



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

**RESPOSTA DE INDICADORES BIOLÓGICOS EDÁFICOS DE
CAATINGA IMPACTADAS PELA EXPLORAÇÃO DE
MADEIRA**

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO

Pombal-PB

2013

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO

**RESPOSTA DE INDICADORES BIOLÓGICOS EDÁFICOS DE CAATINGA
IMPACTADAS PELA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA**

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

Orientadora: Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima

POMBAL – PB

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A663r Araújo Neto, Luiz Joaquim de.
Resposta de indicadores biológicos edáficos de caatinga impactadas pela exploração de madeira / Luiz Joaquim de Araújo Neto. – Pombal, 2013.

41 f. : il.

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. Solo - Análise Biológica. 2. Atividade Microbiana. 3. C-biomassa. 4. Quociente Metabólico. 5. Estoque de Carbono. I. Lima, Adriana Silva. II. Título.

CDU 631.427(043)

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO

**RESPOSTA DE INDICADORES BIOLÓGICOS EDÁFICOS DE CAATINGA
IMPACTADAS PELA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA**

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

Aprovada em: 03/05/2013.

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora – Prof^ª. Dra. Adriana Silva Lima
(UFCG – CCTA – UAGRA)

Examinador – Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo
(UFCG – CCTA – UAGRA)

Examinador – Prof. Dr. Diércules Rodrigues dos Santos
(UFCG - CSTR - UAEF)

Dedico o presente trabalho àqueles que sempre me apoiaram e incentivaram minha jornada acadêmica, em especial a minha mãe Maria das Dores Araújo e ao meu pai Severino Francisco dos Santos (Garcia) – in memoriam.

AGRADECIMENTOS

A Deus, autor da vida, sem a vontade do qual nada é possível. Por todas as oportunidades a mim dadas principalmente de evolução intelectual e moral, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas difíceis e me suprir em todas as minhas necessidades.

A Senhora Santana, minha protetora e padroeira da minha cidade.

À Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em especial ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – Campus de Pombal – PB.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, para a realização das análises e para realização desta pesquisa.

Ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da UFCG- Pombal – PB, na pessoa da Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima, Coordenadora do Laboratório, pelo apoio as pesquisas realizadas.

Ao Laboratório de Microbiologia Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, na pessoa da Prof^a Dra. Fátima Maria de Souza Moreira, Coordenadora do Laboratório, pelas análises realizadas.

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

Aos membros da banca pelas sugestões e correções deste trabalho.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima, por acreditar em mim, pelo carinho, atenção pelo seu exemplo profissional e por contribuir para o meu crescimento profissional.

Ao Sr. Arnaldo Pereira da Silva pelos serviços prestados e principalmente na construção da cerca do experimento.

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

A todos os Professores do curso de Engenharia Ambiental que contribuíram para minha formação profissional e evolução intelectual.

A todos os professores das escolas por onde estudei, que contribuíram para o aprendizado e conclusão desse sonho.

Aos colegas de curso pelo apoio e companheirismo.

Aos meus pais, Maria das Dores Araújo e Severino Francisco dos Santos (Garcia) (*in memoriam*) por toda dedicação, amor e carinho destinados a mim por toda a vida.

A Florismar Viana (Louzinha) por ter se tornado a minha segunda mãe, dedicando cuidados e atenção desde o meu nascimento.

A minha irmã Polyana Tarciana por todo amor, carinho e apoio sem os quais não seria possível a conclusão desse trabalho.

A minha irmã Patricia Tatiana por acreditar no meu potencial.

Aos amigos Assis Clemente, Alan Dél Carlos, Jucielio Calado e Vitória Celestino pelo apoio moral, incentivo e amizade de sempre.

Ao meu amigo Pedro Araújo, pela amizade de sempre, essa vitória é sua também.

A Dona Lourdes, Dona Salete e Dona Raimunda pela acolhida, pelo carinho e pelas muitas vezes que me receberam em suas casas.

Ao meu cunhado, Paulo Ferreira, pela amizade e carinho de sempre.

Aos meus sobrinhos, Hugo Vinícius e Pedro Henrique, pelo carinho.

A Paróquia de Nossa Senhora do Bom Sucesso Pombal – PB, na pessoa do Pe. Ernaldo José de Sousa, pela acolhida e amizade.

A todos, minha eterna gratidão.

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 m23
- Figura 2** – Distribuição dos escores de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época seca. Em relação Ao primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais.....33
- Figura 3** – Distribuição dos escores de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época chuvosa. Em relação ao primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais.....33
- Figura 4** – Distribuição dos escores dos atributos biológicos de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época chuvosa. Em relação ao primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais34
- Figura 5** – Distribuição dos escores dos atributos biológicos de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época chuvosa. Em relação ao primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais..... 34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Atributos químicos do solo nas áreas desmatada (AD), desmatada e queimada (ADQ) e não desmatada (MN) no semiárido paraibano determinados no período seco e chuvoso.....41
- Tabela 2** – Atributos físicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada (MN) do semiárido paraibano determinados no período seco e chuvoso45
- Tabela 3** – Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo da área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos e da área de não desmatada - referência (MN).....47

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	vii
SUMÁRIO.....	1
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 O Bioma Caatinga.....	3
2.2 Qualidade do solo	4
2.3. Indicadores biológicos da qualidade do solo.....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Localização e caracterização da área.....	10
3.2 Delineamento experimental.....	10
3.3 Coleta do solo	11
3.4 Caracterização do solo.....	11
3.6 Avaliação dos atributos biológicos do solo.....	13
3.7 Análises estatísticas.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÕES	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

RESUMO

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO. **RESPOSTA DE INDICADORES BIOLÓGICOS EDÁFICOS DE CAATINGA IMPACTADAS PELA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA**

Pombal - PB Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFCG, maio de 2013. 41 p.il. Trabalho de Graduação. Curso de Engenharia Ambiental. Orientadora: Prof^a Adriana Silva.

