



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
EXPLORAÇÃO DE MADEIRA PARA LENHA NO SEMIÁRIDO DA
PARAÍBA**

RENAN FERREIRA DA NÓBREGA

POMBAL – PB

2013

RENAN FERREIRA DA NÓBREGA

**QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
EXPLORAÇÃO DE MADEIRA PARA LENHA NO SEMIÁRIDO DA
PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Ciência e
Tecnologia Agroalimentar, para a obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Silva Lima

POMBAL-PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

N754q Nóbrega, Renan Ferreira da.
Qualidade do solo de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido da Paraíba / Renan Ferreira da Nóbrega. – Pombal, 2013.
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013.

"Orientação: Profa. Dra. Adriana Silva Lima".
Referências.

1. Degradação do Solo. 2. Caatinga. 3. Índice de Deterioração. I. Lima, Adriana Silva. II. Título.

CDU 632.125(043)

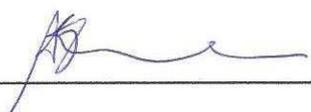
RENAN FERREIRA DA NÓBREGA

**QUALIDADE DO SOLO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA
EXPLORAÇÃO DE MADEIRA PARA LENHA NO SEMIÁRIDO DA
PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Ciência e
Tecnologia Agroalimentar, para a obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Aprovada em: 26/04/ 2013

BANCA EXAMINADORA:


Orientadora – Profa. Dra. Adriana Silva Lima
(UFCG – CCTA – UAGRA)


Examinador – Prof. Dr. Alexandre Paiva da Silva
(UFCG – CCTA – UACTA)


Examinadora – Profa. Dra. Patrícia Carneiro Souto
(UFCG – CSTR – UAEF)

*Aos meus pais, irmãos, minha
namorada, demais familiares, e
amigos... Dedico!*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande e o Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar;

Ao CNPq pelo financiamento do projeto (5775212008-0) e concessão de bolsa de estudo;

À professora Adriana Silva Lima, pela orientação, auxílios e ensinamentos nesta monografia;

Aos membros da banca examinadora, professores Alexandre Paiva da Silva e Patrícia Carneiro Souto, pela disponibilidade em participar e pelas valiosas contribuições;

Aos professores Alexandre Paiva da Silva e Josinaldo Lopes Araujo pelo auxílio e ensinamentos nas atividades de campo;

Ao técnico do Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, Sr. Francisco Alves da Silva, pelo auxílio;

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental, por todo o ensinamento;

Ao Sr. Yorster Queiroga Alves, proprietário da fazenda Roncador, pela disponibilização da área para a coleta dos dados.

Ao Sr. Arnaldo Pereira da Silva pelos serviços prestados ao projeto.

Aos colegas e amigos do CCTA, em especial à Elysson, Evandro e Luiz Joaquim, pelas contribuições durante as coletas e as análises de solo;

À minha família que sempre contribuiu para minha educação e motivação nos momentos mais difíceis;

À Danielly e seus familiares pelo carinho e por me acolherem nos momentos que mais necessitei;

A todos que, de alguma forma, participaram dessa caminhada e que não foram mencionados, o meu muito obrigado.

*“A Terra provê o suficiente para as necessidades de todos os homens, mas não para voracidade de todos”.
(Mahatma Gandhi)*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema da subárea representativa de 70 x 50 m e das cinco parcelas experimentais (pseudo-repetições) de 20 x 15 m.....10
- Figura 2.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas experimentais para época seca.....15
- Figura 3.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas experimentais para época chuvosa.....15
- Figura 4.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas experimentais para época seca.....16
- Figura 5.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas experimentais para época chuvosa.....16
- Figura 6.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas experimentais para época seca.....18
- Figura 7.** Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas experimentais para época chuvosa.....18
- Figura 8.** Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para as áreas experimentais para época seca.....19
- Figura 9.** Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para as áreas experimentais para época chuvosa.....19
- Figura 10.** Distribuição dos escores das áreas experimentais época seca. Relação entre o primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.....20

Figura 11. Distribuição dos escores das áreas experimentais época chuvosa. Relação entre o primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.....	20
Figura 12. Distribuição dos escores dos atributos das áreas experimentais para época seca. Relação entre o Primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.....	22
Figura 13. Distribuição dos escores dos atributos das áreas experimentais para época chuvosa. Relação entre o Primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.....	22

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada – mata natural (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e no período de chuvoso.....14
- Tabela 2.** Atributos físicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada – mata natural (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e no período de chuvoso.....16
- Tabela 3.** Atributos biológicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada – mata natural (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e no período de chuvoso.....17

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Caatinga: aspectos gerais e degradação	3
2.2 Qualidade do solo: conceito e avaliação	5
2.4 Índices de qualidade do solo (IQS): conceito e determinação	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Localização e caracterização da área	9
3.2 Delineamento experimental.....	9
3.3 Coleta das amostras.....	10
3.4 Atributos químicos do solo	10
3.5 Atributos físicos do solo	11
3.6 Atributos biológicos	11
3.7. Índices de deterioração	12
3.8 Análise multivariada de Componentes Principais (CP)	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5 CONCLUSÕES	25
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

RENAN FERREIRA DA NÓBREGA. **Qualidade do solo de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido da Paraíba.** Pombal –PB, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, abril de 2013. 43 p.il. Trabalho de Graduação. Curso de Engenharia Ambiental – Orientadora: Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima

A retirada da cobertura vegetal tem acelerado o processo de degradação do solo, o que pode ser monitorado através da qualidade do solo. Para tal, objetivou-se avaliar a qualidade do solo de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido Paraibano, em três situações de manejo: área desmatada (AD), uma área desmatada e queimada (ADQ) e uma não desmatada, de mata nativa remanescente (MN). Nestas foram selecionada uma subárea representativa de 70 x 50 m na qual foram instaladas cinco parcelas de 20 x 15 m. A amostragem de solo (0-15 cm), em cada parcela, foi realizada em dois períodos (período seco e período chuvoso). Calculou-se o Índice de Deterioração, para os atributos, separadamente e em conjunto, por meio dos atributos químicos, físicos e biológicos das áreas desmatadas em relação à área não desmatada. Realizou-se a análise multivariada de componentes principais com 22 variáveis. Os índices de deterioração calculados para as áreas desmatadas indicaram modificações nos atributos quando comparou com a área de referência, nas duas épocas. Ocorreu diferenciação nos indicadores químicos, físicos e biológicos entre as áreas (AD, ADQ e MN), para as duas épocas. A área desmatada e queimada (ADQ) possui características químicas, físicas e biológicas que se assemelham da área de referência (MN). Os atributos que se destacaram na diferenciação entre as áreas, nas duas épocas, foram o pH, CE, P, K⁺, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², Dp, MO, respiração edáfica, C-biomassa, qCO₂, N-biomassa e qMic.

Palavras-chave: degradação do solo, Caatinga, índice de deterioração.

ABSTRACT

RENAN FERREIRA DA NÓBREGA. **Soil quality in degraded areas by wood exploration for firewood.** Pombal – PB, Center for Agri-food Science and Technology, UFCG, October, 2013. 43 p.il. Monograph. Environmental Engineering Course. Supervisor: Prof. Adriana Silva Lima. Dr.Eng.

The removal of vegetation has accelerated soil degradation process that can be monitored through soil quality. For this purpose, it was aimed to evaluate soil quality of degraded by logging for firewood in the semiarid Paraíba, in three management situations, namely completely deforested (AD), a completely deforested and burned area (ADQ), about three years before and native vegetation remaining (MN), in Sítio Roncador, located in middle region of Paraíba, sub-basin Piancó, Pombal-Paraíba. These were selected representing a subarea of 70 x 50 m in which five plots of 20 x 15 m. Soil samples (0-15 cm) in each plot was carried out in two seasons (dry and rainy season). It was calculated deterioration index to the attributes separately and jointly, by means of chemical, physical and biological attributes over the deforested area. The principal components analysis was calculated with 22 variables. The deterioration index calculated for the deforested indicated changes in attributes when compared with the reference area, in both seasons. Differentiation occurred in chemical indicators, physical and biological agents between areas (AD, ADQ and MN), for two seasons. The area deforested and burned (ADQ) has chemical, physical and biological properties that resemble the reference area (MN). The attributes that have differentiating between areas, in both seasons, were pH, CE, P, K⁺, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², Dp, OM, C-biomass, qCO₂, breathing edaphic, N-biomass and qMic.

Keywords: soil degradation, Caatinga, deterioration index.

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é considerada um bioma ameaçado em função da exploração indiscriminada dos seus recursos naturais e de sua biodiversidade. Sob o ponto de vista de sustentabilidade ambiental e de manejo, a derrubada e queima da vegetação são os principais processos responsáveis pelas saídas de carbono e nitrogênio dos agroecossistemas onde estas práticas são empregadas.

O processo de degradação sobre a região semiárida do Nordeste brasileiro encontra-se cada vez mais avançando, isto se faz em consequência do contínuo desmatamento em cortes rasos associado às queimadas, pelos quais são efetuados de maneira irracional no bioma Caatinga. É possível que como principais causas do desmatamento e das queimadas, destacam-se a exploração de lenha, a prática da agricultura, e a abertura de novas áreas para produção de pastagens, que são abandonadas após a completa exaustão (ALTIERE, 2000).

