

ANDREZZA EMANUELLA OLIVEIRA SILVA

**ATIVIDADE ENZIMÁTICA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMA DE MANEJO EM FLORESTA TROPICAL SECA DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL

JANEIRO - 2014

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

ATIVIDADE ENZIMÁTICA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMA DE MANEJO EM FLORESTA TROPICAL SECA DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO

ANDREZZA EMANUELLA OLIVEIRA SILVA

SOB ORIENTAÇÃO DA PROFESSORA
ÉRIKA VALENTE DE MEDEIROS
CO-ORIENTAÇÃO: EUZELINA DOS SANTOS BORGES INÁCIO

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

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
JANEIRO - 2014

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

ATIVIDADE ENZIMÁTICA COMO INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO
EM SISTEMA DE MANEJO EM FLORESTA TROPICAL SECA DO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO

ANDREZZA EMANUELLA OLIVEIRA SILVA

GARANHUNS
PERNAMBUCO - BRASIL
JANEIRO- 2014

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

S586a Silva, Andrezza Emanuella Oliveira
Atividade enzimática como indicador de qualidade do solo em sistema de manejo em floresta tropical seca do Semiárido Brasileiro/Andrezza Emanuella Oliveira Silva - Garanhuns, 2014.

53f

Orientadora: Érika Valente de Medeiros
Dissertação (Mestrado em Produção agrícola) -
Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2014.

Inclui Bibliografias

CDD: 631.4

1. Solo - Manejo
 2. Atividade enzimática
 3. Ciclo do Enxofre e Nitrogênio
 4. Fosfatase ácida e alcalina
- I. Medeiros, Érika Valente de
 - II. Título

*À minha mãe, **Josefa**
e ao meu pai **Manoel**,
pelo amor incondicional.*

DEDICO.

*À minha irmã, **Andréa** e
ao meu noivo **Thiago**.*

OFEREÇO.

AGRADECIMENTO

A DEUS, por me conceder a vida, por me dar forças para superar todos os desafios e direcionar o meu caminho e por manter inabalável a minha fé nos momentos de tribulação.

Aos meus pais, Manoel Antonio e Josefa Maria, pelo exemplo de garra e determinação, por ensinar-me o sentido da família, do amor, do respeito, da humildade e, sobretudo, da importância que a educação tem em nossas vidas. Pai e Mãe vocês são minha fortaleza, muito obrigada pelos esforços a mim concedidos e por mim conduzirem em seus princípios. A vocês minha eterna gratidão;

À minha querida irmã, Andréa, pelo amor e cumplicidade. Obrigada por estar ao meu lado sempre;

Ao meu noivo, Thiago Araújo, pelo amor, apoio emocional e financeira, paciência nos momentos de inquietação e cansaço, elementos que foram parte do combustível utilizado nesta caminhada. Obrigada por estar sempre ao meu lado;

À minha família como um todo, especialmente a minha tia Maria (Mel), que me deram força e incentivo para continuar durante toda essa jornada acadêmica;

À UAG-UFRPE e a Pós-Graduação em Produção Agrícola, pela oportunidade de ingressar no mundo científico;

A FACEPE e CNPq pela concessão de auxílio financeiro.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela importante ajuda financeira por meio da bolsa de estudos;

Agradeço a minha orientadora Érika Valente de Medeiros por todo empenho, orientação, confiança, amizade e compreensão em momentos difíceis;

À minha co-orientadora Euzelina Borges, por estar sempre disponível para me auxiliar;

À professora Keila Moreira, pelos conhecimentos compartilhados, pela disponibilidade e pelo carinho;

Ao corpo docente de Pós Graduação em Produção Agrícola a vocês meus sinceros agradecimentos;

A APNE – Associação Plantas do Nordeste pelo apoio técnico nas áreas experimentais.

A José Claudio Fonseca proprietário da área experimental pela concessão das áreas para realização desse estudo.

Ao Grupo de Pesquisa em Fertilidade do Solo do Departamento de Departamento de Energia Nuclear da UFPE pela infraestrutura concedida para realização de etapas desse estudo.

Agradeço de forma especial a Jéssyca Delinhares, amiga fiel que esteve ao meu lado em momentos cruciais e pela incrível disponibilidade oferecida, foi o meu braço direito. Vou levá-la em meu coração;

Aos meus colegas de mestrado, Elenize, Jéssyca, Cássia, Alison, Adrielle, Abrãao e Luan, pela rica troca de ideias e cumplicidade. Foi maravilhoso conviver com vocês;

Aos amigos do grupo de pesquisa: Jamilly, Jéssica, Allison, Luiz, por tornarem os cansativos dias de laboratório mais alegres e produtivos. Obrigada pela prontidão e ensinamentos;

Aos companheiros de Laboratorio de biotecnologia, Alana e Erick pelos momentos de descontração no laboratório que tornaram a jornada mais leve. Obrigada pela alegria e amizade;

E, por fim, a todos aqueles que por um lapso não mencionei, mas que colaboraram para esta pesquisa: abraços fraternos a todos!

BIOGRAFIA

ANDREZZA EMANUELLA OLIVERIA SILVA, filha de Manoel Antonio de Oliveira e Josefa Maria da Silva, nasceu em 18 de maio de 1987, na Cidade do Recife, Pernambuco. Coursou o ensino fundamental e o ensino médio no Colégio Anita Gonçalves, na cidade do Paulista - PE. Em 2007 foi aprovada no curso de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE. Nesta instituição, participou de programas de pesquisa e extensão, sendo bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq. Ao longo da graduação estagiou no Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, onde adquiriu muitos conhecimentos e amizades. Em fevereiro de 2012 obteve o título de Engenheira Agrônoma, e no mesmo ano ingressou na Pós-Graduação em Produção Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, como discente do curso de Mestrado.

SUMÁRIO		Página
RESUMO GERAL		01
GENERAL SUMMARY		02
INTRODUÇÃO GERAL		03
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		06

CAPÍTULO I

ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM CAMADAS SUPERFICIAIS DE DIFERENTES SOLOS EM ÁREAS SOB REGENERAÇÃO DA VEGETAÇÃO EM FLORESTA TROPICAL SECA

RESUMO		10
ABSTRACT		11
1. INTRODUÇÃO		12
2. MATERIAL E MÉTODOS		
2.1 Caracterização da área de estudo		14
2.2 Amostragem do solo		18
2.3 Atividade enzimática		18
2.4 Análise estatística		19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO		
3.1 Fosfatase ácida		19
3.2 Fosfatase alcalina		21
3.3 Arilsulfatase		23
3.4 Urease		24
3.5 Análise de Multivariada		26
4. CONCLUSÕES		29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		29

CAPÍTULO II

ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM PERFIS DE CAMBISSOLO, LATOSSOLO AMARELO E PLANOSSOLO EM ÁREAS DE REGENERAÇÃO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

RESUMO	36
ABSTRACT	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	
2.1 Amostragem do solo	39
2.2 Avaliação estatística dos dados	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
3.1 Fosfatase ácida	40
3.2 Fosfatase alcalina	42
3.3 Arilsulfatase	43
3.4 Urease	45
4. CONCLUSÕES	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53

RESUMO GERAL

Os atributos bioquímicos desempenham um papel muito importante nos ciclos biogeoquímicos dos elementos, sendo este fundamental para a sobrevivência dos seres vivos. Dessa maneira, o conhecimento sobre a atividade enzimática contribuem para avaliar a qualidade quanto ao uso e manejo do solo. Este estudo teve como objetivos 1. determinar a atividade enzimática das enzimas envolvidas no ciclo do fósforo, do enxofre e do nitrogênio nas camadas superficiais de solos em áreas sob diferentes tempos de estágios de regeneração florestal, no município de Floresta-PE e, 2. avaliar as atividades enzimáticas no perfil de um Cambissolo, Planossolo e Latossolo, até 1m de profundidade, em áreas sob estágios de regeneração florestal. Em uma faixa homogênea de solo, foram selecionadas seis áreas de acordo com as épocas de corte da vegetação de caatinga do manejo florestal estabelecido para cada área: C-18: vegetação em regeneração há 18 anos; P-13: há 13 anos; L-12: há 12 anos; C-9: há 9 anos; C-7: há 7 anos e L-4: há 4 anos. Nas seis áreas foram retiradas amostras nas profundidades de solo de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, para a avaliação das enzimas fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease. Dessas seis áreas estudadas, três destas (P-13, C-9 e L-4) foram abertos perfis e coletadas amostras nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm para avaliação dos parâmetros descritos anteriormente. Os atributos bioquímicos foram sensíveis em detectar mudanças na qualidade do solo na floresta tropical seca. As atividades das enzimas fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease diminuíram com o aumento da profundidade do solo. O planossolo foi o perfil que apresentou maiores atividades enzimáticas, em todas as profundidades, para as enzimas fosfatase ácida e alcalina.

GENERAL SUMMARY

Biochemical attributes play a very important role in biogeochemical cycles of elements, which is essential for the survival of living beings. Thus, knowledge about the enzymatic activity contribute to assess the quality of the use or soil management. This study aimed to 1. determine the activity of the enzymes involved in phosphorus, sulfur and nitrogen cycle in the surface layers of soil in areas at different times of stages of forest regeneration in the city of Forest-PE and 2. evaluate the enzymatic activities in the Cambisol, Planosol and Oxisol profile, up to 1m deep, in areas under forest regeneration stages. In a homogeneous solo track, six areas were selected according to the cutting times of caatinga vegetation of forest management established for each area: C-18: vegetation regeneration for 18 years; P-13: 13 years ago; L-12: 12 years ago; 9- C: 9 years ago; C- 7: 7 years ago and L- 4: 4 years ago. In six areas, samples were taken at depths of 0-5, 5-15 and 15-30 cm for the evaluation of enzymes acid and alkaline phosphatase, arylsulfatase and urease. These six areas studied, three of these (P-13, C-9 and L-4) were open profiles and samples collected at depths 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm for evaluation of the parameters described above. Biochemical parameters were sensitive in detecting changes in soil quality in tropical dry forest. The activities of enzymes acid and alkaline phosphatase, arylsulfatase and urease decreased with increasing soil depth. The Planosol was the profile that showed higher enzyme activities, at all depths, for acid and alkaline phosphatase enzymes.

INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Tropical Seca (FTS) sofreu impactos do processo de uso e ocupação do solo, que a degradaram paulatinamente. As ameaças à conservação dessa floresta devem-se às práticas de atividades antrópicas como queimadas, que eliminam boa parte da matéria orgânica e com ela o estoque de nitrogênio; contínuos desmatamentos para a pecuária extensiva; práticas agrícolas inadequadas e o extrativismo insustentável. Essas práticas intensificam a desertificação, o assoreamento dos rios e o desgaste do solo (GRISCOM; ASHTON, 2011).

Segundo o último dado do Ministério do Meio Ambiente – MMA (2009), entre os anos de 2008 a 2009 foram desmatados 1.921 km², o que representa 0,23 % da área total da Caatinga, núcleo representante da FTS no Brasil. Tal degradação que o ecossistema vem sofrendo, principalmente em decorrência da atividade antrópica, gera a necessidade de se desenvolver programas de conservação e recuperação ambiental. Nesse contexto, a importância de estudar os indicadores mais sensíveis a estas alterações está na finalidade de sugerir alternativas de uso, manejo e recuperação dos ecossistemas degradados, de forma a reincorporá-las ao processo produtivo.

Indicadores de qualidade do solo são características mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) do solo ou da planta acerca de um processo ou atividade, no qual envolve a associação complexa de fatores químicos, físicos e bioquímicos, e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar o estado atual do solo, pressupor os caminhos de sua transformação e sugerir procedimentos adequados para recuperação, bem como controlar e avaliar os impactos antropogênicos (SILVA et al., 2011). A microbiota do solo tem sido constatada como uma característica mais sensível às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo por ser responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo (BALASHOV et al., 2010; ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2008).

Por sofrerem acentuadamente influência do ambiente, as populações microbianas podem ter suas atividades inibidas em até 100% por diversos fatores estressantes. Devido à sensibilidade às variações bióticas e abióticas, faz com que os microrganismos e seus processos sejam naturalmente escolhidos como indicadores da saúde ou qualidade do solo (SILVA et al., 2010; GOMIDE et al., 2011).

Como o estabelecimento de diferentes agroecossistemas influencia diretamente a biota do solo, o uso de indicadores bioquímicos emergem como um componente importante dos estudos envolvendo a avaliação da qualidade dos solos agrícolas, devido a sua sensibilidade de detectar antes que outros parâmetros físicos e químicos sejam alterados, em função do seu uso e manejo (SILVA et al., 2009).

Diferente do que ocorre com os indicadores químicos de fertilidade, cujos níveis (muito baixo, baixo, médio, adequado e alto) já estão relativamente bem definidos para cada nutriente e tipo de solo (sempre levando em consideração características como: textura, teor de matéria orgânica, etc.) ainda há muita carência em base de informações disponíveis a cerca de dados bioquímicos. Assim sendo, há dificuldades na interpretação dos bioindicadores de qualidade, ou seja, de saber realmente quando é que os valores obtidos indicam ou não um solo de boa qualidade, isso é um dos grandes obstáculos a serem passados para o uso dessas variáveis nas avaliações de qualidade do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Sendo assim, com o aumento da base de dados de bioquímica dos solos brasileiros, o interesse crescente pelo pagamento de serviços ambientais e a possibilidade de certificação de fazendas/produtores que dedicam em práticas que garantem a conservação/restauração dos recursos naturais permite vislumbrar a possibilidade de que num futuro próximo, além das propriedades químicas e físicas, determinações das propriedades bioquímicas poderão também fazer parte das rotinas de análises de solo e até mesmo de índices de qualidade deste, como também a padronização de métodos desde a amostragem, estocagem e pré-tratamento das amostras até os procedimentos analíticos e a apresentação dos resultados (MENDES et al., 2009).