A extração de madeira na região semiárida da Paraíba é um processo degradativo que modifica a qualidade do solo. Para tal, objetivou-se avaliar a resposta de indicadores biológicos da qualidade do solo de áreas submetidas a exploração de madeira no semiárido Paraibano. Foram avaliadas 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 (pseudo-repções). A amostragem de solo (0-15 cm), em cada parcela, foi realizada em dois períodos (período seco e chuvoso). Analisou-se os atributos biológicos indicadores da qualidade do solo, matéria orgânica leve em água, respiração edáfica, C e N da biomassa microbiana, estoques de C e N, quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano($qMIC$) e número total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. Realizou-se também uma análise multivariada de componentes principais. Em áreas desmatadas do bioma Caatinga no semiárido paraibano, a sazonalidade afetou os atributos biológicos do solo, principalmente os teores de matéria orgânica leve em água, C-biomassa, qCO_2 , $qMic$ e o estoque de carbono do solo. Os atributos biológicos dos solos, das três áreas estudadas, especialmente, respiração edáfica e o N-biomassa, são pouco afetadas pela sazonalidade. Houve influência do desmatamento e retirada da lenha sobre os atributos biológicos estudados. A área desmatada e queimada apresentou a maioria dos atributos biológicos semelhantes aos da área referência e distintos ao da área desmatada.

Palavras-chave: atividade microbiana, C-biomassa, cociente metabólico, estoque de carbono

ABSTRACT

LUIZ JOAQUIM DE ARAÚJO NETO. **RESPONSE OF EDAPHIC BIOLOGICAL INDICATORS OF CAATINGA IMPACTED BY WOOD EXPLORATION** Pombal – PB, Center for Agri-food Science and Technology, UFCG, October, 2013. 41 p.il. Monograph. Environmental Engineering Course. Supervisor: Prof. Adriana Silva Lima. Dr.Eng.

Wood exploration in the semiarid region of Paraíba is a degradative process that modifies soil quality. For this purpose, it was aimed to evaluate the response of biological indicators of soil quality in areas subjected to wood exploration in semiarid Paraíba. Were evaluated in three management situations: deforested area (AD), an area deforested and burned (ADQ) and native vegetation remaining (MN). These were selected representing a subarea of 70 x 50 m in which five plots of 20 x 15 m (pseudo repetitions). Soil samples (0-15 cm) in each plot was carried out in two seasons (dry and rainy season). We analyzed attributes biological indicators of soil quality, organic matter, light organic matter in water, edaphic respiration, C and N microbial biomass, C and N stocks, metabolic quotient (qCO_2), microbial quotient (qMIC) and total number of spores of mycorrhizal fungi. We also conducted a multivariate analysis of principal components. In deforested areas in the Caatinga semiarid Paraíba, seasonality affected soil, biological attributes in especially organic matter, light organic matter in water, C-biomass, qCO_2 , qMIC and soil carbon stock. Soils biological attributes of three areas studied, especially edaphic respiration and N biomass were little affected by seasonality. There were significant effects of deforestation and wood removal on the biological attributes studied. Deforested area and burned most biological attributes was similar to reference area and distinct from deforested area.

Keywords: microbial activity, biomass C, Coefficient metabolic, carbon stock

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é um dos biomas considerado mais ameaçados do globo, em função da exploração indiscriminada dos seus recursos naturais e de sua biodiversidade, tendo como principais causas a caça predatória, as queimadas e o desmatamento de espécies nativas para fins de retirada de lenha e fabricação de carvão vegetal (MENEZES & SAMPAIO, 2002). O extrativismo vegetal e mineral, assim como o superpastoreio das pastagens nativas ou cultivadas e o uso agrícola por culturas que expõem os solos aos agentes da erosão são as principais causas dos processos de desertificação (ACCIOLY, 2000). A retirada da vegetação natural expõe o solo aos agentes erosivos, aliada a longos períodos de estiagem, provoca acentuada degradação do solo, deixando-o descoberto e exposto por mais tempo à ação dos agentes climáticos, reduzindo, conseqüentemente, seu potencial produtivo, causando danos muitas vezes irreversíveis ao meio (TREVISAN et al., 2002; MENEZES et al., 2005a).

Associada ao desmatamento, as queimadas é uma prática bastante utilizada no bioma Caatinga, o que intensifica ainda mais o processo degradativo. Sabe-se que através das queimadas há uma liberação rápida de nutrientes minerais presentes nas cinzas, como o cálcio, o magnésio, o potássio. No entanto, grande parte do nitrogênio e do carbono são perdidos, com conseqüente destruição do reservatório de matéria orgânica do solo que por sua vez, compromete a sua atividade biológica. Essas queimadas, utilizadas para limpar o terreno, vêm causando também perdas consideráveis na biodiversidade da Caatinga, com o desaparecimento de plantas e animais (ARAÚJO FILHO & BARBOSA, 2000, MENEZES et al. 2005b) e declínio de sua produtividade (MENEZES et al. 2005c), visto que alteram significativamente os atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo (MAIA et al., 2003).

Além das perdas de nutrientes na biomassa cortada e queimada, ocorrem transformações significativas nos estoques de matéria orgânica e nutriente do solo, com tendência de rápida diminuição dos reservatórios de nutrientes associados à matéria orgânica nos meses imediatamente subseqüentes à queima (FRAGA & SALCEDO, 2004).

