 Aa β
5-10	0.8133 Aa θ	0.6733 Aa β	0.6133 Aa β	2.4933 Ba $\alpha\beta$	2.4733 Ba α	2.6533 ABa α	2.3133 Ba β	2.5533 Ba α	2.5733 Ba α	2.9333 Aa α	2.2533 Bba α	2.5843 Aaba α
10-20	0.3400 Ba β	0.3600 Aa θ	0.3600 Aa θ	2.4400 CBa α	2.4000 Ba α	2.3400 BCa $\alpha\beta$	2.3091 Ba α	2.5600 Ba α	2.6400 Ba α	2.0600 Ba α	1.8382 BCa β	1.9000 Ba β
20-40	0.6667 ABa β	0.5067 Aa θ	0.4867 Aa θ	2.0467 Ca α	1.9267 Ca $\alpha\beta$	2.2267 Ca α	2.1697 Ba α	2.2467 Ba α	2.3667 Ba α	1.9667 Ba α	1.6067 Ca β	1.6067 Ba β

Tabela A16: Valores de Potássio no solo

K	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	0.1454 Aa β	0.1443 Aa β	0.1236 Aa θ	0.3393 Aa α	0.3473 Aa α	0.3531 Aa β	0.3360 Aba α	0.3875 Aba α	0.4635 Aa α	0.3954 Aa α	0.3436 Aaba α	0.3241 Ab β
5-10	0.08890 Ba β	0.08976 Ba β	0.06986 Ba β	0.2888 ABa α	0.3061 Aa α	0.2732 Ba α	0.2637 Bba α	0.2784 Bab α	0.3303 Ba α	0.2516 Ba α	0.2542 Ba α	0.2723 ABa α
10-20	0.07426 Ba β	0.07098 Ba β	0.07163 Ba β	0.2446 BCa α	0.2511 Ba α	0.2505 BCa α	0.2170 BCa α	0.2472 BCa α	0.2748 Ca α	0.2209 BCa α	0.2236 BCa α	0.2431 Ba α
20-40	0.07417 Ba β	0.06709 Ba β	0.07091 Ba β	0.2098 Ca α	0.2424 Ba α	0.2190 Ca α	0.1823 Ca α	0.2087 Ca α	0.2305 Ca α	0.1864 Ca α	0.1831 Ca α	0.2245 Ba α

Tabela A17: Valores de Sódio no solo

Na	Anos de cultivo											
	0			5			8			15		
PROF.	I	M	S	I	M	S	I	M	S	I	M	S
0-5	0.1072 Aaβ	0.1452 Aaαβ	0.1452 Aaαβ	0.2844 Aaα	0.1831 Abα	0.1831 Abα	0.1072 Aaβ	0.09031 Aaβ	0.1325 Aaαβ	0.1536 Aabβ	0.2196 Aaα	0.09729 ABbβ
5-10	0.04123 Baβ	0.06439 Baαβ	0.06770 Baα	0.1735 Baα	0.1239 Babα	0.08093 Cbα	0.06770 Aaβ	0.05447 Aaβ	0.06108 Baα	0.07100 Baβ	0.06439 Caαβ	0.04263 Baα
10-20	0.07477 ABaβ	0.06598 Baα	0.09894 ABaα	0.1736 Baα	0.1066 Bbα	0.09235 BCbα	0.05825 Aaβ	0.06818 Aaα	0.06488 Baα	0.05720 Baβ	0.06051 Caα	0.05280 Baα
20-40	0.07598 ABaβ	0.08312 Baβ	0.08669 Baα	0.1634 Baα	0.2339 Abα	0.1384 ABbα	0.09216 Aaβ	0.09026 Aaβ	0.09918 ABaα	0.07420 Baβ	0.1268 Baβ	0.1090 Aaα