O conhecimento e uso dos atributos bioquímicos pelos agricultores será importante tanto no sentido de incentivar aqueles que já estão adotando sistemas de manejo conservacionistas, bem como no sentido de alertar agricultores que estejam adotando sistemas de manejo que possam levar à degradação do solo. Outras utilizações dos bioindicadores podem envolver ecocertificação de produtos agrícolas, o monitoramento de programas de recuperação de áreas degradadas e o monitoramento de transgênicos, entre outros (MENDES et al., 2009).

Dentre os parâmetros que mais tem sido avaliados nos estudos de indicadores microbiológicos destacam-se, atividade enzimática, biomassa microbiana do solo, atividade e diversidade microbiana (SINSABAUGH, et al., 2009; KASCHUK et al., 2010;

ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2008). As enzimas do solo participam das reações metabólicas intercelulares, responsáveis pelo funcionamento e pela manutenção dos seres vivos, e também desempenham papel fundamental atuando como catalisadoras de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (ligninases, celulases, proteases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, urease, sulfatase), formação da matéria orgânica e da estrutura do solo (AHN et al., 2009; SINSABAUGH, et al., 2009; QIN et al., 2010).

A sensibilidade para detectar alterações na qualidade do solo, garante às avaliações das atividades enzimáticas, uma ampla difusão pela pesquisa agrônômica mundial. Além disso, os métodos utilizados na determinação desses indicadores são simples e rápidos, além de se correlacionarem com as propriedades químicas do solo (ARAGÃO et al., 2012). Valarini et al. (2011), afirmam que atributos bioquímicos podem então representar e serem indicadores sensíveis de alterações da qualidade do solo induzida por manejos. Como as enzimas estão presentes em baixas concentrações no solo, a quantificação destas é feita de maneira indireta, através da medida da sua atividade, e não pela sua quantidade. Geralmente, a atividade é medida através da quebra de um substrato específico para cada enzima a ser avaliada, em condições padronizadas de pH e temperatura (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

O conhecimento das atividades das enzimas pode ser usado para descrever mudanças na qualidade do solo, devido ao manejo do solo e para compreender o funcionamento dos ecossistemas. Com isso, buscando encontrar uma nova ferramenta para avaliação da qualidade do solo de áreas em processo de degradação e elaborar estratégias de recuperação de áreas florestais, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações bioquímicas nas camadas de solo em áreas sob diferentes estágios de regeneração florestal, no município de Floresta-PE.

REFERÊNCIAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; ACOSTA-MERCADO, D.; SOTOMAYOR-RAMÍREZ, D.; CRUZ-RODRÍGUEZ, L. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. *Applied Soil Ecology*, v.38, p.249-260, 2008.

ARAGÃO, D.V.; CARVALHO, C.J.R.; KATO, O.R.; ARAÚJO, C.M.; SANTOS, M.T.P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. *Acta Amazonica*, v.42(1), p. 11-18, 2012.

AHN, M.Y.; ZIMMERMAN, A. R.; COMERFORD, N. B.; SICKMAN, J. O. Grunwald, S. Carbon mineralization and labile organic carbon pools in the sandy soils of a North Florida watershed. *Ecosystems* v.12, p. 672–685, 2009.

BALASHOV, E.; KREN, J.; PROCHAZKOVA, B. Influence of plant residue management on microbial properties and water stable aggregates of two agricultural soils. *International Agrophysics*, v. 24, p. 9-13, 2010.

GRISCOM, H. P; ASHTON, M. S. Restoration of dry tropical forests in Central America: a review of pattern and process. *Forest Ecology and Management*, v. 261, p. 1564–1579, 2011.

GOMIDE, P.H.O.; SILVA, M.L.N.; SOARES, C.R.F.S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 35, p. 567-577, 2011.

KARLEN, D.L.; WOLENHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; BERRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S.; JORDAHL, J.L. Crop residue effects on soil quality following 10 years of no-till corn. *Soil Tillage Research*, v. 31, n. 1, p. 149-167, 1994.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 42, p. 1–13, 2010.

MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; JÚNIOR, F. B. R.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; MERCANTE, F. M.; ZILLI, J. E. Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade? Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, p. 31, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Monitoramento por Satélite do Desmatamento no Bioma Caatinga. Brasília, 2009.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras : UFLA, p. 626, 2002.

QIN, S.; HU, C.; HE, X.; DONG, W.; CUI, J.; WANG, Y. Soil organic carbon, nutrients and relevant enzyme activities in particle-size fractions under conservational versus traditional agricultural management. *Applied Soil Ecology*, v. 45, p. 152–159, 2010.

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio de florestas tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p. 613-620, 2009.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURTI, N. & ALOVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P.; Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. *Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais*, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 2011.

SINSABAUGH, R. L.; HILL, B. H.; FOLLSTAD SHAH, J. J. Ecoenzymatic stoichiometry of microbial organic nutrient acquisition in soil and sediment. *Nature*, v. 462, p. 795–798, 2009.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade de solos. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed) *Tópicos em Ciência do Solo*, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, p. 195-276, 2002.

VALARINI, P. J., OLIVEIRA, F.R.A., SCHILICKMANN, S.F., POPPI, R.J., Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. 2011. *Hortic. Bras.* [online]. vol.29(4): 485-491.

CAPÍTULO I

ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM CAMADAS DE SOLOS EM ÁREAS SOB DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO FLORESTAL

RESUMO

O aumento da devastação da floresta tropical seca, causados tanto pela ação antrópica quanto pelos fatores ambientais, direcionam à estudos que visam caracterizar e acompanhar o estado atual do solo e com isso pressupor os caminhos de sua transformação e sugerir procedimentos adequados para recuperação. Por isso, este estudo teve por objetivo avaliar a atividade enzimática em três camadas de solo em seis áreas sob diferentes estágios de regeneração florestal, no município de Floresta-PE. A amostragem de solo foi realizada nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, nas áreas C-18 (vegetação em regeneração há 18 anos); P-13 (há 13 anos); L-12 (há 12 anos); C-9 (há 9 anos); C-7 (há 7 anos) e L-4 (há 4 anos). As atividades enzimáticas avaliadas foram a fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease. Os métodos de análise basearam-se na incubação das amostras de solo com uma solução tamponada de substratos específicos para cada enzima, promovendo a liberação do *p*- nitrofenol para as enzimas fosfatases ácida, alcalina e arilsulfatase e liberação de amônia para a enzima urease, sendo determinadas colorimetricamente. A atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease apresentaram sensibilidade em detectar mudanças na qualidade do solo sob diferentes estágios de regeneração florestal em floresta tropical seca. A área com maior tempo de regeneração florestal (C-18) apresentou maiores atividades enzimáticas. Os atributos bioquímicos e químicos do solo foram sensíveis em diferenciar as áreas de sistema de manejo florestal em diferentes camadas de solo.

Palavras - chave: Arilsulfatase; Caatinga; Fosfatase; Urease.

ABSTRACT

The increased devastation of tropical dry forest, caused either by human action as by environmental factors, direct the studies aimed to characterize and monitor the current state of the soil and thereby assume the ways of processing and suggest appropriate recovery procedures. Therefore, this study aimed to evaluate the enzymatic activity of three layers of soil in six areas under different stages of forest regeneration in the city of Forest - PE. Soil sampling was carried out at 0-5, 5-15 and 15-30 cm in areas C -18 (vegetation regeneration for 18 years), P-13 (13 years ago), L-12 (12 years ago), C- 9 (9 years ago), C- 7 (7 years ago) and L-4 (4 years ago). The enzymes were evaluated acid and alkaline phosphatase, arylsulfatase and urease. The analytical methods based on the incubation of the soil samples with a buffered solution of substrate specific for each enzyme, promoting the release of p-nitrophenol to acid and alkaline phosphatase enzymes and arylsulfatase release of the enzyme urease to ammonia, and determined colorimetrically. Data were subjected to analysis of variance and the Tukey test. The activity of acid and alkaline phosphatase enzymes, arylsulfatase and urease showed sensitivity to detect changes in soil quality in tropical dry forest. The area with the longest forest regeneration (C-18) showed higher enzyme activities. Biochemical and chemical soil properties were sensitive to differentiate the areas of forest management system in different soil layers.

Key – words: Arylsulfatase; Caatinga; Phosphatase; Urease.

1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, o uso das florestas tropicais tem se concentrado na extração de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, com o objetivo de satisfazer as demandas da crescente população humana (FOLEY et al., 2005). O corte raso de árvores e arbustos é uma atividade de manejo produtiva amplamente praticada nas florestas tropicais secas do Brasil (MMA, 2008). Este manejo consiste em cortar periodicamente árvores que são valiosas pelas suas propriedades de madeira e permitindo a recuperação local por regeneração natural (CLARKE et al., 2005).

No entanto, a exploração madeireira na floresta tropical, de forma geral, ainda é feita de forma não sustentável. Muitos madeireiros retornam à mesma área, em intervalos cada vez mais curtos, para retirar o restante das árvores com algum valor econômico, desrespeitando o ciclo de corte, princípio básico do manejo florestal em regime de rendimento sustentável (AMARAL; PINTO, 2012). Nesse cenário, um dos principais desafios enfrentados pelos gestores florestais é manter a biodiversidade e a integridade das florestas e, ao mesmo tempo satisfazer as necessidades humanas por meio de atividades produtivas (BURKE et al., 2008).

A extração madeireira e seus efeitos na vegetação remanescente, no solo e na regeneração natural devem ser levados em conta no manejo de florestas tropicais secas. Segundo Ma et al. (2010), práticas de manejo como corte raso, poda, queima, desbastes e corte seletivo, causam mudanças nas condições microclimáticas florestais, que direta ou indiretamente influenciam as propriedades do solo, muitas vezes resultam em mudanças na ciclagem de nutrientes, reduzindo o estoque destes resultantes da remoção de grandes quantidades de matéria orgânica (BLANCO et al., 2008; FINKRAL; EVANS, 2008; WALMSLEY et al., 2009). A disponibilidade de nutrientes do solo é fundamental na produtividade a longo prazo e na manutenção da estrutura e função do ecossistema florestal (JOKELA et al., 2004). Dessa maneira, grande esforço tem sido feito no sentido de elaborar mecanismos para o monitoramento da degradação, ou seja, atividades que possam ser empregadas como indicadores de mudanças na qualidade do solo em resposta às práticas de manejos (TRANNIN et al., 2008).

Por serem sensíveis ao manejo e por estarem diretamente relacionadas com as transformações dos nutrientes (YANG et al., 2008) e da comunidade microbiana (VALLEJO et al., 2012), as enzimas do solo são utilizadas como indicadores para medir a

qualidade do solo. Wick et al. (2000), concluíram que variáveis bioquímicas e microbiológicas responderam mais rapidamente as mudanças no manejo da terra que os índices de fertilidade, sendo indicadores importantes do impacto de mudanças na vegetação sobre a qualidade do solo. As enzimas do solo participam de quase todos os processos de transformação de decomposição dos detritos e desempenham um papel central na manutenção da fertilidade do solo da floresta, liberando nutrientes minerais de fontes orgânicas (BALDRIAN; STURSOVÁ, 2010).

Pesquisas têm sido desenvolvidas como o objetivo de avaliar a atividade enzimática no solo e as alterações devido ao corte raso da floresta natural. Pode-se citar a pesquisa desenvolvida por Geng et. al. (2012), em um Neossolo de um bosque sequeiro de pinheiros em New Jersey, onde ocorreu mudanças de redução nas atividades enzimáticas do solo resultante de cortes de árvores após um ano de sucessão. Boerner et. al (2008), estudando oito ecossistemas florestais da América do Norte em regeneração encontrou baixas atividades enzimáticas após o corte florestal. As práticas de manejo não são os únicos fatores que afetam a microbiota do solo em experimentos baseados em campo: condições ambientais, tais como o ar e a temperatura do solo, precipitação, umidade do solo e disponibilidade de substratos podem variar muito ao longo do tempo e ter grandes efeitos sobre parâmetros microbianos e bioquímicos (GIACOMETTI et al., 2013). Debosz et al. (1999) em períodos temporais diferentes, relataram variações acentuadas na biomassa microbiana do solo e nas atividades enzimáticas estimadas em intervalos mensais durante dois anos em um experimento de campo comparando parcelas com doses baixas e altas de insumos orgânicos.

Buscando entender melhor o efeito do atributo bioquímico na qualidade do solo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a atividade enzimática em três camadas de solo de seis áreas distintas sob efeito de regeneração florestal de floresta tropical seca, no município de Floresta-PE.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

As áreas utilizadas neste estudo pertencem ao município de Floresta-PE, localizado na região nordeste do Brasil, na Mesorregião do São Francisco Pernambucano, na Microrregião de Itaparica entre as coordenadas 8° 36' 02" de Latitude Sul e de 38° 34' 05" de Longitude Oeste (Figura 1). A população do município é de 29.285 habitantes, com uma área de 3.644 km², com altitude variando de 300 a 1.050 m e está localizado a 434 km a Oeste da cidade de Recife. (IBGE, 2013).

De acordo com a classificação de Köppen, o município de Floresta apresenta o clima do tipo BSw'h', definido como muito quente, semi-árido, tipo estepe. A temperatura média anual é de 26,5°C e as precipitações variam em torno de 623 mm, com evapotranspiração potencial média de 1.646 mm ao ano e com déficit hídrico anual de 1.023 mm (EMBRAPA - Banco de dados climáticos do Brasil, 2013).

As classes de solo encontradas na área de estudo são os Cambissolos que tem como características gerais: saturação por bases baixa, pouco desenvolvimento, são solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos; Planossolos compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados e com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial e os Latossolos compreende solos bem evoluído, fortemente drenados, em geral, são fortemente ácidos (EMBRAPA, 2009).

O município de Floresta está inserido na Depressão Sertaneja, conhecida como Depressão Periférica do Rio São Francisco, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave ondulado, cortada por vales estreitos com vertentes dissecadas, com pontuações formadas por elevações residuais, cristas e/ou outeiros, que testemunham os intensos ciclos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino (JATOBÁ, 2003). A cobertura vegetal dominante é a caatinga hiperxerófila, de modo geral, pouco densa e arbustiva.