Nesse contexto, há necessidade urgente da implantação de medidas que possa reverter este cenário, tendo em vista que o processo de desertificação da Caatinga tem implicações não apenas ambientais, mas também sócio-econômicas, uma vez que a população local é fortemente dependente dos recursos naturais desse bioma.

As alterações de ecossistemas naturais ou cultivados podem promover graves consequências à biodiversidade, aos seus solos e, conseqüentemente, à sua sustentabilidade. 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, ARAÚJO FILHO & BARBOSA, 2000; MENEZES et al. 2005 a,b,c; GALINDO et al, 2008; MARTINS, et al. 2010; SANTOS et al., 2011).

Estudos têm verificado estreita relação entre a qualidade do recurso solo e a produtividade e qualidade ambiental, sendo que indicadores dos atributos físicos, químicos e biológicos deste podem ser empregados para estimar esta qualidade, conforme discutidos em Moreira e Siqueira (2006) e Tótola e Chaer (2002). Os autores complementam que, dentre estes atributos o componente biológico representa um indicador sensível às mudanças no solo, oriundas de alterações antrópicas e tipo de cobertura vegetal, pois apresenta dinâmica peculiar e está continuamente mudando e se adequando às alterações do ambiente. Diante do exposto, objetivou-se avaliar os atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido Paraibano.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Bioma Caatinga

O termo “Caatinga” tem sua origem do Tupi-guarani que significa “Mata Branca”, o qual descreve o aspecto de sua vegetação na estação seca, período em que a mesma perde as folhas deixando à mostra seus troncos esbranquiçados (PRADO, 2003). A Caatinga é tida como um bioma do semiárido, ocupando uma área de 748.600 km². No Brasil, a Caatinga encontra-se como a região mais ameaçada e transformada pela ação antrópica. Essa região caracteriza-se como um mosaico de coberturas vegetais que formam uma linha divisória entre a Floresta Amazônica (ao noroeste) e a Mata Atlântica (a leste), além de apresentar plantas e animais que se permitem viver nas condições desfavoráveis dessa região (ROSS, 2005).

Embora seja considerada como único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga ainda não teve sua importância devidamente reconhecida pelo poder público. O maior exemplo disso é que a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, não incluiu o Cerrado e a Caatinga na lista de biomas brasileiros designados como Patrimônios Nacionais. Atualmente, um Projeto de Emenda Constitucional está tramitando no Congresso Nacional com o propósito de incluir esses dois biomas nessa categoria (GARIGLIO et al., 2010).

A Caatinga situa-se toda entre o Equador e o trópico de Capricórnio (cerca de 3º a 18º sul). Portanto, o bioma dispõe de abundante intensidade luminosa durante todo o ano. As altitudes são relativamente baixas; exceto em poucos pontos que ultrapassam os 2.000 m na Bahia e os outros pontos extremos que ficam pouco acima dos 1.000 m. É caracterizada por baixos índices pluviométricos, em torno de 500 mm a 700 mm anuais e altas temperaturas, médias anuais de 27 °C a 29 °C, e poucos graus de diferença entre as médias dos meses mais frios e mais quentes. Assim, luz e temperatura não são limitantes ao crescimento vegetal e não são causa de maior variabilidade ambiental na área de Caatinga (SAMPAIO, 2003).

O regime de chuvas tem como características ainda precipitações intensas, muitas vezes ultrapassando 100 mm em um único dia, e sazonalidade irregular, com a época de chuvas podendo iniciar-se em meses distintos, prolongar-se por períodos

incertos e encerrar-se, também, em meses diferentes de um ano para outro (GARICLIO et al., 2010).

Os solos da Caatinga variam de rasos e pedregosos até solos profundos e arenosos, os quais, juntamente com a disponibilidade hídrica, irão definir os diferentes tipos de vegetação (VELLOSO et al., 2002). Por esse motivo, as plantas dessa região estão adaptadas às condições climáticas e possuem vários mecanismos para sobreviverem ao fenômeno da seca (ROSS, 2005).

O Bioma Caatinga é caracterizado como um complexo vegetacional onde os tipos de vegetação dominantes são constituídos de arbustos e árvores, os quais são decíduos durante o período de seca e, frequentemente, providos de espinhos e /ou acúleos. Há ainda a presença de cactáceas, bromeliáceas e de plantas herbáceas (VASCONCELOS SOBRINHO, 2005).

A paisagem natural deste bioma tem perdido suas características geoecológicas em decorrência de seu uso inapropriado pelas atividades socioeconômicas (TRIGUEIRO et al., 2009). Sendo hoje um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades antrópicas. Segundo dados do IBAMA (2011), aproximadamente 80% dos ecossistemas originais do bioma Caatinga já foram antropizados.

As causas dessas alterações são principalmente devido à utilização insustentável dos recursos naturais, caracterizado principalmente pela extração e exploração de madeira para combustível, alterando e modificando a paisagem, causando dessa forma, inúmeros impactos negativos.

Toda essa devastação, aliada ao clima, fez a Caatinga apresentar hoje as maiores áreas dentro do território nacional que passam por processo de desertificação (MMA/SBF, 2002).

2.2 Qualidade do solo

A qualidade do solo pode ser definida como sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal (DORAN; SARRANTONIO & LIEBIG, 1996). Estes autores também afirmam que sendo a qualidade do solo responsável pelo desempenho de uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, levam à manutenção da

qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação dos ecossistemas.