As atividades agrícolas representam a base da economia para cerca de 20 milhões de habitantes desta região e estão baseadas nos cultivos de subsistência, no estabelecimento de pastagens e na exploração de espécies nativas para fins extrativistas, todas elas, porém, de baixa produtividade (SAMPAIO et al., 1995; FRAGA & SALCEDO, 2004). Este sistema extrativista associado aos rigorosos fatores abióticos tem causado problemas socioeconômicos e ecológicos, resultando na degradação de vastas áreas do Semiárido do Nordeste do Brasil (SAMPAIO et al., 2003).

A utilização do fogo para eliminar os restos vegetais pode promover uma melhoria transitória na fertilidade do solo, através do aporte de nutrientes contidos nas cinzas. No entanto provoca perdas de nutrientes na biomassa cortada e queimada; e ocorrem transformações nos estoques de matéria orgânica e nutrientes do solo, com tendência de rápida diminuição dos reservatórios de nutrientes associados à matéria orgânica nos meses imediatamente subsequentes à queima (FRAGA & SALCEDO, 2004).

Na mesorregião do Sertão Paraibano, a lenha e o carvão vegetal ainda representam importantes fontes de energia, tanto para uso domiciliar quanto para as atividades industriais e comerciais (padarias, saboarias, olarias, dentre outras) o que tem contribuído para a derrubada indiscriminada das espécies de médio e de grande

porte e para o aumento na pressão sobre o revestimento florístico remanescente (LEMOS, 2000; ARAÚJO FILHO & BARBOSA, 2000, MENEZES et al., 2005). Tal situação torna-se mais agravante pelo fato da taxa de reposição das espécies derrubadas se mostrarem comparativamente inferior em relação à taxa de eliminação, resultando na degradação acentuada dos recursos naturais deste frágil ecossistema.

A relação entre o uso e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento de seus atributos físicos, químicos e biológicos (DORAN & PARKIN, 1994). Dessa forma, estudos que analisam os efeitos causados pelos processos naturais e pela ação antrópica sobre os atributos do solo constituem importantes ferramentas para avaliações ou previsões sobre os impactos ambientais, servindo como subsídios para a implementação de práticas agronômicas que promovam a manutenção e, ou, a melhoria da qualidade dos solos (LONGO et al., 1999).

Neste sentido, indicadores de qualidade do solo são atributos mensuráveis que influenciam sua capacidade para desempenhar funções de produção agrícola e ambiental e que são sensíveis às mudanças no uso da terra, práticas de manejo e de conservação do solo (BREJDA, 2000).

A determinação dos indicadores permite direcionar a avaliação e/ou o monitoramento das condições do solo e tem a capacidade e a sensibilidade para medir e avaliar atributos e processos do solo que interfiram na promoção do seu equilíbrio (DUMANSKI & PIERI, 2000).

Considerando que o solo é um sistema complexo e dinâmico torna-se necessária uma integração dos dados obtidos, dentro de uma abordagem sistêmica. Algumas tentativas nessa direção têm sido realizadas utilizando índices de e/ou ferramentas de estatísticas multivariadas, tornando-se um modo de avaliação fácil e preciso de conjunto de dados ou indicadores de natureza (CHAER & TÓTOLA, 2007; CRUZ & REGAZZI, 1994; STENBERG, 1999).

Diante do exposto o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade do solo de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido paraibano, a partir do uso de índices de deterioração e estatísticas multivariadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caatinga: aspectos gerais e degradação

A Caatinga do Tupi-Guarani significa “mata branca” é o tipo de vegetação predominante no semiárido nordestino, ocupando uma área de aproximadamente 850.000 km², cerca de 10 % do território brasileiro, e abrangendo os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia e ainda parte do norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005; FREITAS et al., 2007; SAMPAIO et al., 1995). Trata-se de um tipo de vegetação arborescente e xerófila, espinhenta, com características gerais de árvores e arbustos, com presença de plantas suculentas do tipo cactáceas e euforbiáceas; presença de bromeliáceas terrestres coriáceas e espinhentas, de fisionomia e florística variada (AB’ SÁBER, 2006).

Conforme as diferentes sub-regiões pedológicas e climáticas ocorrem caatingas arbustivas herbáceas em setores de solos rasos e de média altitude, entre 400 a 450 metros, em setores rochosos e de solos lítolicos, descontínuos e com sucessivos lajedos encontram-se caatingas de arbóreas de folhas miúdas e espinhentas, entremeadas por cactáceas nos lajedos (RIZZINI, 1997; AB’ SÁBER, 2006). Com precipitações pluviométricas anuais que variam de 300 a 1000 mm, concentradas durante três a cinco meses do ano, sendo comuns períodos cíclicos de seca severa de duração variável (MENEZES et al., 2002). E assim como a maioria dos outros biomas do Brasil, vem sofrendo intensa degradação devido ao uso indiscriminado dos recursos naturais (LEAL et al. 2003; RAMALHO et al.,2009).

Provavelmente, devido a sua característica semiárida, o baixo porte dos seus indivíduos, solos rasos e propensos à erosão hídrica, a Caatinga é o bioma brasileiro ameaçado quanto à conservação de sua fauna, flora e solo (SANTANA et al., 2009).

De acordo com Costa (2009) a retirada da cobertura original do solo do bioma Caatinga é um dos primeiros indicadores dos processos de degradação e desertificação da região. Se a cobertura vegetal nativa é mantida, a possibilidade de qualquer degradação é pequena, e a degradação por causa antrópica é menor ainda. Portanto, a desertificação tende a começar com o desmatamento (SAMPALIO et al., 2005).

Dessa forma, tornam-se necessários estudos direcionados à busca de alternativas para reverter este cenário, que invariavelmente tem levado a degradação ambiental e intensificado o processo de desertificação, pois Galindo et al. (2008) ao estudar relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba-PE, em caatinga, concluiu que a densidade absoluta de plantas lenhosas de porte baixo apresentou significativa diminuição de acordo com a intensidade de degradação dos solos. E Nunes et al. (2009), estudando o impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob caatinga no semiárido nordestino, observou que, os sistemas de manejos utilizados reduziram os teores de carbono da biomassa microbiana. Essa redução foi maior no sistema de queima tradicional e menor no sistema em que se fez o enleiramento dos resíduos provenientes do desmatamento.

O extrativismo vegetal e mineral, assim como atividades como pecuária extensiva, grandes projetos agropecuários, agricultura de subsistência, extrativismo vegetal, são ações que exercem uma intensa pressão, nos últimos anos sobre a caatinga, e que vem reduzindo a sua área, pois estas ações provocam um decréscimo na cobertura vegetal nativa, expondo os solos a agentes degradantes (NASCIMENTO, 1998; ACCIOLY, 2000).

E dessa forma a região Nordeste tem aproximadamente 55 % de sua área afetada pela desertificação, atingindo 42,2 % de sua população (RODRIGUES, 2000). As atividades agrícolas representam a base da economia para cerca de 20 milhões de habitantes desta região e estão baseadas nos cultivos de subsistência, no estabelecimento de pastagens e na exploração de espécies nativas para fins extrativistas, porém, de baixa produtividade (SAMPAIO et al., 1995; FRAGA & SALCEDO, 2004).

Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade dos sistemas agrícolas da região semiárida destacam-se a escassez e a irregularidade da precipitação pluviométrica, a alta variabilidade ambiental quanto aos fatores solo, clima, vegetação e relevo, a pouca e inadequada geração e, ou, divulgação de tecnologias adaptadas aos ecossistemas locais e, particularmente, a adoção de práticas de manejo que contribuem para a diminuição dos teores de matéria orgânica e de nutrientes do solo devido à remoção da Caatinga (MENEZES et al., 2002; PETERSEN & SABOURIN, 2002).

2.2 Qualidade do solo: conceito e avaliação

É uma preocupação que tem crescido nos últimos anos, e que se intensifica quando o seu uso e mobilização intensiva diminui a sua capacidade em manter uma produção biológica sustentável (CARVALHO et al., 2004). A qualidade do solo refere-se à capacidade do solo de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado de forma a sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas, animais e dos homens (DORAN & PARKIN 1994).

O emprego de práticas não sustentáveis pode causar a degradação de sua qualidade física, química e biológica, diminuindo a qualidade do solo (COSTA et al., 2003). A perda dessa biodiversidade pode acarretar a perda funcional do ecossistema, levando também a uma menor resiliência, comprometendo a funcionalidade e sustentabilidade do mesmo (TÓTOLA & CHAER, 2002).

A relação entre o uso e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento de seus atributos físicos, químicos e biológicos (DORAN & PARKIN, 1994). Todavia, para uma adequada avaliação da qualidade do solo torna-se necessário a identificação e a avaliação de indicadores que integrem e relacionem fatores físicos, químicos e biológicos, sendo os atributos biológicos e, especialmente os microbiológicos, os que têm maior potencial e sensibilidade para detectar às mudanças ocorridas no sistema decorrentes das práticas de manejo adotadas (STENBERG, 1999).