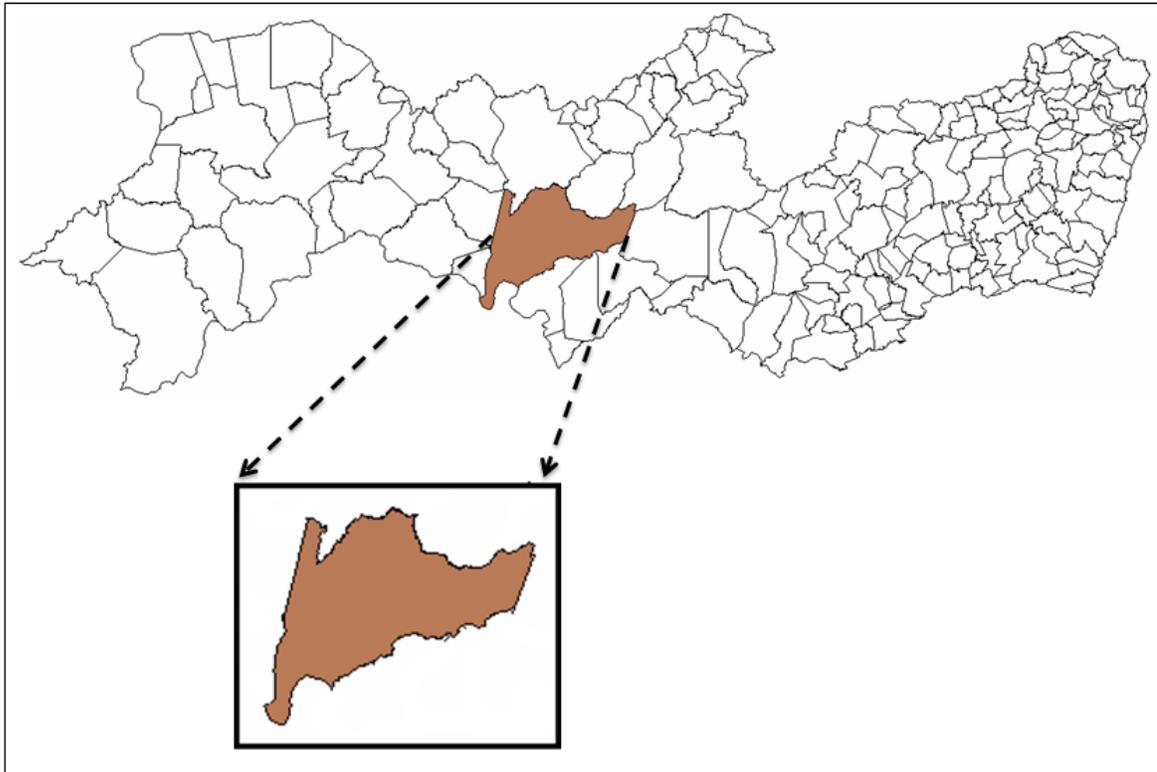


Figura 1. Localização geográfica do município de Floresta, PE.

A amostragem dos solos foi realizada em áreas pré-definidas de acordo com o levantamento de campo realizado onde verificou-se uma grande heterogeneidade quanto às seguintes características: posição na paisagem, classes de solo, diversidade de espécies vegetais e épocas de corte. Devido a essa grande variabilidade as áreas foram separadas em unidade ambientais homogêneas, diferenciadas pelo tipo de solo e épocas de corte da vegetação de caatinga de acordo com o plano de manejo florestal estabelecido para cada área.

A área C-18 vêm sendo preservadas há 18 anos sendo o último corte raso da área realizado em 1995. Está inserida em um Cambissolo Háplico e possui uma vegetação formada por quipembe (*Piptadenia moniliformis*), juá (*Ziziphus joazeiro*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), macambiras (*Bromelia laciniosa*) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa*). A área P-13 está em regeneração há 13 anos sendo o último corte raso da vegetação realizado no ano 2000, encontra-se em um Planossolo Háplico, possui alta densidade de plantas e de

espécies, como: faveleira (*Cnidoscolus bahianus*), umburana (*Commiphora leptophloeus*), canafistula (*Peltophorum dubium*), muleque duro (*Varronia leucocephala*), malva (*Sida paniculata*), angico (*Piptadenia zehntneri*), baraúnas (*Schinopsis brasiliensis*) e abundância de caroá (*Neoglasiovia variegata*), juazeiros (*Ziziphus joazeiro*) e mororó (*Bauhinia forficata*). A área L-12 está preservada há 12 anos em um Latossolo Amarelo. O último corte foi realizado no ano de 2001, apresenta predomínio das espécies de caatingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), pereiro (*Aspidosperma pyriformium*), carrapicho de boi (*Desmodium uncinatum*) e faveleira (*Cnidoscolus bahianus*). Algumas clareiras na vegetação foi observado nesta área.

A área C-9 foi utilizada para a agricultura com cultivo de algodão, há cerca de 15 anos e atualmente a vegetação encontra-se em processo de regeneração, conduzida sob pastejo de caprinos. O tipo de solo presente na área é um Cambissolo Háplico, o último corte raso da vegetação foi realizado no ano de 2004 e ocorre predomínio das espécies de faveleira (*Cnidoscolus bahianus*) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa*). A área C-7 está há sete anos em regeneração em um Cambissolo Háplico. O último corte raso foi realizado em 2006 e possui espécies predominantes de quipembe (*Piptadenia moniliformis*), juá (*Ziziphus joazeiro*) e mandacaru (*Cereus jamacaru*). A área L-4 está em regeneração há quatro anos em um Latossolo Amarelo sendo o último corte foi realizado no ano de 2009. Possui espécies vegetais como o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), caroá (*Neoglasiovia variegata*) e abundância de carqueja (*Baccharis genisteloidis*) e marmeleiro (*Croton blanchetianus*).

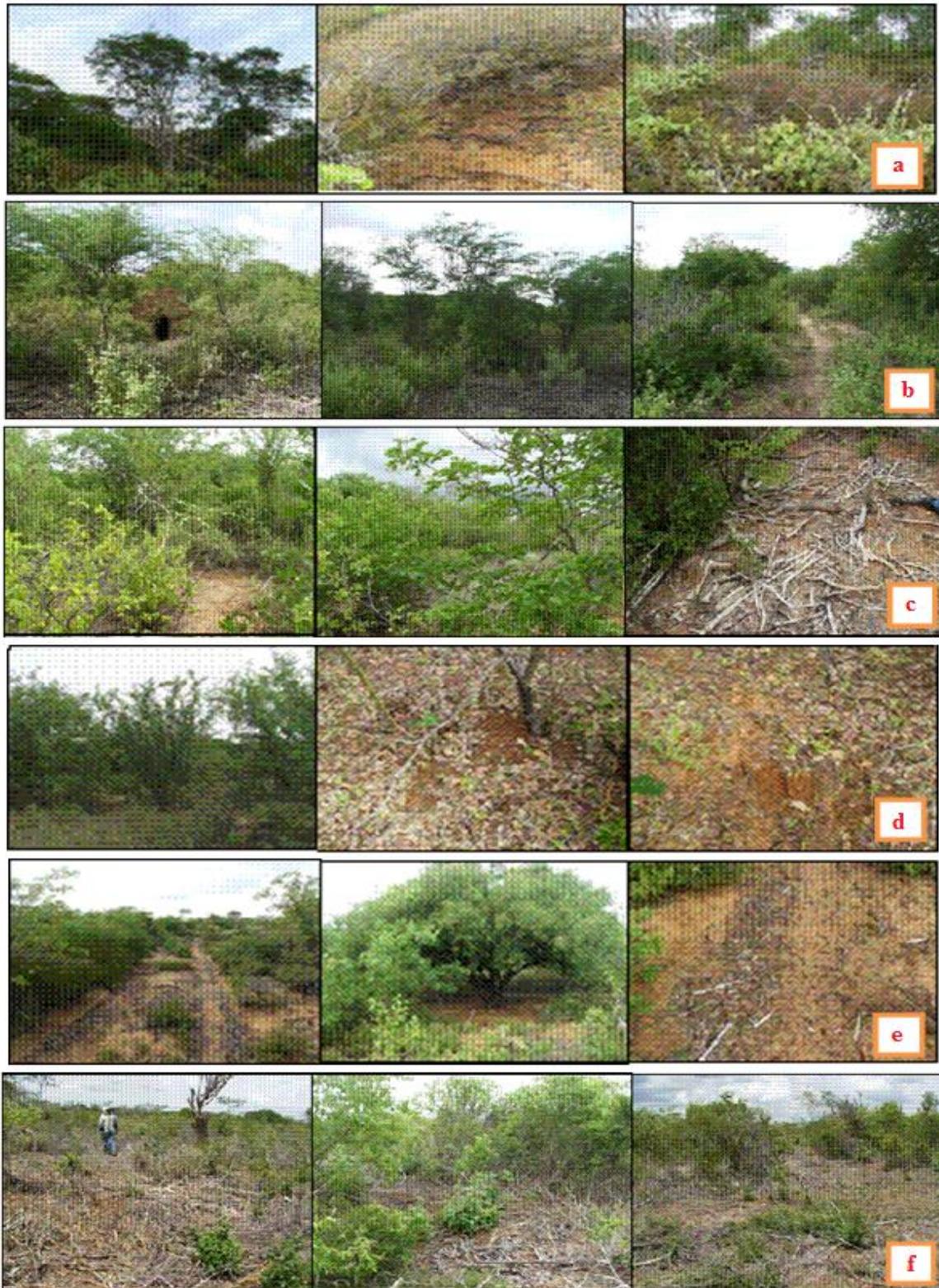


Figura 2. Figuras das áreas com diferentes tempos de regeneração florestal em uma floresta tropical seca do Nordeste do Brasil. A) Regeneração há 18 anos (C-18); B) há 13 anos (P-13); C) há 12 anos (L-12); D) há 9 anos (C-9); E) há 7 anos (C-7); F) há 4 anos (L-4). Foto: Euzelina Inácio (2010).

2.2 Amostragem do solo

Em cada unidade ambiental foram coletadas amostras de solos, com auxílio de um trado cilíndrico, nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm com três repetições, sendo cada amostra simples composta de cinco sub-amostras retiradas em um raio de cerca de 0,50 m. Para avaliação da densidade do solo, coletaram-se três amostras indeformadas para cada ambiente e profundidades, com auxílio do anel volumétrico de 5 cm de diâmetro. Em seguida, metade de todas as amostras coletadas foram mantidas sob refrigeração (- 4°C) para determinação dos atributos microbiológicos.

2.3 Atividade enzimática

A atividade da fosfatase ácida e alcalina (EC 3.1.3) e arilsulfatase (EC 3.1.6.1) foram determinadas segundo as metodologias proposta por Eivazi; Tabatabai (1988), Eivazi; Tabatabai, (1977) e Tabatabai; Bremmer (1972), respectivamente. A atividade da urease (EC 3.5.1.5) foi estimada segundo Kandeler; Gerber (1988). Estas metodologias tem por base a incubação das amostras de solo com uma solução tamponada de substratos específicos para cada enzima, promovendo a liberação do *p*- nitrofenol para as enzimas fosfatases ácida, alcalina e arilsulfatase e liberação de amônia para a enzima urease, sendo determinadas espectrofotometricamente. Para cada amostra foram realizadas três repetições analíticas mais dois controles (branco).

2.3.1 Fosfatase ácida e alcalina

As atividades das fosfatases ácida e alcalina foram determinadas por espectrofotometria, quantificando o *p*-nitrofenol liberado após incubação de 1,0 g de solo em 0,2 mL de tolueno, 4 mL de tampão universal modificado (MUB) pH 6,5 para realização da atividade fosfatase ácida e pH 11 para realização da atividade fosfatase alcalina e 1 mL de solução de *p*-nitrofenil fosfato (0,025 M), a 37°C, por 1 h. Em seguida as amostras foram filtradas, a leitura foi realizada em espectofotometro (400 nm). Os valores de atividade foram expressos em $\mu\text{g } p\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$.

2.3.2 Arilsulfatase

A atividade da arilsulfatase foi determinada por espectrofotometria (410 nm), quantificando o *p*-nitrofenol liberado após incubação por 1 h, a 37°C, de 1,0 g de solo em 0,25 mL de tolueno, 4 mL de tampão acetato (0,5 mol L⁻¹) pH 5,8 e 1 mL de *p*-nitrofenil sulfato (0,05M). Os valores de atividade foram expressos em µg *p*-nitrofenol g⁻¹ solo h⁻¹.

2.3.3 Urease

A atividade da urease foi quantificada após incubação de 5g de solo em 2,5 mL de uréia por 2 horas à 37° C. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (690 nm) e os valores de atividade foram expressos em µg N-NH₄⁺ g⁻¹ de solo 2h⁻¹.

2.4 Análise estatística

Os dados das atividades enzimáticas foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Analisaram-se as diferenças das médias dos atributos bioquímicos entre as áreas em cada profundidade, separadamente. Quando as variáveis foram diferentes estatisticamente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, sendo esses procedimentos realizados com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.6. Esses dados e os das análises químicas foram submetidos à análise multivariada de componentes principais através do software STATISTICA 7.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fosfatase ácida

A análise de variância apresentou diferença significativa entre as áreas apenas para as camadas de solo nas profundidades de 0-5 e 15-30 cm, ao nível de 5% de probabilidade (Figura 3). Na camada 0-5 cm, a máxima atividade da fosfatase ácida foi observada na área C-18, quando comparada as demais áreas, apresentou uma atividade de 46,59 µg PNP g⁻¹ solo h⁻¹ porém, não diferiu estatisticamente da área P-13. A área C-7 foi a que apresentou

menor atividade dessa enzima, com $13,87 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, exibindo 70% a menos com relação a atividade obtida com C-18.

A atividade da fosfatase ácida é favorecida pela baixa disponibilidade de P às plantas e aos microrganismos e pode ser inibida por altas concentrações de fosfato inorgânico no solo (TRANNIN et al., 2007). Este fato corresponde com o observado no presente trabalho, já que, na área que apresentou a maior atividade da fosfatase ácida foi observada o menor teor de fósforo. Outro fator que provavelmente pode ter influenciado a atividade da fosfatase ácida foi o tipo de solo diferentes nas áreas C-18 (Cambissolo Háplico) e L-4 (Latosolo Amarelo).