O solo é vital na produção de alimentos e fibras, como também, na sustentação do ecossistema global, cabendo ao homem a capacidade de promover o uso sustentável desse recurso, importante para a manutenção da vida na Terra. E essa qualidade do solo é passível de mudança com o passar do tempo, devido a eventos naturais e principalmente a ação antrópica. Diante do exposto, verifica-se que a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do ecossistema, e que seu estudo se faz necessário para uma melhor utilização desse recurso. (Sposito & Zabel, 2003)

É importante verificar as características e comparar o nível de alteração na qualidade do solo que pode ser avaliado pela mensuração do estado atual de determinadas características e propriedades do solo, por meio da comparação destas com o estado de solos sem interferência antrópica, que se espera apresentar valores ideais (Doran & Parkin, 1994; Sarrantonio et al., 1996).

Estudos têm verificado estreita relação entre a qualidade do recurso solo e a produtividade e qualidade ambiental, sendo que indicadores dos atributos físicos, químicos e biológicos deste podem ser empregados para estimar esta qualidade, conforme discutidos em Moreira e Siqueira (2006) e Tótola e Chaer (2002). E complementam que, dentre estes atributos o componente biológico representa um indicador sensível às mudanças no solo, oriundas de alterações antrópicas e tipo de cobertura vegetal, pois apresenta dinâmica peculiar e está continuamente mudando e se adequando às alterações do ambiente.

2.3. Indicadores biológicos da qualidade do solo

Segundo Tótola e Chaer (2002), um indicador de qualidade do solo pode ser simplesmente uma variável mensurável, como a temperatura do solo, um processo como a taxa de mineralização da matéria orgânica ou um índice, no qual se incluem inúmeras medidas do solo: densidade, porosidade, matéria orgânica e outros.

Os mesmos autores afirmam que os indicadores devem fornecer algumas medidas da capacidade do solo de funcionar respeitando a vegetação e a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a saúde humana e animal. Os indicadores também devem ser usados para medir mudanças no funcionamento do

solo ou limitações do ecossistema, ser compreensíveis e úteis para o agricultor, estudiosos e ambientalistas e, preferencialmente, de fácil e barata mensuração, funcionando assim, como um instrumento para auxiliar na exploração racional do solo. Relatam ainda que um dos desafios da atualidade, tem sido, desenvolver formas e parâmetros que tenham o objetivo de quantificar diferentes atributos que estão relacionados com a sustentabilidade, traduzindo-os na forma de indicadores de qualidade do solo.

Devido a alta sensibilidade à atividade antrópica dos atributos microbiológicos e por sua simplicidade de determinação, estes apresentam grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos (TÓTOLA et al. 2002). Esses indicadores biológicos têm desempenhado importante papel na determinação dos impactos ambientais causados pelas atividades agrícolas, exploração dos recursos ambientais como fonte de energia, entre outras atividades.

Os atributos biológicos do solo podem ser considerados indicadores de alguns processos que ocorrem no solo em resposta às perturbações antropogênicas, podendo constituir-se importantes variáveis para prever a qualidade dos ecossistemas agrícolas. Apesar disso, estudos de resposta microbiológica de sistemas edáficos a intervenções antrópicas são relativamente escassos para as condições do Nordeste brasileiro (PÔRTO et al. 2009).

Quanto maior for a diversidade de organismos do solo, maior será a capacidade de recuperação do solo ou área degradada, essa diversidade de microrganismos possibilita que um solo saudável se recupere de um fator estressante mesmo que parte da comunidade microbiana seja eliminada e concluem que uma prática viável para melhorar a qualidade biológica do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A respiração do solo representa a soma total da atividade metabólica do solo e os processos biológicos dos microorganismos sendo avaliada tanto pelo consumo de O_2 como pela produção de CO_2 , por titulação ou condutividade elétrica (quando é capturado por NaOH ou KOH) (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A respiração microbiana apresenta grande potencial de utilização como indicador da qualidade de solos em áreas degradadas, relacionando-se com a perda de carbono orgânico do sistema solo-planta para a atmosfera, reciclagem de nutrientes e resposta a diferentes estratégias de manejo do solo.

As propriedades biológicas e bioquímicas do solo, tais como: a atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (TURCO et al., 1994; SANTANA & BAHIA FILHO, 1998; DORAN & PARKIN, 1996).

A matéria orgânica do solo influencia em largo alcance propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo considerado por alguns autores o mais importante indicador de qualidade do solo (BOLINDER et al., 1999). Mudanças pequenas na matéria orgânica do solo (MOS) podem ser detectadas somente por monitorização da fração ativa da MOS, tal como a fração do carbono lábil e o C da biomassa microbiana.

Dentre outros benefícios gerados pela MOS, destacam-se a melhoria das condições físicas do solo e o fornecimento de energia para o crescimento microbiano (SILVA & RESCK, 1997), o que resulta em maior ciclagem de nutrientes e aumento da CTC do solo (PAES et al., 1996). Estes e outros benefícios conferem à MOS um papel fundamental na avaliação da qualidade do solo (MIELMICZUK et al., 2003).

Dentre os atributos relacionados com a MOS, o carbono da biomassa microbiana do solo, embora represente uma pequena fração (< 5%), também é considerado um sensível indicador da qualidade do solo (VARGAS & SCHOLLES, 2000). Desde o estudo de Jenkinson (1966), outros trabalhos comprovam que a determinação da biomassa microbiana do solo pode fornecer informações relevantes sobre o funcionamento dos ecossistemas e sobre a qualidade do solo, havendo, inclusive, indicações de que os atributos microbiológicos apresentam maior sensibilidade do que os químicos e físicos, refletindo rapidamente alterações pelo manejo do solo ou das culturas (WARDLE, 1992, 1998; BALOTA et al., 1998, 2003; FRANCHINI et al., 2007).