Usualmente, a qualidade do solo agrícola é considerada sob aspectos: físicos, químicos e biológicos, os quais são importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (ARATANI et al., 2009).

O monitoramento da capacidade produtiva do solo por produtores e técnicos pode ser aprimorado com o uso de indicadores de qualidade do solo, desde que se abordem as diversas inter-relações dos componentes do solo e do sistema de produção como um todo, com vistas a otimizar os mecanismos destas interações. (FERREIRA, 2005). Mudanças nos atributos do solo podem significar perda de

qualidade afetando significativamente a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade agrícola (SHEPHERD, 2000).

A avaliação de indicadores têm sido uma temática bastante comum nos trabalhos sobre qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo (GALINDO et al., 2008; LIMA et al., 2011). Contudo, em áreas de Caatinga, estes trabalhos ainda são incipientes (GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010), principalmente quando se referem ao manejo com uso de fogo e sobre os efeitos da sazonalidade.

Sob o ponto de vista químico, a qualidade do solo pode ser avaliada a partir dos valores de pH, teores de P e K disponíveis, Ca e Mg trocáveis, condutividade elétrica do extrato de saturação, acidez trocável, acidez potencial, capacidade de troca de cátions, dentre outras determinações (LARSON & PIERCE, 1994). Para Araújo et al. (2012) os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos (Al^{3+} , por exemplo) e determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m). Tais indicadores, além de bastante sensíveis às mudanças no uso e nas práticas de manejo e conservação do solo (BREJDA et al., 2000), afetam diretamente a relação solo-planta, interferindo em processos como disponibilidade de nutrientes e água para as plantas e microorganismos, capacidade tampão, infiltração e armazenagem de água no solo, susceptibilidade à compactação e erosão, dentre outros (GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010). Assim, medidas que expressam a disponibilidade de nutrientes, como cálcio e magnésio trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes, assim como suas relações são importantes para avaliar qualidade de solo entre diferentes sistemas de manejos (ARAÚJO et al., 2012).

Segundo Costa (2009) após a retirada da vegetação natural, o solo tem, frequentemente, mostrado alterações em seus atributos químicos, que são dependentes do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas. A interação desses fatores estabelece uma nova condição de equilíbrio no sistema solo (MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 2000).

Para mensuração da qualidade física do solo, tem sido sugerida a utilização de suas propriedades físicas, relacionadas a processos que ocorrem no sistema solo-planta (DORAN & PARKIN, 1996; SCHOENHOLTZ et al., 2000). Dentre essas propriedades físicas utilizadas destacam-se: a densidade do solo, a estrutura do solo, a porosidade do solo (macro e microporosidade), a capacidade de retenção de

água, a temperatura do solo, a estabilidade de agregados, a capacidade de infiltração do solo, a resistência à penetração, condutividade hidráulica, dentre outras (DORAN & PARKIN, 1996; SCHOENHOLTZ et al., 2000; REYNOLDS et al., 2002). Araújo et al. (2012) afirmam que os principais indicadores físicos utilizados e recomendados são: textura, espessura (horizonte A e solum), densidade do solo, resistência à penetração, porosidade, capacidade de retenção d'água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados.

O teor de C, ou a matéria orgânica do solo é frequentemente utilizado como indicador chave e eficiente para avaliação da qualidade biológica do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa, o que se deve a influência direta dessa variável com os demais atributos físicos e químicos do solo (XAVIER et al., 2006; GALINDO et al., 2008; MARTINS et al., 2010). A matéria orgânica do solo (M.O.) é referida como indicadora da qualidade do solo em virtude de sua suscetibilidade de alteração em relação às práticas de manejo e por correlacionar-se com a maioria das propriedades do solo (MIELNICKZUK, 1999).

Chaer & Tólola (2007) quando avaliaram o impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo, verificaram que elevada correlação entre vários atributos microbiológicos indica a possibilidade de se selecionar um conjunto reduzido de indicadores capaz de expressar a qualidade biológica dos solos, tornando sua adoção como rotina uma perspectiva atraente.

2.4 Índices de qualidade do solo (IQS): conceito e determinação

Os índices de qualidade do solo podem ser obtidos por meio de uma expressão ou modelo matemático que inclua os atributos do solo considerados. Assim, a soma dos efeitos dos atributos selecionados, que são predominantes da qualidade do solo de um dado ambiente, é expressa no índice de qualidade (BURGER & KELTING, 1999 apud TÓTOLA & CHAER, 2002)

Freitas et al. (2012) ao estudar índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente, verificou que as áreas de manejo florestal sofreram reduções dos IQS quando comparados aos sistemas nativos.

Embora existam vários métodos para monitorar e avaliar a qualidade da água e do ar, nenhum método isolado tem sido amplamente aceito para atribuir um índice de qualidade ao solo, devido à complexidade e variabilidade desse sistema (CONCEIÇÃO et al., 2005; GLOVER et al., 2000). Independente da metodologia adotada, os índices de qualidade do solo refletem o desempenho integrado dos atributos físicos e químicos dos solos estudados, e por isto eles são ferramentas úteis que poderão ser utilizadas nas tomadas de decisões sobre o sistema de manejo e uso em questão (FREITAS, 2012).

Para Melloni et al. (2008), estudos da avaliação de atributos químicos, físicos e biológicos na qualidade do solo são essenciais no entendimento da funcionalidade e sustentabilidade de solos em diferentes condições de uso. Alguns indicadores e índices sobre condições ambiental ou estado do meio ambiente são usualmente coletados por organismos governamentais e poder ser aproveitados nos Estudos de Impactos Ambientais, principalmente para fins de diagnósticos ambientais, desde que sejam claramente associados a um local ou uma região (SÁNCHEZ, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área

O trabalho foi realizado no Sítio Roncador, localizado a 4,7 km do município de Pombal – PB, mesorregião do sertão paraibano, sob as coordenadas geográficas 06° 48' 35,1" Latitude sul 37° 47' 40,7" Longitude oeste. Segundo a classificação de Köppen o clima da região do município de Pombal é caracterizado como BSh clima semi árido quente (EMBRAPA, 2006), com precipitação pluviométrica média anual mensurada nos últimos dez anos de 963.07 mm (AESAs, 2010), e temperatura média de 28°C. No que concerne aos solos são classificados como Luvisolos em associação com Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2006). Regionalmente, a vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila. O relevo predominante é do tipo suave ondulado a ondulado (BRASIL, 1972).

3.2 Delineamento experimental

O trabalho foi desenvolvido em três situações de manejo do solo, a saber, área desmatada (AD) três meses antes da instalação do trabalho; área desmatada e queimada (ADQ) há cerca de três anos antes do início do trabalho; e área de mata nativa remanescente (MN). Cada área representou um experimento individual, no qual foram feitas avaliações dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

O delineamento experimental adotado em cada área foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a duas épocas do ano (época seca e época chuvosa). Em cada área foi selecionada uma subárea representativa de 70 x 50 m na qual foram instaladas cinco parcelas (pseudo-repetições) de 20 x 15 m, onde foram coletadas 15 amostras simples de solo para obtenção de uma amostra composta, totalizando cinco amostras por área (Figura 1).

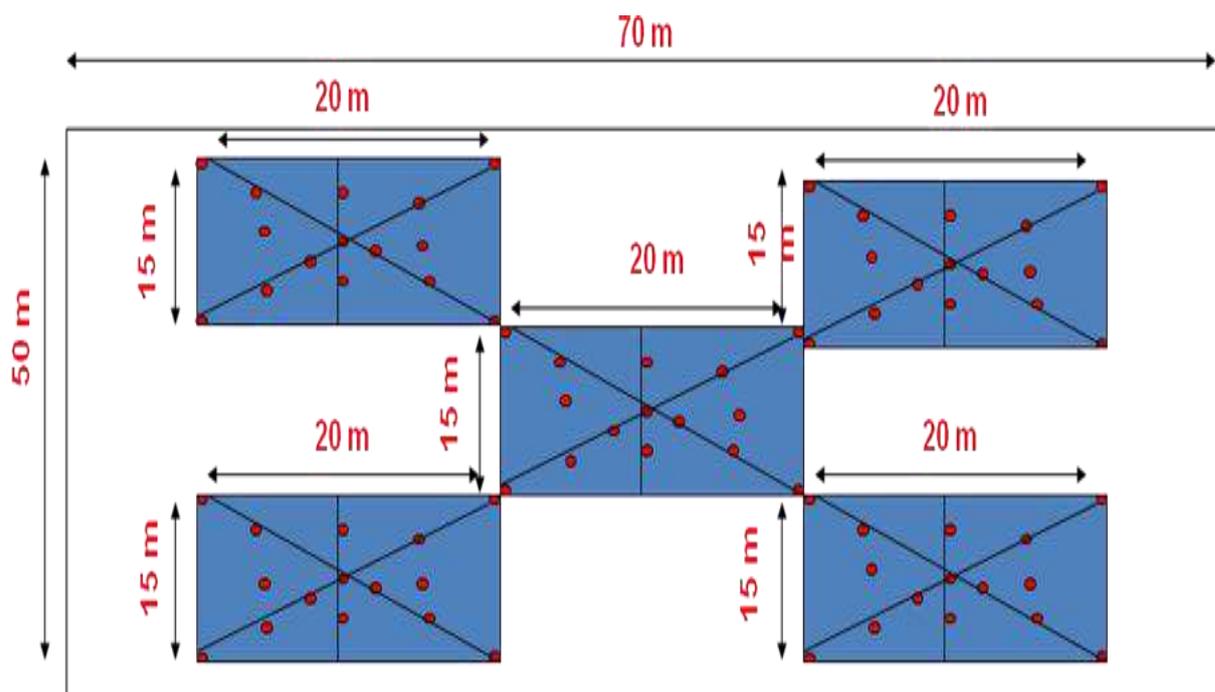


Figura 1. Esquema da subárea representativa de 70 x 50 m e das cinco parcelas experimentais (pseudo-repetições) de 20 x 15 m.