A atividade da fosfatase ácida variou, na camada de 5-15 cm, de $19,29$ a $7,97 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, sendo o maior e menor valor observado, respectivamente, nas áreas com nove anos em regeneração (C-9) e quatro anos em regeneração (L-4). No entanto, ambas áreas não apresentaram diferenças significativas quando comparadas as demais áreas na mesma camada.

Esta grande variação da atividade enzimática do solo encontradas no presente trabalho mostra que esta enzima é sensível à perturbação do solo, nas áreas em diferentes tempos de regeneração natural. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2012), avaliando atividade da fosfatase ácida em um Cambissolo Háplico na região do Vale Médio do Paraíba do Sul (RJ) sob sistemas florestais, no qual obtiveram variações enzimática de $35 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ na floresta secundária em estágio inicial de sucessão e $47 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ na floresta secundária em estágio avançado de sucessão.

Em geral, as áreas com mais tempo de regeneração apresentaram maior atividade da fosfatase ácida em relação as áreas com menor tempo de regeneração, o que sugere uma maior quantidade de substratos disponíveis nesses solos. Isto é consistente com muitos estudos sobre o aumento da atividade da fosfatase resultante de alterações de matéria orgânica (KREMER; LI, 2003; VINHAL-FREITAS, 2010).

Na camada de solo de 15-30 cm na área C-18 foi a que obteve a maior atividade fosfatada, com $17,44 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, porém a mesma não diferiu estatisticamente das áreas C-9, L-12, C-7 e L-4. A área P-13 foi a que atingiu o menor índice de atividade de fosfatase ácida, diferindo estatisticamente apenas da área C-18, exibindo uma média de $4,45 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$. O fato de ter observado maior atividade da fosfatase ácida na área C-18 em relação à área P-13 pode está relacionado com o tipo da composição vegetal. Lucas-Borja et al. (2010), verificaram nas parcelas com vegetação herbácea atividade

enzimática significativamente maior do que nas parcelas de vegetação florestal, provavelmente devido à decomposição dos materiais vegetais serem diferentes em ambas as parcelas. Os resultados do presente estudo corroboram com os encontrados de Rutigliano et al. (2004), que verificou que o tipo de cobertura vegetal influencia o desenvolvimento microbiano e a atividade das enzimas.

Assim como no presente trabalho, Balota et. al. (2011), observaram a diminuição da atividade da fosfatase ácida em diferentes profundidades sob sistema de plantio direto. A diminuição da atividade de enzimas com a profundidade do solo pode ser associada com o baixo conteúdo de C-lábil e O_2 , o que pode resultar em uma biomassa microbiana menor e uma menor atividade do que na camada superficial.

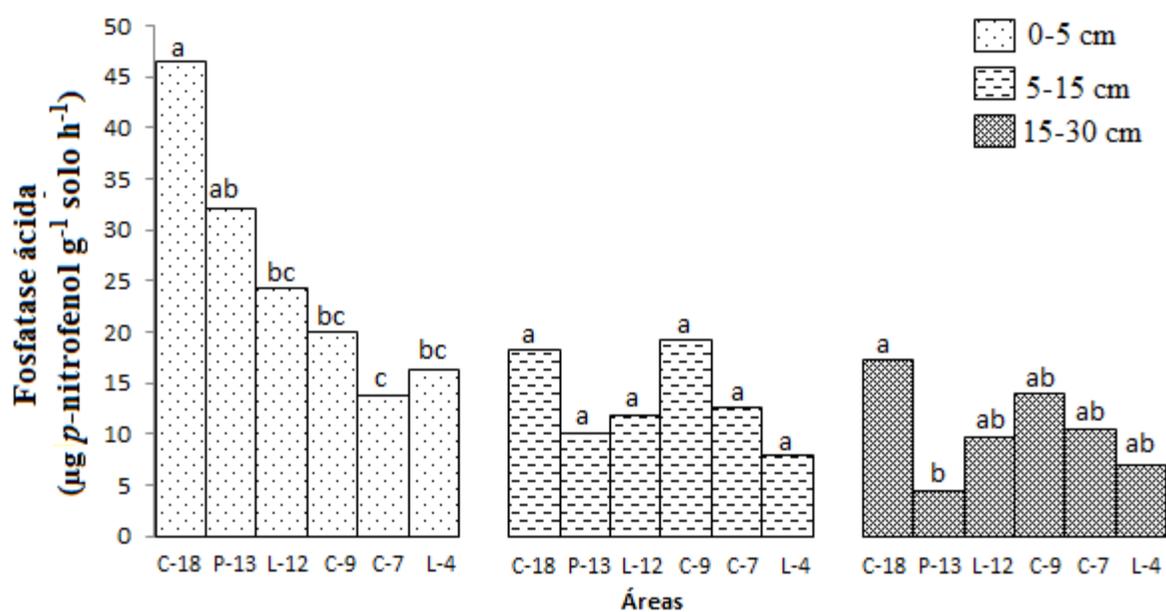


Figura 3. Atividade da fosfatase ácida sob diferentes áreas de regeneração florestal nas camadas de solo de 0-5, 5-15 e 15-30 cm. (Área C-18: vegetação em regeneração há 18 anos; área P-13: há 13 anos; área L-12: há 12 anos; área C-9: há 9 anos; área C-7: há 7 anos e área L-4: há 4 anos). Médias seguidas pela mesma letra, na mesma camada, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

3.2 Fosfatase alcalina

Houve diferença significativa para a atividade enzimática da fosfatase alcalina nos diferentes ambientes estudados, nas três camadas de solo (Figura 4). Na camada de 0-5 cm, a área L-12 foi a que apresentou maiores valores da atividade fosfatase alcalina com média de $38,70 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, não diferindo da C-18, P-13 e C-9. No entanto, nas camadas

5-15 e 15-30 cm a área C-18 foi a que expressou maiores valores de atividade da fosfatase com 29,42 e 19,62 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, respectivamente.

Num estudo sobre os processos bioquímicos de solo sob diferentes doses de composto orgânico doméstico num bioma do Cerrado, Vinhal-Freitas et al. (2010) observaram em amostras coletadas em um solo sem aplicação do composto doméstico e em uma outra com 10 g kg^{-1} do composto na profundidade de 0-10 cm, valores na faixa de atividade da fosfatase alcalina de 5 e 33 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, respectivamente.

Em todas as camadas a área L-4 se destacou por apresentar menores valores da atividade, com redução de 38% na camada 5-15cm e 89% na camada de 15-30 cm quando comparado com a atividade da camada 0-5 cm de média 15,67 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$. Na camada de solo de 15-30 cm de profundidade as áreas P-13 e L-12 apresentaram atividade enzimática da fosfatase alcalina significativamente diferentes, apesar do pouco tempo de diferença do tempo de regeneração. Esse fato pode ser explicado pelo pH do solo, já que a enzima é sensível à mudanças de pH (ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2008) e também pelo fato da área P-13 apresentar maior densidade e variedades de plantas em relação à área L-12.

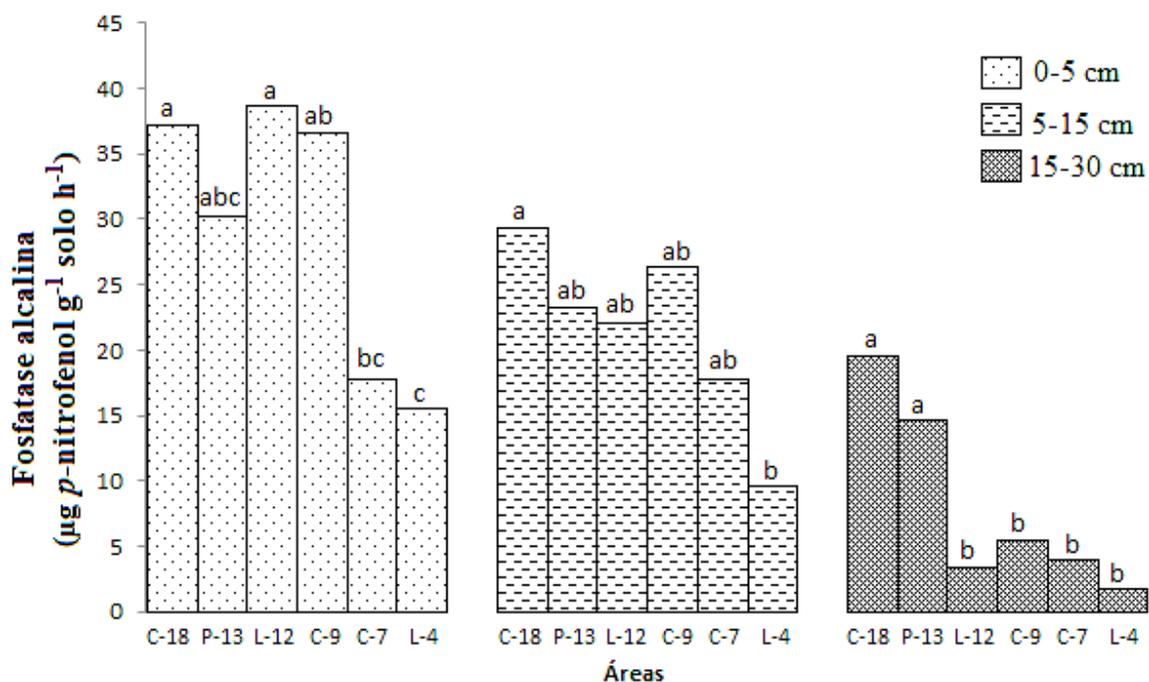


Figura 4. Atividade da fosfatase alcalina sob diferentes áreas de regeneração florestal nas camadas de solo de 0-5, 5-15 e 15-30 cm. (Área C-18: vegetação em regeneração há 18 anos; área P-13: há 13 anos; área L-12: há 12 anos; área C-9: há 9 anos; área C-7: há 7 anos e área L-4: há 4 anos). Médias seguidas pela mesma letra, na mesma camada, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Os resultados observados quanto à maior atividade da fosfatase aos 0-5cm de profundidade quando comparado aos 5-15 e 15-30 cm, pode estar relacionado a alta concentração de resíduo florestais na superfície do solo que compõem a serapilheira (folhas, galhos e casca), que promove maiores modificações nessa camada e que conseqüentemente pode afetar a atividade microbiana. Em um primeiro momento após o corte, a exploração seletiva de madeira aumenta o material orgânico novo no solo (folhas e galhos), além do teor de carbono no solo. Além disso, possíveis diferenças quanto à temperatura do solo, relacionadas à abertura de clareiras decorrentes da exploração florestal, entre as áreas exploradas podem ter afetado o teor de matéria orgânica no solo, já que o processo de decomposição da serapilheira do solo é acelerado com o aumento da temperatura (HE et al., 2010).

3.3 Arilsulfatase

Os resultados demonstraram uma grande variação nos valores da atividade arilsulfatase em solos sob diferentes áreas de regeneração florestal no semiárido pernambucano (Figura 5). Os solos da área C-18, nas camadas 0-5 e 5-15 cm, foram os que apresentaram a maior atividade com média de 343,43 e 275,30 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, respectivamente. Ainda nas mesmas camadas, os solos da área L-4 foram os que apresentaram menores taxas para a atividade arilsulfatase com médias de 155,86 e 166,09 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Prietzel et. al. (2001), em dois locais de estudos em uma floresta Negra na Alemanha, os autores registraram médias de atividades de arilsulfatase de 255 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no local em Espodossolo e 151 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no local em Cambissolo, ambos na camada 0-10 cm de solo.

Níveis de atividade de arilsulfatase relatados na literatura variam amplamente (4-770 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$), em muitas regiões do mundo (BALOTA et. al., 2004, GENG et. al., 2012). Em várias regiões no Brasil, os níveis relatados de atividade arilsulfatase variam de 4-104 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (NOGUEIRA; MELO, 2003, BALOTA et. al., 2011). As maiores taxas de arilsulfatase obtidas na área C-18 tendem a ser provavelmente devido a alta densidade de plantas e conseqüentemente alta produção de biomassa e com isso produziria maiores quantidades de substrato para o crescimento microbiano e produção de enzimas.

Observou-se alteração nas taxas da atividade da enzima arilsulfatase entre as camadas de 0-5, 5-15 e 15-30 cm, podendo esse fato ser atribuído ao acúmulo de resíduos vegetais durante os anos de pousio, proporcionando o que se chama de acréscimo significativo de matéria orgânica (MO) em profundidade devido ao processo de iluviação de substâncias orgânicas ser mais intenso em solos arenosos. Segundo Geng et. al. (2012), arilsulfatase é a enzima que está envolvida na mineralização do éster de sulfato no solo, e a sua atividade tem variado amplamente na literatura em relação a propriedades e gestão do solo (BANDICK; DICK, 1999).