A Biomassa microbiana é um dos componentes que controlam funções – chave no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou transformações envolvendo os nutrientes minerais para os ecossistemas (Moreira; Siqueira, 2006). Conseqüentemente, solos que mantêm alto conteúdo de BM são

capazes não somente de estocar mais nutrientes, mas também de ciclar mais nutrientes.

A biomassa é a fração viva da matéria orgânica do solo e representa um reservatório de nutrientes para as plantas; pelo processo de decomposição da matéria orgânica, promove a sustentabilidade biológica e a produtividade nos ecossistemas (PEREZ et al., 2005). Além disso, a biomassa e atividade metabólica em solo têm sido usadas para indicar mudanças na qualidade do solo (AJWA et al., 1998).

Dentre os atributos relacionados com a MOS, o carbono da biomassa microbiana do solo, embora represente uma pequena fração (menor que 5%) também é considerado um sensível indicador da qualidade do solo (Vargas & Scholles, 2000). Sua grandeza está relacionada com o teor de MOS, especialmente com a fração particulada.

Trabalhos têm demonstrado que os quocientes microbianos ($qMIC$) e metabólicos (qCO_2) são sensíveis aos efeitos ambientais e antropogênicos, podendo serem considerados indicadores de perturbações dos ecossistemas (HARRIS, 2003). Gama-Rodrigues (1997) verificaram que o qCO_2 foi um indicador sensível para estimar o potencial de decomposição da MOS.

Os resultados de C e N da biomassa microbiana do solo, quando associados aos resultados da atividade microbiana (CO_2 liberado) e atributos químicos, como C orgânico e N total, possibilitam a obtenção de índices microbianos que expressam a dinâmica do C e N de maneira mais adequada que os valores absolutos (MONTEIRO; GAMA-RODRIGUES, 2004). A relação entre C da biomassa microbiana e o C orgânico do solo reflete a qualidade da MOS, assim como a eficiência de conversão do C do solo em C microbiano. Da mesma maneira, a relação entre N da biomassa microbiana e o N total do solo indica a eficiência de conversão do N do solo em N microbiano (SPARLING, 1992).

A quantificação do C da biomassa microbiana (CBM), respiração basal ($C-CO_2$) e suas relações como, por exemplo, quociente metabólico (qCO_2), tem sido utilizado para estudar os processos de ciclagem e transformação de nutrientes (MALUCHE-BARETTA et al., 2006), bem como avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES, 1999; ANDERSON, 2003).

Devido à alta sensibilidade relacionada à atividade antrópica e à simplicidade de determinação, atributos microbiológicos (densidade e diversidade de grupos funcionais de microorganismos) e bioquímicos (biomassa microbiana e atividade de microorganismos heterotróficos) apresenta grande potencial de utilização como indicadores da qualidade de solos degradados em recuperação dessa forma, a avaliação dos atributos biológicos permite identificar as principais limitações do ecossistema impactado, propondo medidas estratégicas que busque manter a sustentabilidade de ecossistemas, fazendo dessa forma uma comparação com área-referência ou natural sem impacto de atividades antrópicas.

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta potencial para ser utilizada como atributo-chave da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994; Mierniezik, 1999), pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (Gregorich et al., 1994). Todavia em algumas situações, notadamente naquelas induzidas por sistema de manejo com histórico de adoção de curto prazo, este indicador pode não ser um eficiente discriminador das alterações na qualidade do solo.

Nesse caso, a avaliação de compartimentos da MOS, como a particulada, pode ser uma alternativa de incremento da sensibilidade (Freixo, 2000; Bayer et al., 2001; 2002). Essa fração desempenha importante função na ciclagem de nutrientes, podendo ser considerada uma fração lábil no solo.

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 Köeppen 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 delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 3 x 2 que corresponderam 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); a duas épocas do ano (época seca e 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).