3.3 Coleta das amostras

Em cada parcela foi obtida uma amostra composta de solo a partir de 15 amostras simples coletadas sistematicamente na camada de 0 a 15 cm, em cada época (época seca – junho de 2009 e época chuvosa – março de 2010) e coletadas com enxadeco. Após coletadas, as amostras foram identificadas, armazenadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm, para a determinação dos atributos físicos, químicos e biológicos.

3.4 Atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo avaliados foram: pH em água; a condutividade elétrica (CE) na relação solo água 1:5; teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ e K^+ trocáveis, P disponível de acordo com metodologia proposta por EMBRAPA (1997).

Os teores de H + Al foram estimados pelo método da solução tamponada acetato de cálcio $0,5 \text{ molL}^{-1}$ a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997). Os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2}

trocáveis foram obtidos por complexação com EDTA, enquanto os teores de Na⁺ e K⁺ foram determinados por fotometria de chama. Os teores de P foram determinados colorimetricamente pelo método do azul do molibdênio (EMBRAPA, 1997).

De posse desses atributos, foram estimados os valores de capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%).

3.5 Atributos físicos do solo

Para a avaliação dos atributos físicos, através de amostras deformadas, foram avaliados os teores de areia e argila; o grau de flocculação; a densidade de partículas. A análise granulométrica foi realizada pelo método do hidrômetro de Bouyoucos, utilizando o hidróxido de sódio como dispersante (EMBRAPA, 1997). A determinação da argila dispersa em água seguiu a mesma metodologia empregada na análise granulométrica, sem a presença do NaOH. O grau de flocculação foi estimado pela fórmula:

$$\text{Grau de flocculação} = \frac{\text{Argila em NaOH} - \text{Argila em água}}{\text{Argila em NaOH}} \times 100 \quad (1)$$

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico, utilizando-se amostras indeformadas, sendo que para cada tratamento foram obtidas 15 repetições distribuídas aleatoriamente em cada área por subárea, coletadas com o amostrador de Uhland (CAMARGO et al., 1986). A porosidade total foi estimada através da razão dos dados de densidade do solo pelos dados de densidade de partículas.

3.6 Atributos biológicos

Para a avaliação dos atributos biológicos, as amostras foram coletadas, eliminando-se os resíduos vegetais da superfície, identificadas, colocadas em caixas de isopor e armazenadas a uma temperatura de 5°C. Posteriormente foram realizadas as determinações dos seguintes atributos biológicos: matéria orgânica,

respiração edáfica, C e N da biomassa microbiana, quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMic$).

Com os teores de carbono orgânico total, determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio e titulado com sulfato ferroso amoniacal segundo método modificado de Walkley & Black (MENDONÇA & MATOS, 2005), foram estimados os teores de matéria orgânica (MO) pela fórmula:

$$M.O. = C \text{ orgânico} \times 1,724 \quad (2)$$

Os teores de matéria orgânica leve em água (MOLA) pelo método adaptado de Anderson & Ingram (1989). A respiração microbiana do solo foi mensurada pela captura do C-CO₂ produzido no solo pelo NaOH em ambiente hermeticamente fechado (ALEF & NANNIPIERI, 1995); enquanto o teor de carbono da biomassa microbiana, foi estimado pelo método da irradiação-extração (MENDONÇA & MATOS, 2005). A estimativa do nitrogênio (N) da biomassa microbiana foi feita pelo método da irradiação-extração como o do C-biomassa. O teor de nitrogênio no solo foi determinado por destilação a vapor pelo método de Kjeldahl, adaptado de Tedesco et al. (1995).

O quociente microbiano foi calculado pela razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico do solo (SPARLING, 1992) e o quociente metabólico (qCO_2) foi determinado pela razão entre a taxa de respiração por unidade de carbono da biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993). O quociente microbiano ($qMic$) obtido pela razão entre o C-BMS e o COT do solo.

3.7. Índices de deterioração

Com os dados dos atributos físicos, químicos e biológicos, e baseando-se na pressuposição de que o estado das propriedades individuais do solo das áreas modificadas era originalmente semelhante ao da vegetação natural. O Índice de Deterioração foi calculado e expresso como uma percentagem do valor médio das propriedades individuais, para os atributos separadamente e em conjunto, por meio da soma da porcentagem dos desvios dos atributos químicos, físicos e biológicos dos respectivos valores obtidos para a área não desmatada (mata nativa). E estas

variações percentuais foram, então, em média, e para os atributos do solo, utilizadas para calcular o índice de deterioração do solo. (ISLAN & WEIL, 2000),

3.8 Análise multivariada de Componentes Principais (CP)

Realizou-se a análise estatística multivariada de componentes principais com os dados de todos os atributos químicos, físicos e biológicos empregando-se o sistema de análise estatística ASSISTAT versão 7.5 beta (SILVA et al.,2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos três ambientes estudados, e na maior parte dos atributos químicos avaliados, foi observado efeito da sazonalidade (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada – mata natural (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e no período de chuvoso

Atributos do solo	AD		ADQ		MN	
	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso
pH H ₂ O	5,96 b	7,03 a	6,34 b	6,64 a	6,50 a	6,46 a
CE _{1:5} (dS m ⁻¹)	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a	0,02 a	0,03 a
P (mg dm ⁻³)	17,84 a	5,38 b	63,44 a	18,01 b	34,03 a	9,54 b
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,72 a	0,32 b	0,84 a	0,40 b	0,59 a	0,33 b
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,41 a	0,03 b	0,47 a	0,03 b	0,53 a	0,03 b
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	3,96 a	4,04 a	5,76 a	5,53 a	5,26 a	5,71 a
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,94 a	2,44 b	4,46 a	2,41 b	4,82 a	2,28 b
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	3,26 a	2,72 a	2,72 b	3,86 a	3,28 a	3,58 a
CTC (cmol _c dm ⁻³)	13,29 a	9,55 b	14,25 a	12,22 b	14,48 a	11,93 b
V (%)	59,49 a	73,87 a	65,37 b	80,31 a	63,11 b	80,96 a

P, K⁺ e Na⁺: Extrator Mehlich-1; H + Al: Extrator acetato de Ca⁺² 0,5 mol L⁻¹ pH 7; Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺²: Extrator KCl 1,0 mol L⁻¹. *Para cada atributo dentro de cada área, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de t ao nível de 5% de significância.

Na área desmatada (AD) e na área desmatada e queimada (ADQ) observou-se menores valores de pH no período seco. E tanto o menor quanto o maior valor de pH foram observados para a área recentemente desmatada. Não houve variação da CE nas áreas e para as duas épocas. Os teores de P, K⁺, Na⁺ e H⁺ + Al⁺³ foram superiores na época seca. Os teores de Ca⁺² não foram afetados pela sazonalidade, embora os de Mg⁺² tenham sido superiores no período chuvoso para a área ADQ, e não tenha sido alterado nas demais áreas, enquanto que a CTC nas três áreas foram superiores no período seco. Observou-se que nas três áreas a saturação por bases foi sistematicamente superior no período chuvoso.

E o índice de deterioração indicou comportamentos destes atributos, que para a época seca, a área desmatada recentemente e a área desmatada e queimada, há três anos, teve os atributos químicos melhorados em relação à área de referência.

Porém, na época chuvosa, a área desmatada recentemente teve os atributos químicos piorados 60% em relação à área de referência.

Já para a área desmatada e queimada, há três anos, o índice de deterioração indicou que os atributos químicos tiveram uma melhoria de 52% em relação à área de referência (Figuras 2 e 3).