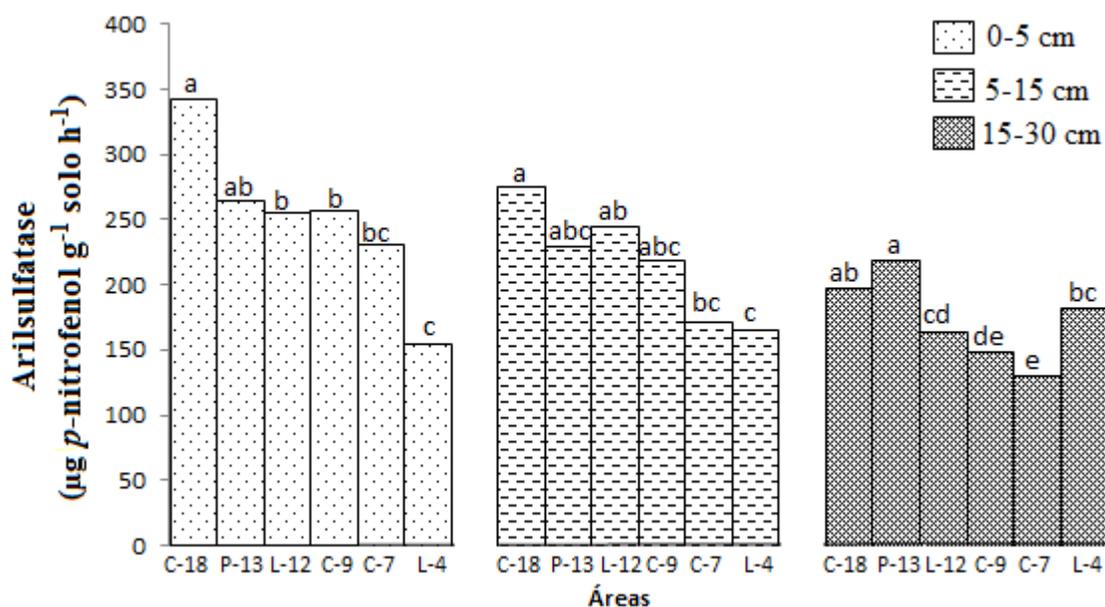


Figura 5. Atividade da arilsulfatase sob diferentes áreas de regeneração florestal nas camadas de solo de 0-5, 5-15 e 15-30 cm. (Área C-18: vegetação em regeneração há 18 anos; área P-13: há 13 anos; área L-12: há 12 anos; área C-9: há 9 anos; área C-7: há 7 anos e área L-4: há 4 anos). Médias seguidas pela mesma letra, na mesma camada, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

3.4 Urease

Observou-se maior destaque para a camada 0-5 cm em todos os ambientes, apresentando valores mais altos de urease, devido a presença de serrapilheira e o decréscimo da atividade desta enzima, medida que os pontos de coleta se tornaram mais profundos (Figura 6). A área C-18 foi a que obteve maior atividade de urease na camada de 0-5 cm, com média de $6,34 \mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ de solo 2h^{-1} , diferindo estatisticamente da área L-4 que apresentou menor atividade dessa enzima com uma redução de 66% quando

comparada a área C-18. Esse fato pode ser explicado pelo aporte contínuo e diversificado de matéria orgânica incorporada ao solo, principalmente à qualidade da MO que possivelmente é mais rica em N na área C-18, devido a presença de leguminosas.

Segundo Matsuoka et al. (2003), a diversidade florística das áreas nativas e a presença da vegetação durante todo ano influenciam a quantidade e qualidade da serrapilheira, fato este que pode contribuir para um maior acúmulo de nitrogênio pela biomassa microbiana, e, conseqüentemente, para melhores condições de desenvolvimento da microbiota e síntese de enzimas. Carneiro et al. (2009), verificaram atividades ureolíticas de 4,2 e 22,5 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ de solo h^{-1} , respectivamente, na camada de solo de 0-10 cm em um Neossolo Quartzarênico e em um Latossolo Vermelho ambos no sistema de uso de cerrado nativo. Giacometti et al. (2013), observaram em solos cultivados com milho e trigo no sudeste do vale do Po, na Itália, atividades de urease de 8,77 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ de solo h^{-1} no solo sem nenhuma fertilização orgânica; 9,79 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ de solo h^{-1} no solo com resíduo da colheita das culturas e 14,6 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ de solo h^{-1} no solo com esterco bovino.

Para as camadas de 5-15 e 15-30 cm não houve diferença entre as áreas em regeneração, embora que para a camada 5-15 cm de solo, os valores de atividade de urease apresentaram maiores quando comparados com a camada de 15-30 cm. Este decréscimo de urease para a camada mais profunda, pode estar relacionado à limitação do crescimento dos microrganismos no solo na ausência de fontes de nitrogênio e oxigênio, podendo a adição de matéria orgânica influenciar no tamanho e na atividade da comunidade microbiana (BUZINARO et al., 2009).

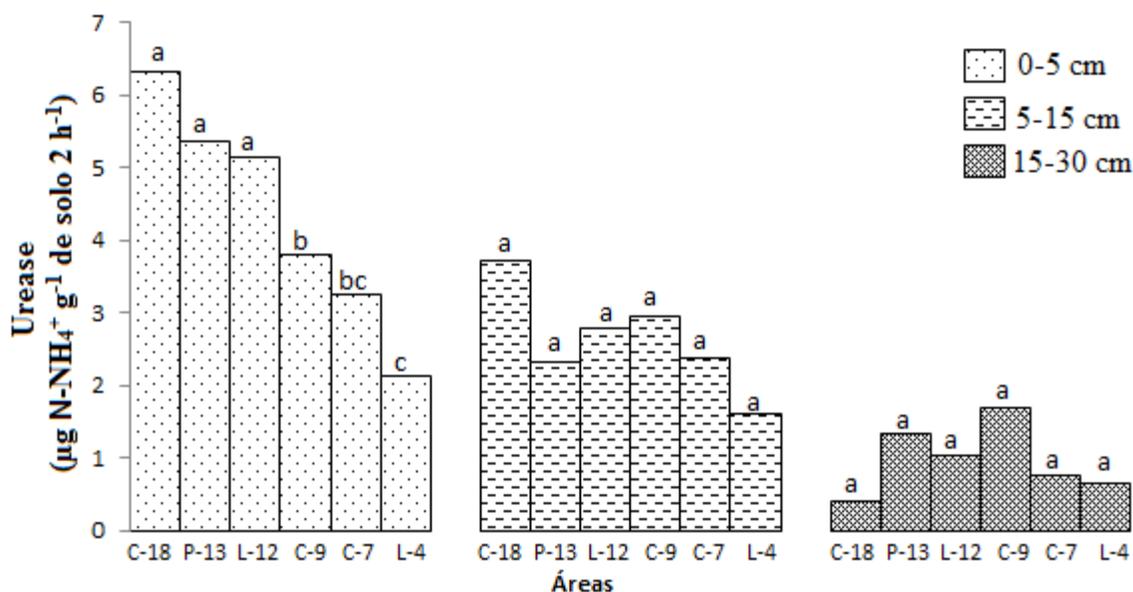


Figura 6. Atividade da urease sob diferentes áreas de regeneração florestal nas camadas de solo de 0-5, 5-15 e 15-30 cm. (Área C-18: vegetação em regeneração há 18 anos; área P-13: há 13 anos; área L-12: há 12 anos; área C-9: há 9 anos; área C-7: há 7 anos e área L-4: há 4 anos). Médias seguidas pela mesma letra, na mesma camada, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

3.5 Análise de Multivariada

Gerou-se diagramas de vetores com duas componentes principais (Fator 1 e Fator 2) para as variáveis dos atributos químicos (pH, Al³⁺, P e K⁺) e bioquímicos (FOAC-fosfatase ácida, FOAL-fosfatase alcalina, ARY-arilsulfatase e URE-urease) em diferentes profundidades (Figura 7). Os dois primeiros fatores mostraram um porcentagem acumulativa de: 83,21% para os dados de solos provenientes da camada de 0-5 cm, 84,96% de 5 -15 cm e 74,30% de 15-30 cm de profundidade.

Nos solos mais superficiais o fator 1 foi responsável por 46,92% da variação total, onde as variáveis que mais influenciaram esse fator foram FOAL > URE > ARY > AL, ou seja, esses atributos foram mais sensíveis em diferenciar as áreas. Já para o fator 2 as variáveis P > pH > FOAC > K foram responsáveis por 36,29% da variação, isso pode ser observado no diagrama de projeção de vetores, onde essas variáveis apresentam-se mais distante do eixo do fator 2 (Figura 7a).

Observou-se que as duas componentes principais (Fatores 1 e 2), na profundidade de 5-15cm, tiveram um porcentagem acumulativa de 84,96%, sendo o fator 1 responsável por 53,33% da variação total, para as variáveis: FOAL > FOAC > K > P > pH > ARY.

Enquanto que o fator 2 foi responsável por 31,63% da variação total com as variáveis: URE > AL (Figura 7b). Na profundidade de 15-30 cm as variáveis URE > pH > K > P > FOAC foram responsáveis pelo fator 1 de 53,02% da variabilidade total. Enquanto que no fator 2 a ARY > FOAL foi responsável por 21,28% da variação total (Figura 7c).

Observou-se na figura 7a,b (0-5 e 5-10 cm) que as áreas apresentaram separações distintas. Um primeiro grupo constituiu-se das áreas em que estão com maior tempo em regeneração (C-18, P-13, L-12 e C-9), o qual se posicionou no quadrante superior e inferior esquerdo e correlacionou-se com as variáveis bioquímicas e os atributos químicos. O segundo grupo foi constituído pelas áreas em que estão em menor tempo de regeneração florestal (C-7 e L-4) localizou-se entre o quadrante superior e inferior direito. Este grupo associou-se a variável química Al^{3+} .

Esse resultado permite confirmar a maior associação das variáveis bioquímicas (fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease) com os sistemas florestais em maior tempo de regeneração. Silva et al. (2012), utilizando a análise de componentes principais, observaram que, em época úmida, as áreas de floresta secundária em estágio médio de sucessão estiveram associadas a maioria das variáveis bioquímicas.

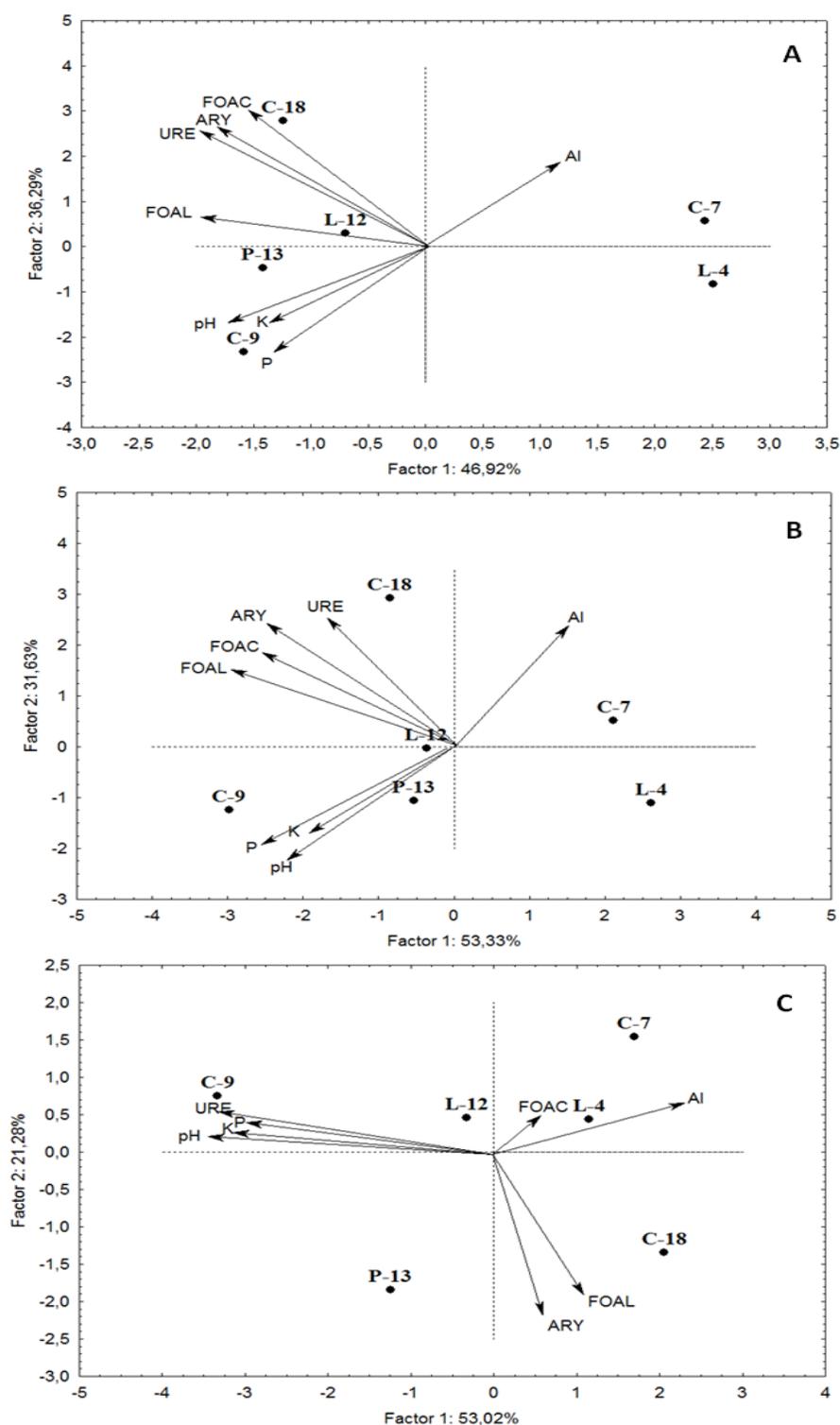


Figura 7. Diagrama de projeção de vetores obtido pela análise multivariada de componentes principais (ACP) baseado nos atributos químicos e atividades enzimáticas de solos provenientes de áreas submetidas à diferentes tempos de regeneração florestal em diferentes profundidades A) 0-5 cm; B) 5-15 cm e C) 15-30 cm.

FOAC= fosfatase ácida; FOAL = fosfatase alcalina; ARY= arilsulfatase; URE= urease; C-18= Área em regeneração há 18 anos; P-13= há 13 anos; L-12= há 12 anos; C-9= há 9 anos; C-7= há 7 anos; L-4= há 4 anos.

4 CONCLUSÕES

1. As atividades enzimáticas da fosfatase ácida, fosfatase alcalina, arilsulfatase e urease foram sensíveis em detectar mudanças na qualidade de solo sob diferentes tempos de regeneração florestal proveniente de floresta tropical seca do Nordeste.
2. A área com mais tempo em regeneração (C-18) apresentou, de modo geral, maiores atividades enzimáticas em comparação com a área em menor tempo de regeneração (L-4).
3. Com base nas análises de componentes principais, foi possível demonstrar que os atributos bioquímicos e químicos do solo foram sensíveis em diferenciar as áreas de sistema de manejo florestal em diferentes camadas de solo.