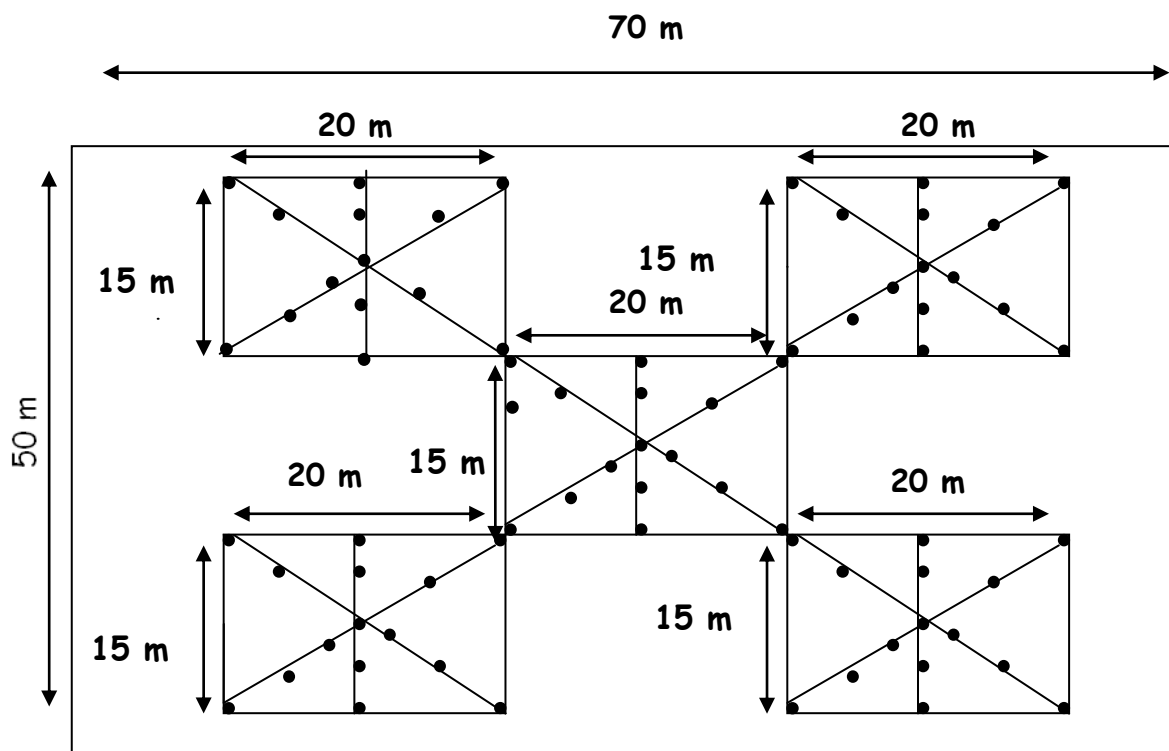


Figura 1. Esquema da subárea representativa de 70 x 50 m e das cinco parcelas experimentais (pseudo-repetições) de 20 x 15 m.

3.3 Coleta do solo

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 separadas, identificadas, armazenadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG.

3.4 Caracterização do solo

Para a caracterização do solo as amostras destinadas a esta finalidade foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 2 mm, para a determinação dos atributos químicos e físicos (EMBRAPA, 1997) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas áreas desmatada (AD), desmatada e queimada (ADQ) e não desmatada (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	7,03	6,34	6,64	6,50	6,46
CE _{1:5} (dS m ⁻¹)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
P (mg dm ⁻³)	17,84	5,38	63,44	18,01	34,03	9,54
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,72	0,32	0,84	0,40	0,59	0,33
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,41	0,03	0,47	0,03	0,53	0,03
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	2,34	0,00	2,32	0,00	2,18
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	3,96	4,04	5,76	5,53	5,26	5,71
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	4,94	2,44	4,46	2,41	4,82	2,28
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	3,26	2,72	2,72	3,86	3,28	3,58
SB (cmol _c dm ⁻³)	7,94	7,07	9,32	9,79	9,13	9,62
CTC (cmol _c dm ⁻³)	13,29	9,55	14,25	12,22	14,48	11,93
V (%)	59,49	73,87	65,37	80,31	63,11	80,96

P, K⁺ e Na⁺: Extrator Mehlich-1; H⁺+Al⁺³: 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 SB = Soma de base (Ca⁺² + Mg⁺² + K⁺ + Na⁺); CTC = SB + Al⁺³; Fonte: Dados gerados no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG e apresentados por Andrade (2013).

Tabela 2. Atributos físicos do solo na área desmatada (AD), área desmatada e queimada (ADQ) e área não desmatada (MN) do 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	744,4	740,4	748,4	646,4	640,4
Silte (g kg ⁻¹)	110,0	56,0	132,0	76,0	154,0	112,0
Argila (g kg ⁻¹)	155,6	199,6	127,6	175,6	199,6	247,6
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,66	1,61	1,65	1,60	1,61	1,63
Densidade de partículas (g cm ⁻³)	2,54	2,56	2,60	2,59	2,58	2,53
Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)	0,36	0,37	0,36	0,37	0,39	0,34
Grau de floculação (%)	24,87	12,26	11,51	15,02	4,59	8,23

Fonte: Dados gerados no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG e apresentados por Andrade (2013).

Quanto a classificação dos solos na área desmatada e na desmatada e queimada os solos foram classificadas como NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico e na área de mata nativa o solo foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (ANDRADE, 2013).

3.6 Avaliação dos atributos biológicos do solo

Para a avaliação dos atributos biológicos, foram coletadas amostras também na camada de 0-15 cm, eliminando-se os resíduos vegetais da superfície, identificadas, colocadas em caixa de isopor e levadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, onde foram armazenadas em temperatura de 5°C. A matéria orgânica (MO) e a leve em água (MOLA), atividade microbológica (respiração), C e N da biomassa microbiana, estoques de C e N, quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMIC$) e número total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

Sendo que, no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas foram determinadas a Com os teores de carbono orgânico total foram estimados os teores de matéria orgânica (MO.) pela fórmula: M.O. = C orgânico x 1, 724. A matéria orgânica leve em água (MOLA) pelo método adaptado de Anderson & Ingram (1989). A respiração microbiana do solo mensurada pela captura do C-CO₂ produzido no solo pelo NaOH em ambiente hermeticamente fechado (Alef e Nannipieri, 1995), o carbono da biomassa microbiana, estimado pelo método da irradiação-extração (MENDONÇA & MATOS, 2005). A estimacão do nitrogênio (N) da biomassa microbiana foi feito pelo método da irradiação-extração como o do C-biomassa, porém o N total foi determinado após redução do nitrato a amônio sob condições ácidas pela digestão de Kjeldahl.

Os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total foram calculados conforme Leite et al. (2003). Para os estoques de C, foi utilizada a expressão: EstC = (COT x Ds x e), em que: EstC é o estoque de carbono orgânico total em determinada profundidade dado em Mg ha⁻¹; COT é o teor de carbono orgânico total; Ds é a densidade do solo na profundidade estudada dado em g cm⁻³ e “e” é a espessura da camada considerada dado em cm.