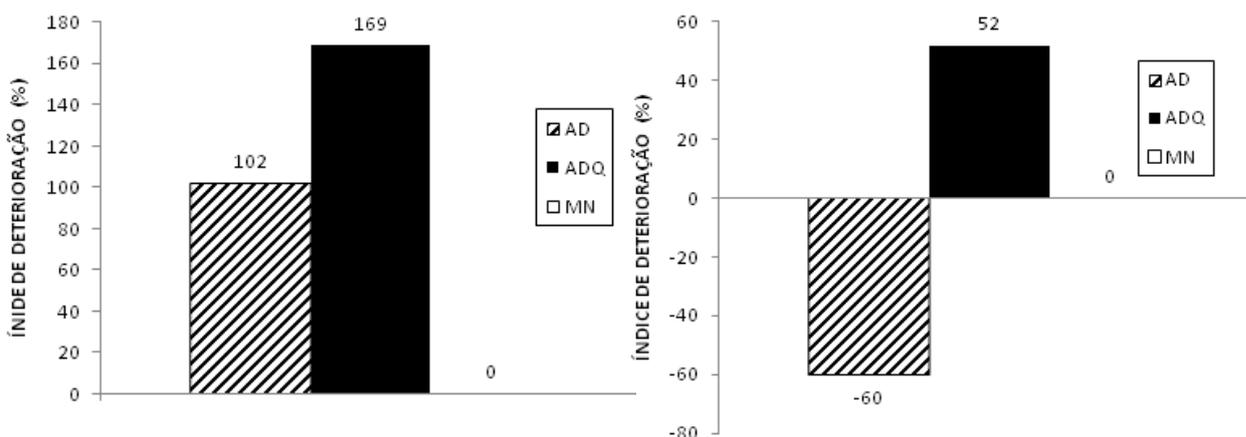


Figura 2. Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas experimentais para época seca.

Figura 3. Índice de deterioração (%) utilizando os atributos químicos para as áreas experimentais para época chuvosa.

Em relação aos atributos físicos, nas três áreas estudadas os teores de areia foram elevados, conferindo aos solos textura arenosa a franco-arenosa (Tabela 2). Para cada área, em geral, não se observa diferenças marcantes nas frações granulométricas entre os períodos de avaliação. A densidade do solo não sofreu efeito significativo da sazonalidade, porém foi semelhante nas três áreas avaliadas, apresentando valores elevados.

Tabela 2. Atributos físicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada – mata natural (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e no período de chuvoso.

Atributos do Solo	AD		ADQ		MN	
	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso
Areia (g kg ⁻¹)	734,4 a	744,4 a	740,4 a	748,4 a	646,4 a	640,4 a
Argila (g kg ⁻¹)	155,6 a	199,6 a	127,6 b	175,6 a	199,6 b	247,6 a
Densidade do solo (Ds) (g cm ⁻³)	1,66 a	1,61 a	1,65 a	1,60 a	1,61 a	1,63 a
Densidade de partículas (Dp) (g cm ⁻³)	2,54 a	2,56 a	2,60 a	2,59 a	2,58 a	2,53 a
Porosidade total (PT) (cm ³ cm ⁻³)	0,36 a	0,37 a	0,36 a	0,37 a	0,39 a	0,34 a
Grau de floculação (GF) (%)	24,87 a	12,26 b	11,51 a	15,02 b	4,59 b	8,23 a

Para cada atributo, dentro de cada área, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de t ao nível de 5% de significância.

Como observado para a densidade do solo (Ds), a densidade de partículas (Dp), nas três áreas de estudo, foi semelhante entre os períodos avaliados (Tabela 2). Assim, a porosidade total do solo, estimada a partir de ambas variáveis, também não apresentou efeito da sazonalidade.

Em relação ao grau de floculação, o qual está inversamente relacionado com a dispersão de argila, o comportamento em relação à sazonalidade foi variável entre as áreas estudadas, sendo maior no período seco nas áreas AD e ADQ, mas superior no período chuvoso para a área MN (Tabela 2).

Para os atributos físicos, o índice de deterioração indicou que para as duas épocas, a área desmatada recentemente e a área desmatada e queimada, há três anos, teve os atributos piorados em relação à área de referência (Figuras 3 e 4).

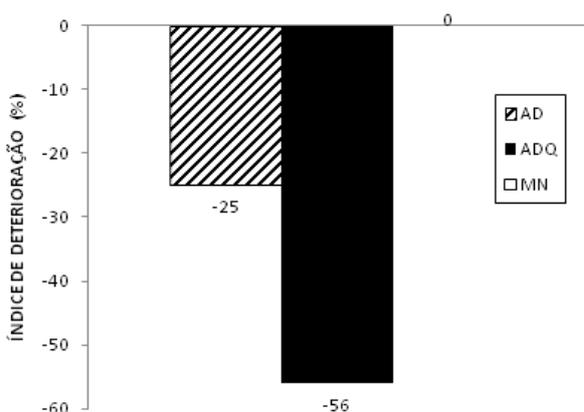


Figura 4. Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas experimentais para época seca.

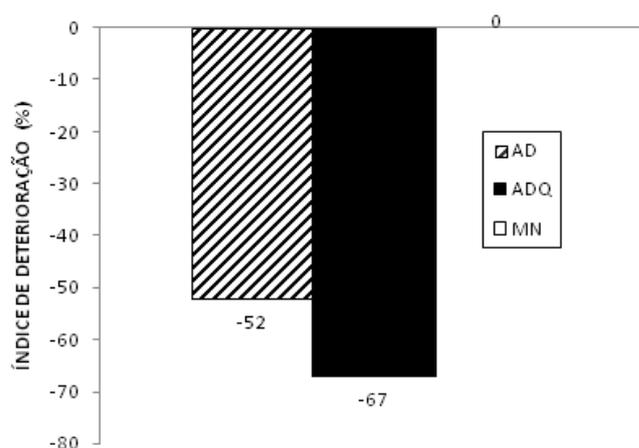


Figura 5. Índice de deterioração (%) utilizando os atributos físicos para as áreas experimentais para época chuvosa.

Os indicadores biológicos de qualidade do solo das áreas avaliadas foram sensíveis às alterações ocorridas e alguns sofreram influencia da sazonalidade (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos biológicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada – mata natural (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e no período de chuvoso.

Atributos do solo	AD		ADQ		MN	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
MO (g kg ⁻¹)	11,27 a	7,47 b	11,36 a	8,85 b	10,30 a	9,15 a
Respiração edáfica (mg C-CO ₂ .100 cm ³ solo)	31,57a	31,30a	33,66a	32,30a	33,39a	33,66a
C – biomassa (µg C. g ⁻¹ solo)	133,98b	474,89a	73,62b	393,99a	120,33b	221,41a
qCO ₂ (mgC-CO ₂ .mgC-biom ⁻¹)	0,24b	0,66a	0,42b	0,82a	0,27b	1,52a
N-biomassa (mg kg ⁻¹)	76,07a	63,14b	62,97b	78,62a	82,46a	39,68b
qMIC (%)	21,88b	118,83a	11,15b	86,42a	18,76b	49,50a

Para cada atributo, dentro de cada área, médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de t ao nível de 5% de significância.

Os maiores teores de matéria orgânica (MO) foram obtidos no período seco, especialmente nos ambientes que foram desmatados, o que não ocorreu na área não desmatada, uma vez que nesta área os teores de MO não sofreu efeito da época de avaliação (Tabela 3).

Embora a princípio, esperariam teores mais elevados de MO no período chuvoso, foram verificado efeito oposto, principalmente nas áreas AD e ADQ. Este fato, provavelmente, ocorreu devido ao efeito erosivo das chuvas, promovendo a remoção da MO do solo, principalmente na área desmatada, a qual se encontrava desprovida de cobertura vegetal e em relevo mais acidentado o que resultou numa diminuição no teor de MO de cerca de 33% na época chuvosa.

O C-biomassa apresentou maiores valores no período úmido em todas as áreas estudadas, apresentando o maior valor na área desmatada (AD) (474,89 mg C. g⁻¹ solo), isso se justifica pela maior atividade dos microrganismos nesse período, sob melhores condições para a atividade microbiana, realizando dessa forma uma eficiente ciclagem dos nutrientes e também a mineralização da matéria orgânica. No período seco todas as áreas apresentaram valores inferiores, destacando a ADQ (73,62 mg C. g⁻¹ solo).

Verificou-se que o quociente metabólico apresentou maior valor na área de mata nativa remanescente, no período chuvoso com 1,52. Entretanto, no período seco não foram observadas mudanças significativas no qCO₂, na área desmatada e na área de mata nativa remanescente com cerca de 0,24 e 0,27 respectivamente.

Os valores de N-biomassa variaram de 82,46 a 39,68 a ambos na área de mata nativa no período seco e chuvoso respectivamente. Tendo maiores valores no período seco para as áreas de mata nativa e para área desmata e comportamento contrário para a área desmatada e queimada.

E este comportamento foi observado para o índice de deterioração dos atributos biológicos, que na época seca houve uma melhora de 11% para área desmatada quando comparada à área de referência (Figuras 6 e 7). Porém na época chuvosa esse cenário modificou-se, correspondendo a um índice de deterioração de 9% e 78% em relação à área de referência para as áreas desmatada e desmatada e queimada respectivamente. A área desmatada e queimada nos dois períodos, apresentou pior índice de deterioração quando comparada com a área de referência, mata natural, principalmente na época chuvosa (217%) (Figuras 6 e 7). Diante disso as áreas avaliadas foram sensíveis as alterações ocorridas e os efeitos das mudanças do uso do solo.