5 REFERÊNCIAS

AMARAL, P; PINTO, A. Manejo florestal como base para produção e conservação florestal na Amazônia. In: CASES, M. O. (Org.). Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação. WWF-Brasil / IPÊ– Instituto de Pesquisas Ecológicas. WWF-Brasil, Brasília, p. 265-278, 2012.

ASSISTAT- SILVA, F. DE A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance, versão 7.6 <<http://www.assistat.com>> Accessed 11 may 2013.

BALDRIAN, P.; STURSOVÁ, M. Enzymes in forest soils. In: Shukla, G., Varma, A. (Eds.), Soil Enzymology, p. 61–63, 2010.

BALOTA, E. L.; KANASHIRO, M.; FILHO, A.C.; ANDRADE, D.S; DICK, R.P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. Brazilian Journal of Microbiology, v. 35, p. 300-306, 2004.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; TRUBER, P. V. Soil enzyme activities under pig slurry addition and different tillage systems. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n.4, p. 729-737, 2011.

BANDICK, A.K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 31, p. 1471-1479, 1999.

BLANCO, J.A., BOSCO IMBERTA, J., CASTILLO, F.J. Nutrient return via litterfall in two contrasting *Pinus sylvestris* forests in the Pyrenees under different thinning intensities. *Forest Ecology and Management*, v. 256, p.1840–1852, 2008.

BOERNER, R.J., GIAI, C., HUANG, J., MIESEL, J. Initial effects of fire and mechanical thinning on soil enzyme activity and nitrogen transformations in eight North American forest ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 40, p. 3076-3085, 2008.

BURKE, D.A., ELLIOTT, K.A., HOLMES, S.B., BRADLEY, D. The effects of partial harvest on the understory vegetation of southern Ontario woodlands. *Forest Ecology and Management*, v. 255, p. 2204–2212, 2008.

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Soil microbial activity in an orange orchard in response to growing green manures. *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal*, v. 31, n. 2, p. 408-415, 2009. Abstract disponível em inglês.

CARNEIRO, R.G.; SOUZA, E. D de.; REIS, E. F. dos.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. de. Physical, chemical and biological attributes of savanna soils under different land use and management systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 147-157, 2009. Abstract disponível em inglês.

CLARKE, F.M., ROSTANT, L.V., RACEY, P.A. Life after logging: post-logging recovery of a neotropical bat community. *Journal of Applied Ecology*, v. 42, p. 409–420, 2005.

DEBOSZ, K., RASMUSSEN, P.H., PEDERSEN, A.R. Temporal variations in microbial biomass C and cellulolytic enzyme activity in arable soils: effects of organic matter input. *Journal of Applied Ecology*, v. 13, 209–218, 1999.

EMBRAPA – Banco de dados climáticos do Brasil. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=141>> 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, xxvi, p.412, 2009.

EIVAZI, F., TABATABAI, M.A. Phosphatases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.9, p.167-172, 1977.

EIVAZI, F., TABATABAI, M.A. Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 20, p. 601–606, 1988.

FINKRAL, A.J., EVANS, A.M. The effects of a thinning treatment on carbon stocks in a northern Arizona ponderosa pine forest. *Forest Ecology and Management*, v. 255, p. 2743–2750, 2008.

FOLEY, J.A., DEFRIES, R., ASNER, G.P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S.R., CHAPIN, F.S., COE, M.T., DAILY, G.C., GIBBS, H.K., HELKOWSKI, J.H., HOLLOWAY, T., HOWARD, E.A., KUCHARIK, C.J., MONFREDA, C., PATZ, J.A., PRENTICE, I.C., RAMANKUTTY, N., SNYDER, P.K. Global consequences of land use *Science*, v. 22, p. 570–574, 2005.

GENG, Y.; DIGHTONB, J.; GRAYB, D. The effects of thinning and soil disturbance on enzyme activities under pitch pine soil in New Jersey Pinelands. *Applied Soil Ecology*, v. 62, p.1– 7, 2012.

GIACOMETTI, C.; DEMYANB, M.C.; CAVANIA, L.; MARZADORIA, C.; CIAVATTAA, C.; KANDELERC, E. Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate fertilization regimes in temperate agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, v. 64, p. 32–48, 2013.

HE, X.; LIN, Y.; HAN, GG.; GUO, P.; TIAN, X. The effect of temperature on decomposition of leaf litter from two tropical forests by a microcosm experiment. *European Journal of Soil Biology*, v. 46, p.200-207, 2010.

IBGE. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>
Acesso em 15 jan de 2013.

JATOBÁ, L. Geologia e recursos minerais. In: Atlas escolar pernambucano: espaço geohistórico e cultural. Andrade, M. C. de O. (coord.). João Pessoa: Grafset, p.160, 2003

JOKELA, E.J.; DOUGHERTY, P.M.; MARTIN, T.A. Production dynamics of intensively managed loblolly pine stands in the southern United States: a synthesis of seven long-term experiments. *Forest Ecology and Management*, v. 192, p.117–130, 2004

KANDELER, E.; GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, v .6, p. 68-72, 1988.

KREMER R.J.; LI, J. Developing weed-suppressive soils through improved soil quality management. *Soil Till.*, v.72, p.193-202, 2003.

LUCAS-BORJA, M. E.; BASTIDA, F.; NICOLÁS, C.; MORENO, J.L.; CERRO, A.D.; ANDRÉS, M. Influence of forest cover and herbaceous vegetation on the microbiological and biochemical properties of soil under Mediterranean humid climate. *European Journal of Soil Biology*, v. 46, p. 273-279, 2010.

MA, S.; CONCILIO, A.; OAKLEY, B.; NORTH, M.; CHEN, J. Spatial variability in microclimate in a mixed-conifer forest before and after thinning and burning treatments. *Forest Ecology and Management*, v.259, p.904–915, 2010.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 425- 433, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga / MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Natal : MMA, 2008. 28p.

NOGUEIRA, M.A.; MELO, W.J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p. 655-663, 2003.

PRIETZEL, J. Arylsulfatase activities in soils of the Black Forest/Germany-seasonal variation and effect of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 33, p. 1317-1328, 2001.

RUTIGLIANO, F.A.; ASCOLI, R.D.; SANTO, A.V. de. Soil microbial metabolism and nutrient status in a Mediterranean area as affected by plant cover. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 36, p. 1719-1729, 2004.

SILVA, C.F. da; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. da. Total organic carbon, microbial biomass and soil enzyme activity of agricultural areas, forest and grassland middle valley of Paraíba south (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Assay of urease activity of soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 4, p. 479-487, 1972.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Biological characteristics of soil quality indicators after two years of industrial application of biosolids and maize cultivation. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, v.31, p.1173-1184, 2007. Abstract disponível em inglês.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Chemical and physical properties of a soil treated with industrial and sewage sludge cultivated with maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p.223-230, 2008. Abstract disponível em inglês.

VALLEJO, V. E.; ARBELI, Z.; TERÁN, W.; LORENZ, N.; DICK, R. P.; ROLDAN, F. Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in intensive silvopastoral systems of Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.150, p.139– 148, 2012.

VINHAL-FREITAS, I.C.V.; WANGEN, D.R.B.; FERREIRA, A.S.; CORRÊA, G.F.; WENDLING, B. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.757-764, 2010.

WALMSLEY, J.D.; JONES, D.L.; REYNOLDS, B.; PRICE, M.H.; HEALEY, J.R. Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity. *Forest Ecology and Management*, v. 257, p. 1104–1111, 2009.

WICK, B.; TIESSEN, H.; MENEZES, R.S.C. Land quality changes following the conversion of the natural vegetation into silvo-pastoral systems in semi-arid NE Brazil. *Plant and Soil*, v.222, p.59-70, 2000.

YANG, L.; LI, T.; LI, F.; LEMCOFF, J.H. & COHEN, S. Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field. *Horticultural Science*, v. 116, p.21-26, 2008.

CAPÍTULO II

ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM PERFIS DE PLANOSSOLO, CAMBISSOLO E LATOSSOLO AMARELO EM ÁREAS DE REGENERAÇÃO FLORESTAL NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

RESUMO

A atividade enzimática pode ser um bom indicador da qualidade de solo, desse modo, é essencial estudos ligados à avaliação dos atributos bioquímicos. Além disso, pode ser uma alternativa interessante para julgar os efeitos de ações antrópicas sobre a vegetação nativa, devido à sua alta suscetibilidade às mudanças no uso do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição vertical da atividade enzimática em perfis de Planossolo, Cambissolo e Latossolo Amarelo em áreas de regeneração florestal no semiárido nordestino, no município de Floresta-PE. A amostragem de solo foram nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. As atividades enzimáticas determinadas foram fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease. Os métodos de análise tem por base a incubação das amostras de solo com uma solução tamponada de substratos específicos para cada enzima, promovendo a liberação do *p*- nitrofenol para as enzimas fosfatases ácida, alcalina e arilsulfatase e liberação de amônia para a enzima urease, sendo-as determinadas colorimetricamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Tukey. A atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease variaram nos diferentes tipos de solo. A atividade enzimática diminuiu com o aumento da profundidade do solo. Para todas as camadas, a maior taxa da fosfatase ácida e alcalina foram observadas no perfil do Planossolo quando comparado aos demais perfis.

Palavras- chave: Caatinga; enzimas; qualidade do solo.

ABSTRACT

Studies related to the evaluation of the biochemical attributes enzyme activity can be a good indicator of soil quality, thus is essential. Moreover, it can be an interesting alternative to judge the effects of human activities on native vegetation due to its high susceptibility to changes in land use. The aim of this study was to evaluate the vertical distribution of enzyme activity in Planosol, Cambisol and yellow Oxisol profiles in forest regeneration in the semiarid northeast, in the city of Forest -PE. Soil samples were in the 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm. The enzymatic activities studied were acid and alkaline phosphatase, arylsulfatase and urease. Methods of analysis is based on the incubation of soil samples with a buffered solution specific for each enzyme substrates, promoting the release of p - nitrophenol for acid, alkaline phosphatases and arylsulfatase enzymes and release of ammonia to the enzyme urease, which them determined colorimetrically. Data were subjected to analysis of variance and the Tukey test. The activity of acid and alkaline phosphatase enzymes, arylsulfatase and urease varied in different soil types. The enzymatic activity decreased with increasing soil depth. For all layers, the highest rate of acid and alkaline phosphatase were observed in the Planosol profile when compared to the other profiles.

Key – words: Caatinga; enzymes; soil quality.

1 INTRODUÇÃO

Floresta tropical seca é considerado o ecossistema tropical mais ameaçado, pois grande parte das terras abrangidas por estas florestas foram convertidas para usos agrícolas (MILES et al., 2006; QUESADA; STONER, 2004). As razões para a transformação em grande escala são muitas, sobretudo a conversão dessas florestas em áreas de pecuária extensiva e de produção agrícola como também a exploração de produtos madeireiros e não-madeireiros (QUESADA; STONER, 2004; CALVO-ALVARADO et al., 2009; ESPIRÍTO-SANTO et al., 2009).

Algumas florestas tropicais secas estão em processo de regeneração (BECKNELL et al., 2012), ou seja, livre das ações humanas e dos animais. Durante os últimos quinze anos, políticas de conversão foram tomadas no norte de Minas Gerais para regulamentar o uso da Floresta Tropical Seca e no momento essa região conta com 20 unidades de conservação (ESPIRÍTO-SANTO et al., 2009). Este processo de regeneração depende de forma direta e indireta da ação de microrganismos na mediação de processos de liberação de nutrientes da matéria orgânica do solo e que são regulados pela atividade das enzimas do solo (DORODNIKOV et al., 2009). Assim, as enzimas envolvidas na ciclagem de nutrientes têm sido sugeridas como potenciais indicadores da qualidade do solo (BALASHOV et al., 2010), por indicar mudanças ocorridas na microbiota deste ambiente (ANDRADE; SILVEIRA, 2004) e serem sensíveis a alterações na qualidade do solo (VALARINI et al., 2011).

As enzimas são fundamentais na manutenção da disponibilidade de nutrientes, dentre elas a fosfatase ácida e alcalina, urease, arilsulfatase, entre outras estão envolvidas na transformação de compostos orgânicos e disponibilizando fontes inorgânicas para as plantas (AMADOR et al., 1997). A determinação de uma variedade de enzimas do solo dá uma indicação da diversidade de funções que pode ser assumida pela comunidade microbiana (CLAASSENS et al., 2008). Na avaliação da qualidade do solo, Trannin et al. (2008), apontam que devem ser empregados parâmetros indicadores de qualidades física, química, bioquímica e biológica e de suas interações. Dessa forma, os autores afirmam que se faz necessária a identificação e seleção desses atributos de solo que possam ser

empregados como indicadores de mudanças na qualidade em resposta às práticas de manejos.

A grande maioria dos estudos da atividade enzimática no solo têm destacado apenas as camadas superficiais, ignorando as camadas mais profundas, apesar de que, ali, podem ser encontradas enzimas em atividade. Alguns trabalhos têm avaliado as taxas de enzimas ao longo do perfil do solo (PRIETZEL et al., 2001; MATSUOKA et al., 2003; SOUZA et al., 2009; BALOTA et al., 2011) e muitos deles constataram tendência de decréscimo da atividade enzimática das camadas superficiais para profundidade. Prietzel et al. (2001) verificaram maiores atividades de arilsulfatase em camadas superficiais de solo do que as mais profundas, onde a concentração do substrato específico, sulfato de éster, na superfície é mais elevado pela concentração de húmus e de raízes. A diminuição das enzimas da superfície do solo para as camadas mais profundas, pode estar relacionado a limitação do crescimento dos microrganismos no solo na ausência de fonte de carbono (BUZINARO et al., 2009), como também, o baixo conteúdo de oxigênio, o que pode resultar em uma biomassa microbiana menor e uma menor atividade do que na camada superficial (BALOTA et al., 2011).

Diferentes tipos de solos podem responder de forma diferenciada aos atributos bioquímicos. Velmourougane et al. (2013), observaram variações na atividade enzimática em regiões semiáridas na Índia sob diferentes tipos de solos: Sodic Haplusterts, Calcic Haplusterts, Vertic Haplustepts, Typic Haplusterts, Chromic Haplusterts, Vertic Haplustepts e Halic Haplusterts.