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 teor de nitrogênio no solo foi determinado por destilação a vapor pelo método de Kjeldahl, adaptado de Tedesco et al. (1995). O cálculo dos estoques de N total foi efetuado seguindo a seguinte expressão: EstN = (NT x Ds x e), em que:

EstN é o estoque de N total do solo em determinada profundidade dado em Mg ha^{-1} e NT é o teor de N total, Ds é a densidade do solo na profundidade estudada dado em g cm^{-3} e “e” é a espessura da camada considerada dado em cm.

A determinação do número total de esporos e a classificação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) segundo INVAM (<http://www.invam.caf.wvu.edu>) foram realizados no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), após extração via peneiramento úmido (GENDEMANN & NICOLSON, 1963), seguido de centrifugação com água e solução de sacarose (500g L^{-1}).

3.7 Análises estatísticas

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o sistema de análise estatística Sisvar, versão 4.0 (FERREIRA, 2000). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Realizou-se a análise multivariada de componentes principais empregando-se o sistema de análise estatística ASSISTAT versão 7.5 beta (SILVA et al., 2009) e os escores de correlação foram apresentados por meio de gráfico de dispersão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos biológicos do solo das áreas avaliadas sofreram influência da sazonalidade (Tabela 3).

Tabela 3: Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo da área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos e da área de não desmatada - referência (MN).

Atributos do solo	AD		ADQ		MN	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
MO (g kg ⁻¹)	11,27a	7,47b	11,36a	8,85b	10,30a	9,15 a
M.O. leve em água (MOLA)(g)	0,146b	0,581a	0,085b	0,611a	0,146b	1,115a
C – biomassa (mg C. kg ⁻¹ solo)	133,98b	474,89 a	73,62b	393,99a	120,33b	221,41a
Respiração (mg C-CO ₂ .100 cm ³ solo)	31,57 a	31,30a	33,66a	32,30a	33,39a	33,66a
qCO ₂ (mgC-CO ₂ .mgC-biom ⁻¹)	0,24b	0,66a	0,42b	0,82a	0,27b	1,52a
qMIC (%)	2,19 b	11,88a	1,12b	8,64a	1,88	4,95
Estoque de C (kg ha ⁻¹)	17,92a	10,47b	16,35a	12,32b	15,43a	12,98b
N-biomassa (mg kg ⁻¹)	76,07a	63,14b	62,97b	78,62a	82,46a	39,68b
N-total (dag kg ⁻¹)	0,08b	0,29a	0,06b	0,28a	0,14b	0,32a
Estoque de N (kg ha ⁻¹)	2,04b	6,98a	1,53a	6,69b	3,38b	7,83a
Esporos (N° esporos/ 50 cm ³ solo)	105,6 a	83,7 b	275 a	256 a	271,8 a	248 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. Fonte: Dados gerados no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, e Laboratório de Microbiologia do Solo do DCS/UFLA.

Os maiores teores de matéria orgânica (M.O.) 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 M.O não sofreram efeito da época de avaliação (Tabela 3).

Embora a princípio, esperariam teores mais elevados de M.O no período chuvoso, foram verificado efeito oposto, principalmente nas áreas AD e ADQ. Andrade (2013) verificou este fato, e explicou que provavelmente, ocorreu devido ao efeito erosivo das chuvas, promovendo a remoção da M.O 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 M. No entanto, o maior valor de matéria orgânica leve em água foi obtido na mata nativa no período chuvoso e o menor foi na área desmatada e queimada no período seco.

Segundo Anderson & Ingram (1989) a matéria orgânica leve é considerada uma fração ativa no solo que consiste de matéria orgânica parcialmente humificada.

Assim, Mendonça e Matos (2005) explicam que sua separação em água é um método rápido e simples e de baixo custo, mas que pode subestimar a quantidade dessa fração, pois algum material orgânico pouco alterado pode ter densidade maior do que a densidade da água, o que pode ter ocorrido neste estudo.

O C-BMS apresentou maiores valores no período chuvoso em todas as áreas estudadas, apresentando o maior valor na área desmatada (AD) ($474,89 \text{ mg C. g}^{-1}$ solo), isso se justifica pela maior atividade dos microrganismos nesse período, sob melhores condições para a atividade microbiana. No período seco todas as áreas apresentaram valores inferiores, destacando a área desmatada e queimada (ADQ) ($73,62 \text{ mg C. g}^{-1}$ solo).

Os valores de respiração apresentados, nas três áreas em estudo, nas duas épocas de avaliação não diferiram entre si. 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 $q\text{CO}_2$, na área desmatada e na área de mata nativa remanescente com cerca de $0,24 \text{ mg C-CO}_2.\text{mg C-biom}^{-1}$ e $0,27 \text{ mg C-CO}_2.\text{mg C-biom}^{-1}$ respectivamente. Maiores valores de $q\text{CO}_2$ indicam perdas de C no sistema na forma de CO_2 por unidade de C microbiano (Melloni et al., 2008).

Segundo Martins et al. (2010), aumento nos valores de $q\text{CO}_2$ estão relacionados à resposta a mineralização da biomassa microbiana. Dessa forma, observa-se que o padrão de resposta à mineralização da área desmatada (AD) e a área de mata nativa remanescente (MN) na época seca, encontra-se similar, visto que não apresentaram diferença significativa entre si para a variável de $q\text{CO}_2$.

Quanto ao quociente microbiano ($q\text{MIC}$) o maior valor observado foi na área desmatada (AD) (11,88%), no período chuvoso. No entanto, na época seca, observou-se o menor $q\text{MIC}$ na área desmatada e queimada (ADQ) (1,11%).