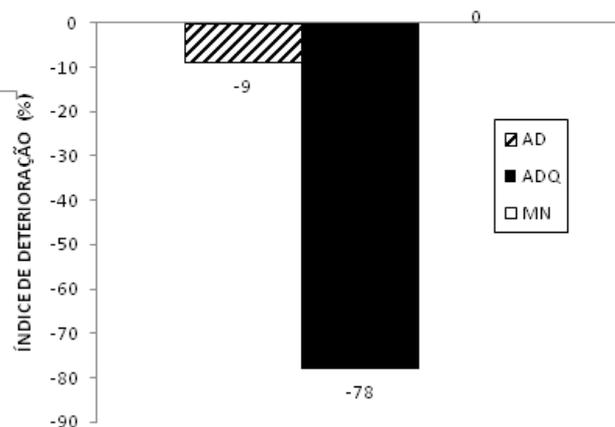
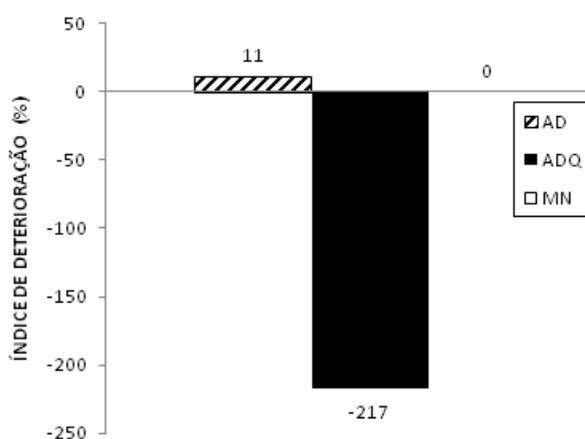


Figura 6. Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas experimentais para época seca.

Figura 7. Índice de deterioração (%) utilizando os atributos biológicos para as áreas experimentais para época chuvosa.

E quando se avaliou todos os atributos do solo, o índice de deterioração indicou que para a época seca houve benefícios para a área desmatada, contudo a área desmatada e queimada o índice apresentou valores acima dos 100% de deterioração (Figura 8).

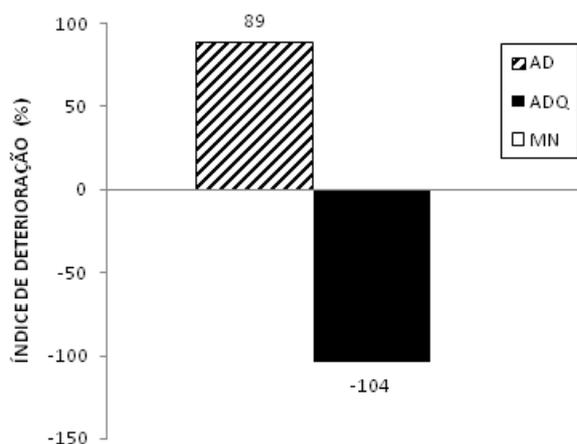


Figura 8. Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para as áreas experimentais para época seca.

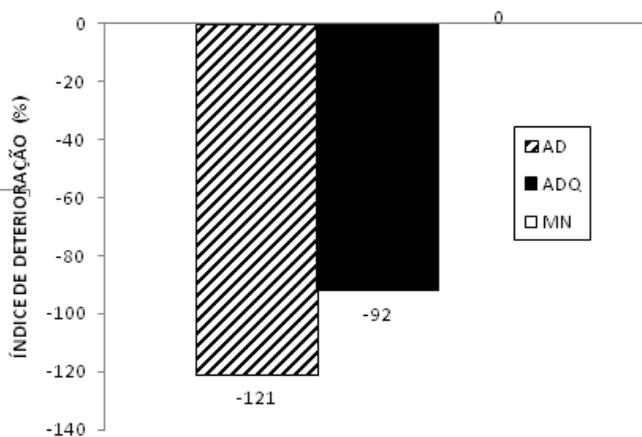


Figura 9. Índice de deterioração (%) utilizando todos os atributos do solo para as áreas experimentais para época chuvosa.

Observando-se o índice de deterioração do período chuvoso, nota-se uma crescente modificação no cenário para a área desmatada e para a área desmatada e queimada em relação a referência, porém esses resultados tornam-se mais preocupantes para a área desmatada, onde, o cenário além de ter invertido apresentou um alto índice, chegando 121% comparado à área de mata nativa. Se comparar os valores das duas épocas para a área desmatada, esse valor chega a uma diferença de 210% (Figura 9).

A prática de desmatamento, seguida ou não da queima, provoca alterações na composição de espécies vegetais, nos atributos e de nutrientes, nos níveis de matéria orgânica, e conseqüentemente e na estrutura da comunidade microbiana, podendo causar danos à biodiversidade do solo. A perda da biodiversidade do ecossistema pode acarretar uma menor resiliência, comprometendo a funcionalidade e sustentabilidade do mesmo (TÓTOLA; CHAER, 2002).

A análise de componentes principais, para as duas épocas, permitiu a visualização de que a área desmatada e queimada (ADQ) possui características químicas, físicas e biológicas que se aproximam da área de referência (MN), e mais distante da área recentemente desmatada (Figuras 10 e 11).

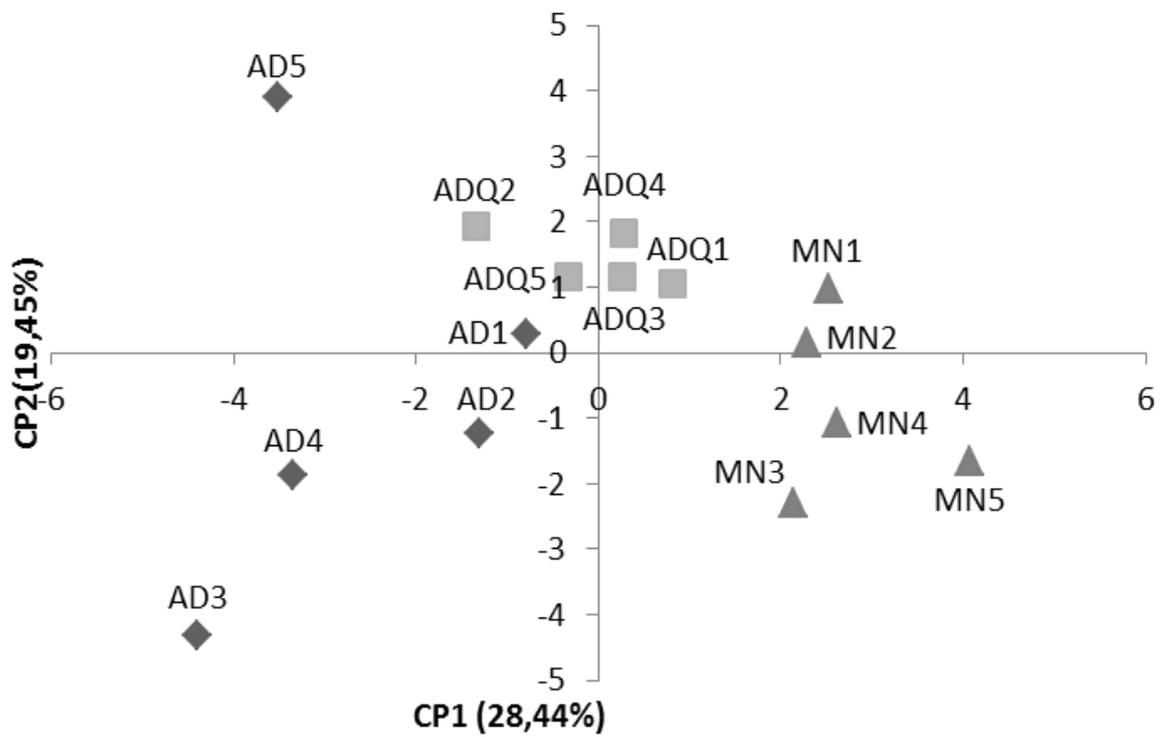


Figura 10. Distribuição dos escores das áreas experimentais época seca. Relação entre primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.

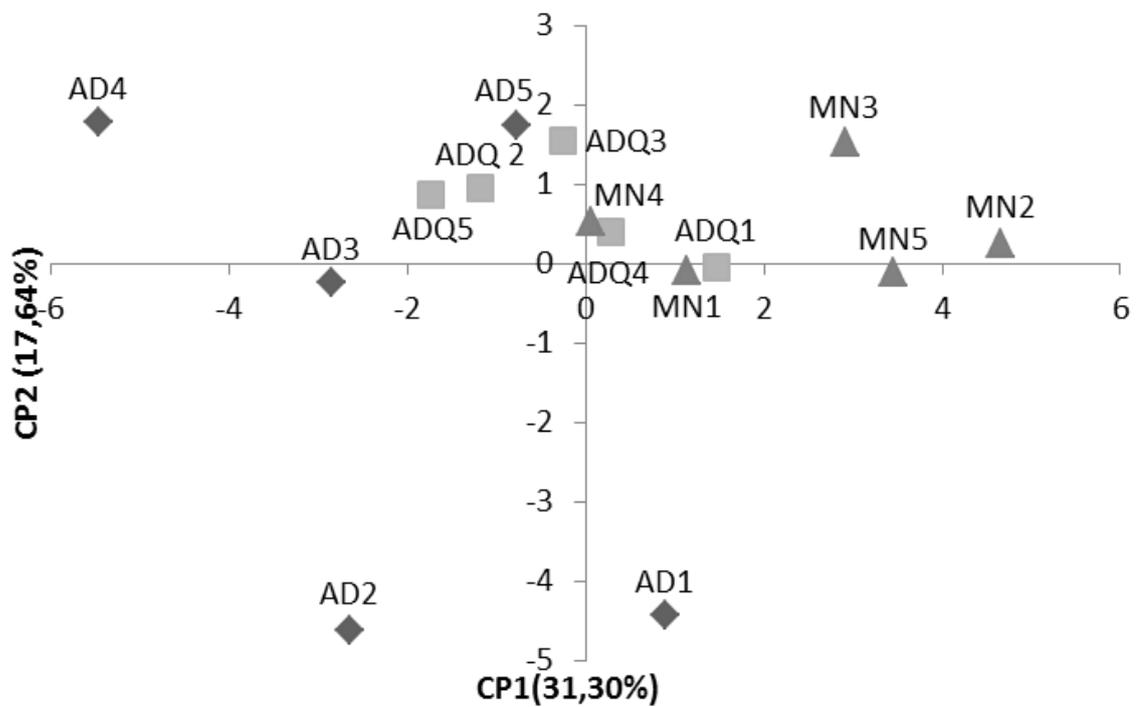


Figura 11. Distribuição dos escores das áreas experimentais época chuvosa. Relação entre o primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.