Para compreender o papel dos atributos bioquímicos na qualidade do solo e como eles se comportam em diferentes tipos de solo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição da atividade enzimática em três perfis de solos em áreas distintas sob efeito de regeneração florestal de Caatinga, no município de Floresta-PE.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem do solo

Das seis áreas estudadas do primeiro capítulo, três destas foram escolhidas e abertos perfis (PLAH, CAMH e LATAM) descritivos de solo para análise da distribuição enzimática no perfil. A coleta das amostras foram realizada por meio da abertura de trincheiras de 100 cm de profundidade, retirando-se, com auxílio de uma pá, fatias de solo nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

2.2 Avaliação estatística dos dados

Os dados das atividades enzimáticas foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Analisaram-se as diferenças das médias dos atributos bioquímicos entre os perfis de cada área, separadamanete. Quando as variáveis foram diferentes estatisticamente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um modo geral, houve variação enzimática nos perfis de solos, como também verificou-se uma tendência de decréscimo das atividades de todas as enzimas à medida que aumentou a profundidade do solo, conforme observado na maioria dos solos agrícolas e florestais brasileiros (SOUZA et al., 2009; BALOTA et al., 2011).

3.1 Fosfatase ácida

A atividade da fosfatase ácida variou nas classes de solo de 44,39 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ a 2,37 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (Figura 1). A atividade da fosfatase ácida no Planossolo (PLAH) foi maior na camada de 0-5 cm (44,39 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) do que na camada 80-100 cm (3,24 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$). A principal razão para o aumento da fosfatase na superfície do solo em comparação com as camadas mais profundas do solo é atribuída à maior disponibilidade de carbono orgânico e de nutrientes que estimulou a atividade

microbiana na superfície solo. Velmourougane et al. (2013), também verificaram diminuição da atividade enzimática em profundidade em solos de região semiárida na Índia.

Estudos em solos de floresta Mediterrânea, no sudoeste da Espanha, Wic Baena et al. (2013), verificaram atividades fosfáticas de $30 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ em solos de floresta nativa e $20 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ em solos de regeneração florestal há 11 anos. A atividade da fosfatase ácida em áreas de vegetação florestal foi observada por diversos autores (TIAN, et al., 2010; BURKE et al., 2011; SILVA et al., 2012a).

Em todas as camadas, a maior taxa da fosfatase ácida foi observada no perfil do Planossolo, quando comparadas aos demais perfis. Esse resultado pode estar relacionado com o maior teor de argila e MO encontrado neste perfil. O principal mecanismo é a proteção física da matéria orgânica do solo e da biomassa microbiana pelas argilas (SILVA et al., 2012b). Além disso, o alto teor de MO presente na área promove um aumento na biomassa microbiana do solo, como uma resposta às fontes de C mais disponíveis (SANTOS et al., 2012).

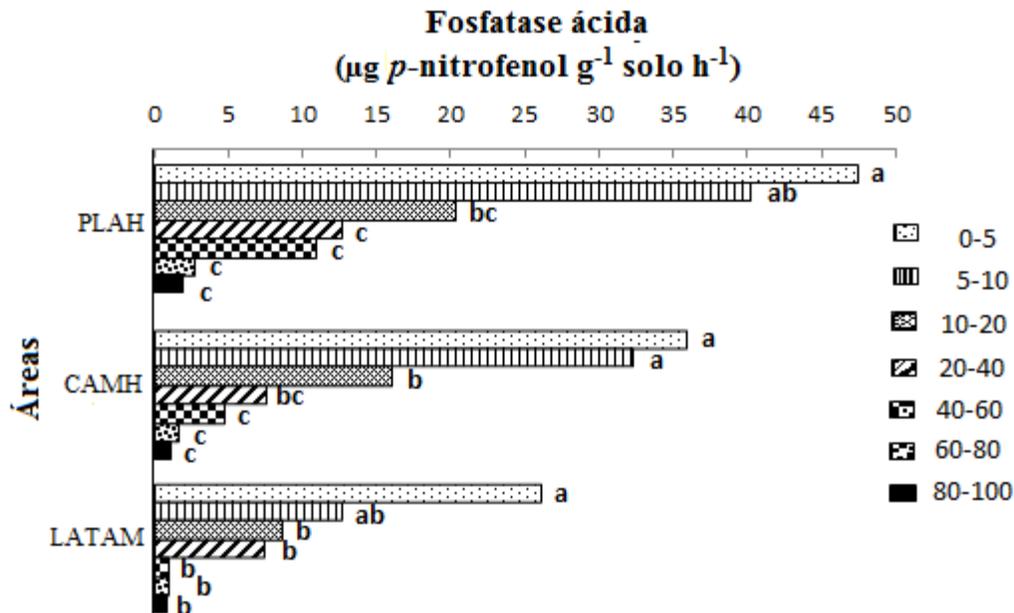


Figura 1. Atividade da fosfatase ácida sob diferentes tipos de solos em áreas de regeneração florestal nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. (PLAH: Planossolo Háplico; CAMH: Cambissolo Háplico e LATAM: Latossolo). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

3.2 Fosfatase alcalina

Os resultados da atividade da fosfatase alcalina apresentados na figura 2. A atividade fosfática variou nos diferentes tipos de solo. Para todas as camadas revelaram a seguinte sequência, em ordem decrescente: Planossolo > Cambissolo > Latossolo. Atividades dessa enzima são conhecidas por serem mais significativamente afetadas por mudanças no pH do solo (ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2008).

As diferenças entre as áreas estudadas podem ser explicadas por vários fatores que afetam a quantidade de resíduos e a atividade enzimática, como a estação do ano, material de origem, características genéticas e idade das espécies florestais presentes no local, bem como a densidade da floresta (NEVES et al., 2001; CORREIA; ANDRADE, 2008). Em outras palavras, nessa tipologia florestal há uma alta heterogeneidade espacial local. Velmourougane et al. (2013), verificaram maior aporte de resíduos orgânicos durante o outono, contribuindo para maior atividade enzimática em solos da Índia. Os mesmos autores ainda verificaram variações enzimáticas em sete tipos de solos: Sodic Haplusterts, Calcic Haplusterts, Vertic Haplustepts, Typic Haplusterts, Chromic Haplusterts, Vertic Haplustepts e Halic Haplusterts.

Os resultados mais expressivos entre as áreas em regeneração foram observados até a camada de 5-10 cm, onde não houve diferença significativa em relação a camada 0-5 cm de solo nos perfis de Planossolo e Cambissolo. A partir dessa camada houve diferença significativa nas taxas de fosfatase alcalina. Diferentemente da maioria dos outros estudos de sistema florestal onde as atividades enzimáticas começam a diminuir, significativamente, abaixo dos primeiros cinco centímetros (MATSUOKA et al. 2003; BALOTA et al., 2004; CARNEIRO et al., 2004). A maioria dos estudos foram em regiões de clima temperado, que têm inverno frio. Este estudo foi realizado em ambiente tropical de clima semiárido onde os solos permanecem quente o ano todo, o que facilita as altas taxas de decomposição. Diminuição da atividade enzimática através do perfil do solo foram observados nos solos florestais e agrícolas (BALOTA et al., 2004; TAYLOR et al. 2002; ZAMAN et al. 2002).

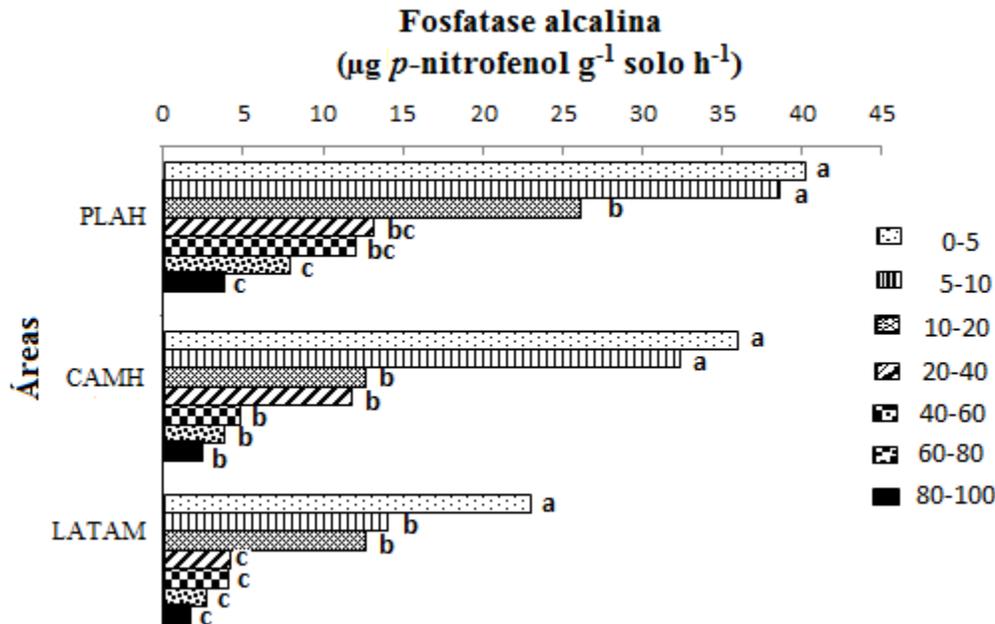


Figura 2. Atividade da fosfatase alcalina sob diferentes tipos de solos em áreas de regeneração florestal nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. (PLAH: Planossolo Háplico; CAMH: Cambissolo Háplico e LATAM: Latossolo). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

3.3 Arilsulfatase

As taxas da enzima arilsulfatase, apresentaram diferenças significativas entre as camadas de solo, sendo maiores valores verificados na camada superficial para todos os ambientes, (Figura 3). Para a profundidade de 0-5 cm, os valores da atividade de arilsulfatase no solo variaram de 296,94 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no perfil de Planossolo (PLAH) a 191,97 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no perfil de Latossolo (LATAM). Isto pode estar relacionado pelo fato do Planossolo ter maiores concentrações de SO_4^{2-} na solução do solo do que no Latossolo.

Observa-se que nas camadas de 0-5 cm e 40-60 cm apresentaram diferenças estatísticas da enzima arilsulfatase, sendo notadas médias de 191,97 e 112,58 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no perfil de Latossolo (LATAM) e médias de 265,24 e 99,11 $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ no perfil de Cambissolo (CAMH). O resultado foi semelhante com o de Prietzel et al.

(2001), que constatou maiores atividades de arilsulfatase na camada de 0-10 cm do que na camada de 0-60 cm em Cambissolos e Latossolos.

Para todos os ambientes avaliados constatou-se uma redução da arilsulfatase da camada superior para as camadas mais profundas. Balota et al. (2011), observaram diminuição da arilsulfatase na profundidade de 0 a 20 cm sob sistema de plantio direto. Dentre os principais fatores que afetam esta enzima, destaca-se a quantidade de matéria orgânica a partir de resíduos de plantas, que é rica em ésteres de sulfato, substrato dessa enzima (NOGUEIRA; MELLO, 2003). Arilsulfatases são um de muitos tipos de sulfatases envolvidos na mineralização de ésteres de sulfato. A maioria da arilsulfatases não são enzimas constitutivas, e a sua síntese por microrganismos pode ser controlada pelo teor de enxofre do sistema (DICK, 1997).

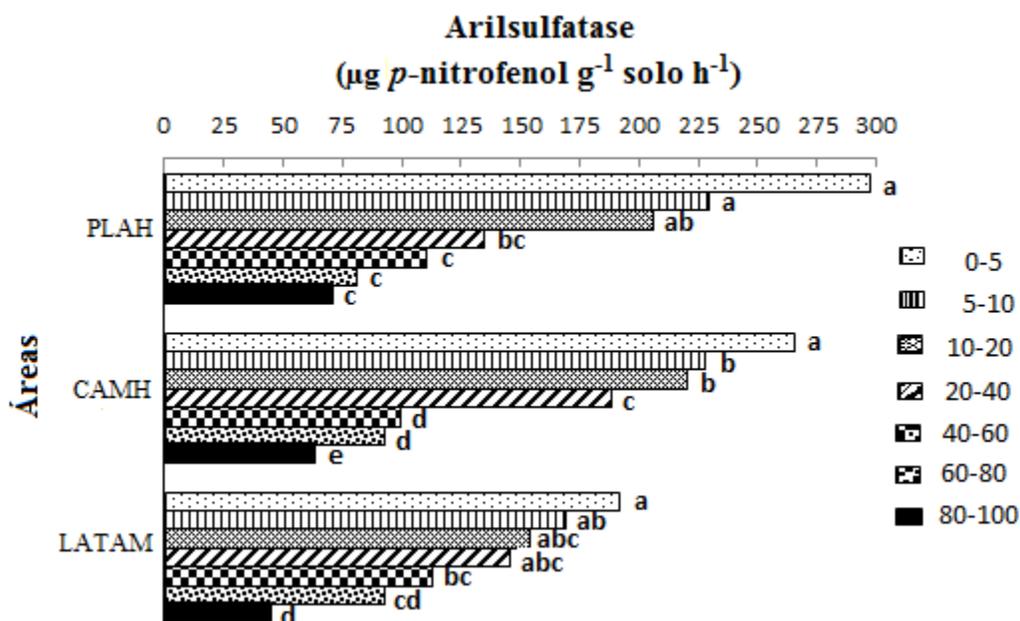


Figura 3. Atividade da arilsulfatase sob diferentes tipos de solos em áreas de regeneração florestal nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. (PLAH: Planossolo Háplico; CAMH: Cambissolo Háplico e LATAM: Latossolo). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

3.4 Urease

A atividade da urease verificada nesse trabalho foi de 5,02 a 0,07 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1}$ solo 2h^{-1} , (Figura 4), resultados semelhantes foram encontrados por Carneiro et al. (2009) em um Neossolo Quartzarênico no Cerrado nativo e num sistema de cultivo de milho em plantio direto com uma atividade ureolítica de 4,2 e 3,7 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1}$ solo 2h^{-1} , respectivamente. Além disso, Lanna et al. (2010), estudando plantas de cobertura em sistema de plantio direto em um Latossolo Vermelho obtiveram na camada de solo de 0-10 cm atividade de urease na faixa de 6,5 a 3,6 $\mu\text{g N-NH}_4 \text{ g}^{-1}$ solo 2h^{-1} para cobertura de capim-mombaça e estilosantes, respectivamente. O sistema de uso do solo tem grande influência sobre a atividade enzimática (DORAN; PARKIN, 1994). O sistema de manejo, a vegetação e o clima foram fatores mais importantes do que material de origem para determinar a atividade enzimática do solo (ROSS et al., 1973).

A urease é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda, originada de restos vegetais (REYNOLDS et al., 1987). Na camada 0-5 cm, o perfil LATAM foi que apresentou menor atividade, sendo esse 44% menor que o do perfil CAMH. A menor atividade enzimática verificada no presente trabalho pode estar relacionada a vários fatores entre eles: mudanças qualitativas na composição das comunidades microbianas presentes nestes locais; o tipo da cobertura vegetal em relação à ciclagem do nitrogênio orgânico presente na serrapilheira pela enzima urease; a maior mineralização da matéria orgânica em períodos mais quentes do ano e a maiores perdas de N por aumento da nitrificação ou ainda pelo baixo pH do solo, uma vez que sua atividade é aparentemente ótima em pH 8,5 a 9,0 (TABATABAI; BREMNER, 1972). Fatores climáticos, como temperatura (SENGIK et al., 2001; LONGO; MELO, 2005), e fatores do solo, como pH, potencial de água, aeração, textura e quantidade de N orgânico (SENGIK et al., 2001), são determinantes da atividade da urease.

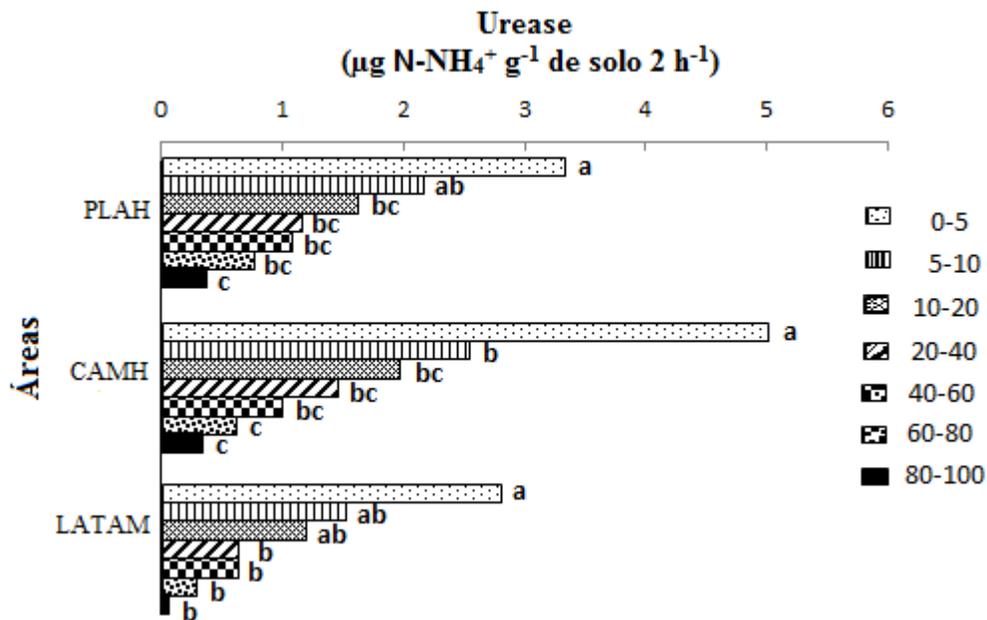


Figura 4. Atividade da urease sob diferentes tipos de solos em áreas de regeneração florestal nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. (PLAH: Planossolo Háplico; CAMH: Cambissolo Háplico e LATAM: Latossolo). Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

As atividades enzimáticas da fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease encontradas até 1 m de profundidade, em cada um dos perfis estudados, comprovam a importância do subsolo no armazenamento de enzimas, uma vez que se verificou no presente trabalho que, para todas as áreas, a atividade enzimática armazenada abaixo de 40 cm até 100 cm representa em média de 8,05% para a fosfatase ácida, 13,6% para a fosfatase alcalina, 24,27% para a arilsulfatase e 16,73% para a urease de todo o perfil. Vale salientar, que este foi o primeiro estudo caracterizando a atividade enzimática no perfil de 1m e em diferentes tipos de solos da região semiárida do estado de Pernambuco.

4 CONCLUSÕES

1. Os tipos de solo: Planossolo, Latossolo e Cambissolo apresentaram variações nas atividades enzimáticas.
2. As atividades das enzimas fosfatase ácida e alcalina, arilsulfatase e urease nos perfis de Planossolo Háplico, Cambissolo Háplico e Latossolo Amarelo diminuíram com a profundidade do solo.
3. O Planossolo foi o perfil que apresentou maiores atividades das enzimas fosfatase ácida e alcalina, em todas as camadas.

5 REFERÊNCIAS

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; ACOSTA-MERCADO, D.; SOTOMAYOR-RAMÍREZ, D.; CRUZ-RODRÍGUEZ, L. Microbial communities and enzymatic activities under different management in semiarid soils. *Applied Soil Ecology*, v.38, p.249-260, 2008.

AMADOR, J.A.A.; GLUCKSMAN, M.; LYONS, J.B.; GOREES, H.H. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. *Soil Science*, Baltimore, v.16, p.808-825, 1997.

ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Biomass and microbial activity in the soil under the influence of lead and rhizosphere of mycorrhizal soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.1191-1198, 2004. Abstract em inglês.

ASSISTAT- SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance, versão 7.6 <<http://www.assistat.com>> Accessed 11 may 2013.

BALASHOV, E.; KREN, J.; PROCHAZKOVA, B. Influence of plant residue management on microbial properties and waterstable aggregates of two agricultural soils. *Internacional Agrophysics*, v.24, p. 9-13, 2010.

BALOTA, E.L.; KANASHIRO, M.; FILHO, A.C.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 35, p. 300-306, 2004.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; TRUBER, P. V. Soil enzyme activities under pig slurry addition and different tillage systems. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n.4, p. 729-737, 2011.

BECKNELL, J. M.; KUCEK, L. K.; POWERS, J. S. Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forests: A literature review and global synthesis. *Forest Ecology and Management*, v. 276, p. 88–95, 2012.

BURKE, D. J.; WEINTRAUB, M. N.; HEWINS, C. R.; KALISZ, S. Relationship between soil enzyme activities, nutrient cycling and soil fungal communities in a northern hardwood forest. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 43, p. 795-803, 2011.

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal*, v. 31, n. 2, p. 408-415, 2009.

CALVO-ALVARADO, A.; MCLENNAN, B.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; GARVIN, T. Deforestation and forest restoration in Guanacaste, Costa Rica: putting conservation policies in context. *Journal of Forest Ecology and Management*, v.258, p. 931–940, 2009.

CARNEIRO, R.G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P.E.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L.J. Biological indicators associated with the phosphorus cycle in Cerrado soils under no-tillage and conventional tillage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.39, n.7, p.661-669, jul. 2004. Abstract em inglês.

CARNEIRO, R.G.; SOUZA, E. D de.; REIS, E. F. dos.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. de. Physical, chemical and biological attributes of savanna soils under different land use and management systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 147-157, 2009. Abstract em inglês.

CLAASSENS, S.; van RENSBURG, P.J.J.; MABOETA, M.S.; van RENSBURG, L. Soil microbial community function and structure in a post-mining chronosequence. *Water Air Soil Poll*, v. 194, p.315-329, 2008.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). *Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas Tropicais & Subtropicais*. 2ª ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, p.654, 2008.

DICK, R. P. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). *Biological Indicators of Soil Health*. New York: CAB International, p. 121-156, 1997.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; CELEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. eds. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, p.3-21, 1994.

DORODNIKOV, M., BLAGODATSKAYA, E., BLAGODATSKY, S., MARHAN, S., FANGMEIER, A., KUZYAKOV, Y. Stimulation of microbial extracellular enzyme activities by elevated CO₂ depends on soil aggregate size. *Global Change Biology*, v. 15, p. 1603–1614, 2009.

ESPÍRITO-SANTO, M.M.; SEVILHA, A.C.; ANAYA, F.C.; BARBOSA, R.S.; FERNANDES, G.W.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; SCARIOT, A.O.; NORONHA, S.E.; SAMPAIO, C. Sustainability of tropical dry forests: two case studies in southeastern and central Brazil. *Ecology and Forest Management*, v. 258, p. 922-930, 2009.

LANNA, A. C.; SILVEIRA, P. M. da; SILVA, M. B. da; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Urease activity in soil with bean influenced by vegetation and planting systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 1933-1939, 2010. Abstract em inglês.

LONGO, R.M.; MELO, W.J. Activity of urease in Oxisols under the influence of vegetation cover and season of sampling. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 645-650, 2005. Abstract em inglês.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Microbial biomass and enzyme activities in soils under native vegetation and annual and perennial cropping systems in the region east of Spring (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 425-433, 2003. Abstract em inglês.

MILES, L.; NEWTON, A.C.; DEFRIES, R.S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J.E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, v. 33, p. 491-505, 2006.

NEVES, E.J.M. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.43, p. 47-60, jul./dez. 2001.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade da arilsulfase em solo tratado com gesso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 655-663, 2003.

PRIETZEL, J. Arylsulfatase activities in soils of the Black Forest/Germany-seasonal variation and effect of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 33, p. 1317-1328, 2001.

QUESADA, M.; STONER, K.E. Threats to the conservation of tropical dry forest in Costa Rica. In: FRANKIE, G.W.; MATA, A. BrandleighVinson, S. (Eds.), *Biodiversity Conservation in Costa Rica: Learning the Lessons in a Seasonal Dry Forest*. University of California Press, Berkeley, p. 266-280, 2004.

REYNOLDS, C.M.; WOLF, D.C.; ARMBRUSTER, J.A. Factors related to urea hydrolysis in soils. *Soil Science Society of America*, v.49, p.104-108, 1987.

ROSS, D.J. Some enzyme and respiratory activities of tropical soils from New Hebrides. *Soil Biology and Biochemistry*, v.5, p. 559–567, 1973.

SANTOS, V.B., ARAÚJO, A.S.F., LEITE, L.F.C., NUNES, L.A.P.L., MELO, W.J. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems. *Geoderma*, v. 170, p. 227–231, 2012.

SENGIK, E.; KIEHL, J.C.; SILVA, M.A.G.; PALANGANA, D.C.; LAWDER, M.R. Losses of ammonia in soil and organic waste autoclaved and treated with urea. *Acta Scientiae*, v. 23, p.1099-1105, 2001.

SILVA, C.F. da; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. da. Total organic carbon, microbial biomass and soil enzyme activity of agricultural areas, forest and grassland middle valley of paraíba south (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012a.

SILVA, D. K. A. da; FREITAS, N. O.; SOUZA, R. G.; SILVA, F. S. B. da; ARAUJO, A. S. F. de; MAIA, L. C. Soil microbial biomass and activity under natural and regenerated forests and conventional sugarcane plantations in Brazil. *Geoderma*, v.189–190, p. 257–261, 2012b.

SOUZA, C. A.; REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C.; LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E. Sewage sludge in biological soil properties and on nodulation and soybean production. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.1319-1327, 2009. Abstract em ingles.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Assay of urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.*, v.4, p. 479-487, 1972.

TAYLOR, J.P.; WILSON, B.; MILLS, M.S.; BURNS, R.G. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 34, p. 387–401, 2002.

TIAN, L.; DELL, E.; SHI, W. Chemical composition of dissolved organic matter in agroecosystems: Correlations with soil enzyme activity and carbon and nitrogen mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 46, p. 426–435, 2010.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Chemical and physical properties of a soil treated with industrial and sewage sludge cultivated with maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p.223-230, 2008. Abstract em inglês.

VALARINI, P.J.; FRIGHETTO, R.T.S.; SCHIAVINATO, R.J.; CAMPANHOLA, C.; SENA, M.M.; BALBINOT, L.; POPPI, R.J. Soil quality in organic and conventional production systems greenery. *Horticultura Brasileira*, v.25, p. 060-067, 2011. Abstract em inglês.

VELMOUROUGANE K.; VENUGOPALAN, M.V.; BHATTACHARYYA, T.; SARKAR D.; PAL, D.K.; SAHU, A.; RAY, S.K.; NAIR, K.M.; PRASAD, J.; SINGH, R.S. Soil dehydrogenase activity in agro-ecological sub regions of black soil regions in India. *Geoderma*, v. 197–198, v. 186–192, 2013.

WIC BAENA, C.; ANDRÉS-ABELLÁN, M.; LUCAS-BORJA, M.E.; MARTÍNEZ-GARCÍA, E.; GARCÍA-MOROTE, F.A.; RUBIO, E.; LÓPEZ-SERRANO, F. R. Thinning and recovery effects on soil properties in two sites of a Mediterranean forest, in Cuenca Mountain (South-eastern of Spain). *Forest Ecology and Management*, v 308, p. 223–230, 2013.

ZAMAN, M.; CAMERON, K.C.; DI, H.J.; INUBUSHI, K. Changes in mineral N, microbial and enzyme activities in different soil depths after applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 63, p. 275–290, 2002.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados aqui apresentados podem subsidiar futuros estudos visando o monitoramento da qualidade do solo sob a floresta na área de manejo florestal estudada. Para um estudo mais completo seria fundamental a amostragem da fitomassa arbórea localizadas na área de manejo florestal e a monitoração, periodicamente, em relação ao solo e também à serapilheira. Sendo possível, assim, realizar uma comparação entre vegetação, solo e serapilheira e avaliar melhor a dinâmica dos nutrientes, velocidade de regeneração da vegetação para definir os ciclos de cortes dessas áreas. Dessa forma, será possível fornecer mais informações para futuros planos de manejo florestal sustentável no estado de Pernambuco quanto à qualidade do solo em áreas florestais manejadas.