Os componentes principais (CP1 e CP2) compuseram, para a época seca, 47,89% da variância total dos dados, onde, CP1 apresentou 28,44% da variância total e o CP2 compôs 19,45%, para a época chuvosa, os componentes compuseram 48,94% da variância total dos dados, onde, CP1 apresentou 31,3% da variância total e o CP2 compôs 17,64%.

Pode-se notar, inicialmente, a grande separação espacial da mata natural em relação às demais áreas (AD e ADQ). Essa separação é facilmente evidenciada nas figuras anteriores referente às duas épocas, seca e chuvosa (Figura 10, 11).

Evidenciou-se a diferenciação entre as áreas (AD, ADQ e MN), reflexo dos valores dos atributos e pode-se destacar o pH, CE, P, K⁺, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², Dp, MO, respiração edáfica, C da biomassa, qCO₂, N-biomassa, Qmic (Figuras 12 e 13).

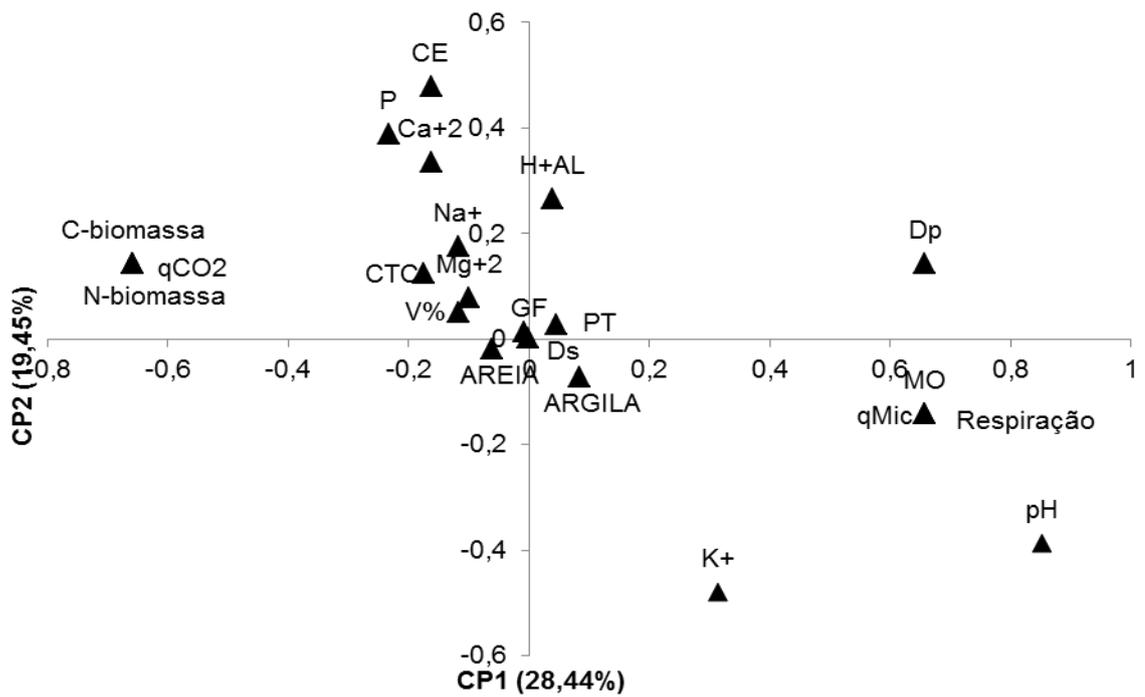


Figura 12. Distribuição dos escores dos atributos das áreas experimentais para época seca. Relação entre o Primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.

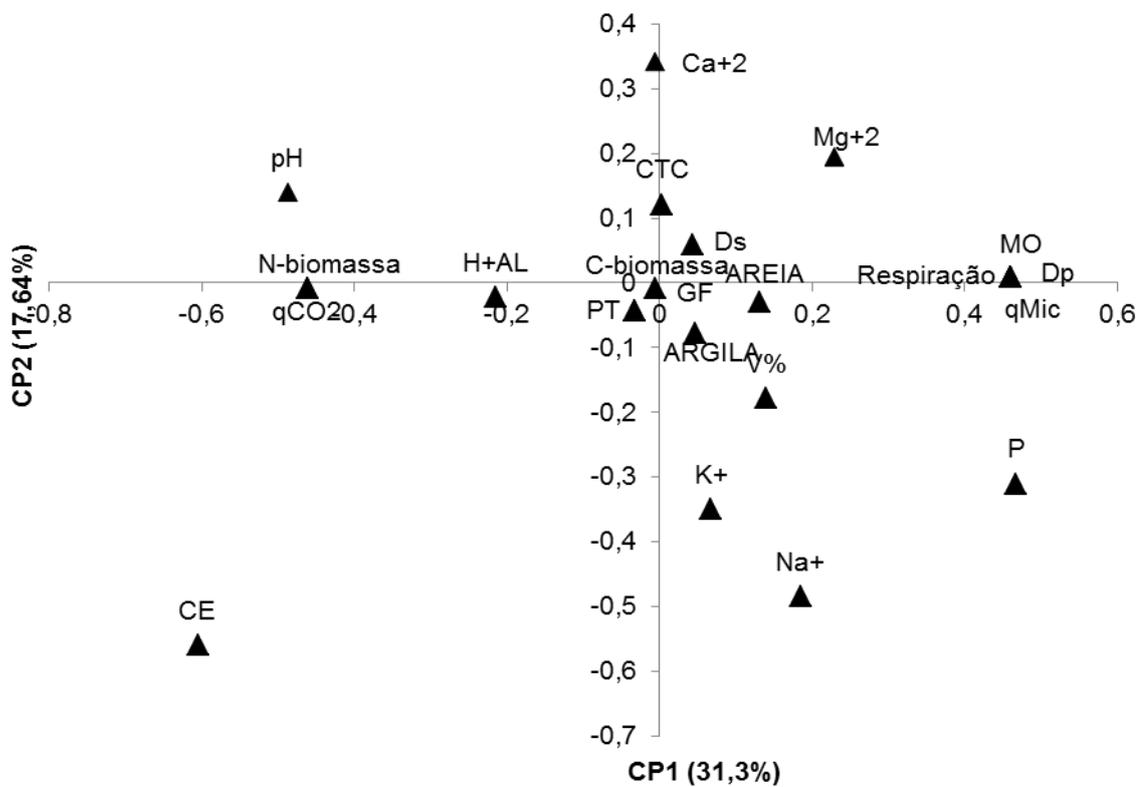


Figura 13. Distribuição dos escores dos atributos das áreas experimentais para época chuvosa. Relação entre o primeiro (Cp1) e segundo (Cp2) Componentes Principais.

Percebe-se que, os atributos (matéria orgânica, quociente microbiológico e respiração), além da densidade partícula (D_p), foram os principais indicadores responsáveis pela separação da mata nativa das demais áreas nas duas, seca e chuvosa. Os atributos químicos influenciaram as áreas desmatadas e queimadas que obtiveram uma posição intermediária entre a área recentemente desmatada e a área nativa.

Melloni et al (2008) estudando a qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagens no sul de Minas Gerais, através de análise de componentes principais dos atributos químicos, físicos e biológicos, semelhantes aos estudados neste trabalho, afirmaram que com exceção da microporosidade e do C-biomassa, a maioria dos indicadores físicos e biológicos mostrou-se eficiente na discriminação dos diferentes ecossistemas, sendo portanto recomendados em estudos da qualidade ambiental.

Em um estudo com atributos químicos e microbianos de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco, Martins et al.(2010) avaliaram ambientes conservados, moderadamente degradado e ambiente degradado, e através das análises de componentes principais demonstraram que alguns atributos químicos e microbianos são mais sensíveis ao avanço da degradação do solo, como o Ca, C-biomassa microbiana do solo, q_{Mic} , tanto no período seco como no chuvoso, comportamento semelhante a esse trabalho. O mesmo foi observado em ambientes de voçoroca localizados no Sul de Minas Gerais, por Gomide et al. (2011) através da análise de componentes principais de atributos químicos, físicos e biológicos, sendo os mesmos deste estudo, e concluíram que os atributos biológicos foram sensíveis ao refletirem o estado de degradação dos ambientes de voçoroca, destacando-se o q_{CO_2} .

Assim como a própria biomassa, o q_{CO_2} e C-biomassa têm sido utilizados como indicadores de alterações do solo, sendo em condições estressantes (MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 1999; SOUZA & MELO, 2003). Segundo Sparling (1992), mudanças nessas relações refletem o padrão de entrada de matéria orgânica nos solos estudados, a eficiência de conversão do C microbiano, perdas do C do solo e estabilização do C orgânico pela fração mineral do solo (SOUZA & MELO, 2003).

No entanto, as mudanças afetaram não só os atributos físicos e químicos, como os biológicos do solo pelo manejo inadequado, nas duas épocas, de tal forma

causando impactos negativos no solo, visto que, foram necessárias as combinações de diferentes atributos, o que corroborou com outros estudos (BROOKES, 1995; PEIXOTO, 2010; MELLONI et al.,2008; MARTINS et al., 2010; GOMIDE et al., 2011).

5 CONCLUSÕES

Os índices de deterioração calculados para as áreas desmatadas indicaram modificações nos atributos quando comparou com a área de referência, nas duas épocas.

Ocorreu diferenciação nos indicadores químicos, físicos e biológicos entre as áreas (AD, ADQ e MN), para as duas épocas.

A área desmatada e queimada (ADQ) possui características químicas, físicas e biológicas que se assemelham da área de referência (MN).

Os atributos que se destacaram na diferenciação entre as áreas, nas duas épocas, foram o pH, CE, P, K⁺, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², Dp, MO, respiração edáfica, C da biomassa, qCO₂, N-biomassa e qMic.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. N. **Ecosystemas do Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2006. 299p.

ACCIOLY, L.J.O. Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n.1, p.23-25, 2000.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Monitoramento de chuvas acumuladas**. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=4&pagerPage=2>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, 1995. 576 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica da produtividade da agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000. 112p.

ANDERSON, T.H. & DOMSCH K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, 25:393-395, 1993.

ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **R. Cerne**, 11:253-262, 2005.

ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.677-687, 2009.

ARAÚJO FILHO, J.A.; BARBOSA, T.M.L. Manejo Agroflorestal De Caatinga: Uma Proposta De Sistema De Produção. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. *Agricultura, Sustentabilidade e o Semiárido*. Fortaleza: UFC, 2000, p. 47-57.

ARAÚJO, E.A; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório: reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/CONTAP/USAID/SUDENE, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15).

BREJDA, J.J.; KARLEN, D.L.; SMITH, J.L.; ALAN, D.L. Identification of regional soil quality factors and indicators: II. Northern Mississippi Loess Hills and Paulose Prairie **Soil Science Society of America**, v. 64, p. 2125-2135, 2000.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in soil pollution by heavy metals. **Biol. Fert. Soils**, 19:269-279, 1995.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física do solo do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas, 1986, 94 p. (Boletim técnico 106).

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos Físicos da Qualidade de um Solo Sob Sistema Agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.

CHAER, G. M. TÓLOLA, M. R. **Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo**. R. Bras. Ci. Solo, 31:1381 – 1396,2007.

CONCEIÇÃO, P.C; AMADO, T.J.C; MIELNICZUK, J; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p.777-788, 2005.

COSTA, F.S.; ALBURQUEQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; Propriedades Físicas de um Latossolo Bruno Afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v.27, p. 527-535, 2003.

COSTA, A.S. **Levantamento da Capacidade de uso da terra na fazenda Afluente do Quipauá, em Ouro Branco (RN)**. 2009 32 f. Monografia (Graduação) - Curso Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2009.

CRUZ, C.D; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viosa, MG, Universidade Federal de Viosa, 1994. 390p.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Wisconsin, USA: **Soil Science Society of American**, 1996. p.25-37. (Special Publication, 49).

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. p. 3-21. In: J.W. DORAN; J.W; COLEMAN, D.C.; D.F. BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. **Soil Science Society of America**, Madison. 244 p. 1994.

DUMANSKI, J.; PIERI, C. Land quality indicators: research plan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 81, p. 93-102, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ. 1997, 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. 2006. 212p.

FERREIRA, J. M. L. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FRAGA, V.S.; SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America**. v.68, p.215-224. 2004

FREITAS, D. A. F.F; SILVA, M. L.N; CARDOSO, E.L; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativos adjacente. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, jul-set, 2012.

FREITAS, R. A. C.; FILHO. S. A. MARACAJÁ. B. P.; FILHO. D. T. E.; LIRA. B. F. J. Estudo florístico e fitosociológico do extrato Arbustivo-Arbóreo de dois ambientes em Messias Targino, divisa RN/PB. **Revista Verde**, v.2, n.1, p. 135-147. 2007.

GALINDO, I.C.L.; RIBEIRO, M.R; SANTOS, M.F.A.V.; LIMA, J.F.W.F.; FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1283-1296, 2008.

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 de Ciências do Solo**, v. 35, p.567-577, 2011.

GLOVER, J. D. *et al.* Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 80, n. 01/02, p. 29-45, 2000.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA, Madison, p. 37–51, 1994.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitaria UFPE, 2003. 822 p.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A.; MATOS, E.S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic forest zone, Southeastern Brazil. *Austr. J. Soil Res.*, 41:717-730, 2003.

LEMONS, J.J.S. **Desertificação e pobreza no semiárido do Nordeste**. In: OLIVEIRA, R.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. Agricultura, Sustentabilidade e o semiárido. Universidade Federal do Ceará, SBCS, Fortaleza, Ceará. 2000, p. 114-136.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C.; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, p.51-60, 2011.

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R.; RIBEIRO, A.I. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa agropecuária. brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1177-1182, jun. 2000.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono, Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, p.257-263, 1999.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.R.; POROCA, H.A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1883-1890, 2010.

MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; INÊS, M.; ALVARENGA, N.; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, n. 2461-2470, 2008.

MENDONÇA, E.S.; MATOS E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.

MENEZES, R.I.Q.; NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. Efeito da queimada e do pousio sobre a fauna de um sob Caatinga no Semiárido Nordeste. IN: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42, 2005, Goiânia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semiárido paraibano. In: SILVEIRA, L.M.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., orgs. **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002.p.249-260.

MIELNICZUCK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap.1, p.1-6.

NASCIMENTO, C.E.S. **Estudo florístico e fitossociológico de um remanescente de Caatinga à margem do rio São Francisco, Petrolina-Pernambuco**. Recife, PE. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998. 78 p. (Dissertação de Mestrado)

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; MENEZES, R. Í. de Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semiárido nordestino. **Scientia Agrária**, v.10, n. 1, p.043-049, 2009.

PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do Estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados**. 2010. 69 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

PETERSEN, P.; SABOURIN, E. orgs. **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002.p.249-260.

RAMALHO, C. I; ANDRADE, A. P.; FÉLIX, L. P.; LACERDA, A. V.; MARACAJÁ, P. B. Flora arbóreo-arbustiva em áreas de caatinga no semiárido baiano, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 182-190, 2009.

REYNOLDS, W.D. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda. 1997.

RODRIGUES, V. Desertificação: Problemas e soluções. In: OLIVEIRA, R.S.; ASSIS JUNIOR, R.N.; ROMERO, R.E.; SILVA, J.R.C. **Agricultura, Sustentabilidade e o semiárido**. Universidade Federal do Ceará , SBCE, Fortaleza, Ceará. 2000, p. 137-164.

SANTANA, J. A. S.; PIMENTA, A. S.; SOUTO, J. S.; ALMEIDA, F. V.; PACHECO, M. V. Levantamento florístico e associação de espécies na caatinga da estação

ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte, RN, Brasil. **Revista Verde**, v. 4, n. 4, p. 83-89, 2009.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M.S.B.; SAMPAIO, Y.S.B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. v. 22, n. 1, 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Universitária da UFPE, 2003. 202 p.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade dos solos do semiárido do Nordeste. In: PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B. (eds.), **Fertilizantes: insumo básico para a agricultura e combate à fome**. CPATSA-EMBRAPA/SBCS, Petrolina, Brasil, p. 51-71. 1995.

SÁNCHEZ, L. H.. **Avaliação de Impactos Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A.A. review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v.138, n.1-3, p.335-356, 2000.

SHEPHERD, T.G. **Visual Soil Assessment** (Volume 1) - Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. Horizons.mw & Landcare Research, Palmerston North, 84 p. 2000.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical attendance. In WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NY- USA: American Society of Agriculture and Biological Engineers, 2009.

SOUZA, W.J.O; MELO, W.J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27:1113-1122, 2003.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indication of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil. Res.*, v. 30, p. 195-207, 1992.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil Plant Sci.**, v. 49, p. 1-24, 1999

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. In: ALVAREZ V. V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R., BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V; COSTA, L.M (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002, vol. 2, p. 195-276.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.891-900, 2004.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 247-258, 2006.