Em geral um baixo quociente metabólico indica economia na utilização de energia e supostamente reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio; ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio. Frequentemente, solos com alto quociente metabólico são denominados por organismos colonizadores de crescimento rápido (SAKAMOTO & OBO, 1994).

Alvarenga et al. (1999) obtiveram valores de q_{MIC} que variaram de 3,08 % no Cerrado até 1,34 % em pasto nativo, estando de acordo com a percentagem proposta por Jenkinson & Ladd (1981), que consideram normal que 1 a 4 % do C total do solo corresponda ao componente microbiano. Silva et al (2012) verificaram em solos de áreas agrícolas, florestais e pastagens no Médio Vale do Paraíba do Sul, RJ verificaram que o q_{CO_2} aumentou da época seca para a chuvosa assim, como observado neste trabalho. Os mesmos autores constataram que o q_{Mic} sofreu redução do período seco para o chuvoso, na maioria das áreas o que não ocorreu neste trabalho.

Os estoques de carbono diferiram entre as áreas em estudo, sendo os maiores valores encontrados na área desmatada (AD) e na área desmatada e queimada (ADQ) isso no período seco. Já no período chuvoso não foram observados mudanças significativas no estoque de carbono na área desmatada e queimada (ADQ) e a área de mata nativa remanescente (MN).

Os valores de N—biomassa variaram de 39,68 mg kg⁻¹ a 82,46 mg kg⁻¹ ambos na área de mata nativa no período seco e chuvoso respectivamente. Os maiores valores dessa variável foram observados no período seco para as áreas de mata nativa e para área desmatada, apresentando comportamento contrário para a área desmatada e queimada. Os maiores valores de N-total e estoque de N ocorreram no período chuvoso para todas as áreas, sendo que o maior valor foi para a área de mata nativa. Os teores de N-total e estoque de N são atribuídos à fixação biológica de N, proporcionada pelas leguminosas, uma vez que Sousa (2010) ao realizar o levantamento fitossociológico da área de remanescente de mata nativa deste estudo verificou que as famílias com maior representatividade em número de indivíduos em porcentagem foram: Euphorbiaceae (39,47%); posteriormente de Caesalpiniaceae (30,6%); Combretaceae (12,31%); Mimosaceae (10,2%). E estes resultados corroboram com os trabalhos de Amado & Mielniczuk (1999) e Conceição et al (2005) que afirmam que sistemas que utilizam leguminosas são uma eficiente estratégia para recuperar o estoque de NT do solo.

A biomassa microbiana do solo possui um papel fundamental na manutenção na produtividade de agroecossistemas, pois constitui um meio de transformação para todos materiais orgânicos do solo, além de atuar como reservatório de nutrientes para as plantas. Esta variável é definida como a parte viva da matéria

orgânica do solo (JENKINSON; LADD, 1981) e sua estimativa fornece dados úteis sobre as alterações decorrentes do uso do solo, visto que respondem com maior rapidez a essas variações do que parâmetros químicos e físicos, tais como pH e qualidade da matéria orgânica do solo (POWLSON et al, 1987).

Quanto aos números de esporos não diferiram entre as áreas em estudo nas épocas avaliadas, no entanto os maiores valores observados ocorreram na ADQ e na MN e os menores na AD (Tabela 3). O maior número de esporos e C-da biomassa microbiana em solo de MN e ADQ comparado ao solo da AD pode está relacionado à maior diversidade vegetal, apesar de que não houve diferença na matéria orgânica nas três áreas avaliadas, possivelmente as áreas com maior número de esporos pode ser que possuam predominância de espécies micotróficas e com condições edáficas mais propícias à esporulação.

As espécies de fungos micorrízicos encontrados para a AD foram *Acaulospora spinosa*, *A. scrobiculata*, *Scutellospora* sp, *Paraglomus occultum*; para a ADQ foram *Acaulospora* sp, *A. scrobiculata*, *A. longula*, *Scutellospora* sp, *Paraglomus occultum*; e para MM *Acaulospora* sp, *A. scrobiculata*, *A. longula*, *A. morrwiae*, *A. poralongula* e *A. poramorrwiae*. Estas espécies também foram registradas em estudos de levantamento de espécies de fungos micorrízicos arbusculares no bioma Caatinga (STÜRMER & SIQUEIRA, 2008). Das espécies de fungos micorrízicos mais frequentemente detectadas em estudo de ecossistemas brasileiros de áreas degradadas verificou-se a presença de *Paraglomus occultum* em mais de 50% de frequência de ocorrência (Klauberg-Filho et al, 2002) e esta espécie foi observada nas áreas desmatadas deste estudo. Os efeitos das mudanças do uso do solo, como a remoção da vegetação nativa para a introdução de florestas plantadas, o cultivo de subsistência, o cultivo comercial ou a formação de pastagens, sobre a diversidade microbiana têm sido demonstrados sistematicamente para alguns grupos de microrganismos (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Os componentes principais (CP1 e CP2) apresentaram, para a época seca, 58,53 % da variância total dos dados, onde, CP1 apresentou 36,01 % da variância total e o CP2 22,52 %, e para a época chuvosa, 61,65% da variância total dos dados, onde, CP1 apresentou 39,06 % da variância total e o CP2 22,59 %. Em vista desses valores, somente os dois CP serão mostrados e discutidos. A análise de componentes principais, para as duas épocas, permitiu a visualização e de que a

área desmatada e queimada (ADQ) possui atributos biológicos que se aproximam da área de referência (MN), e mais distante da área recentemente desmatada (Figuras 2 e 3).

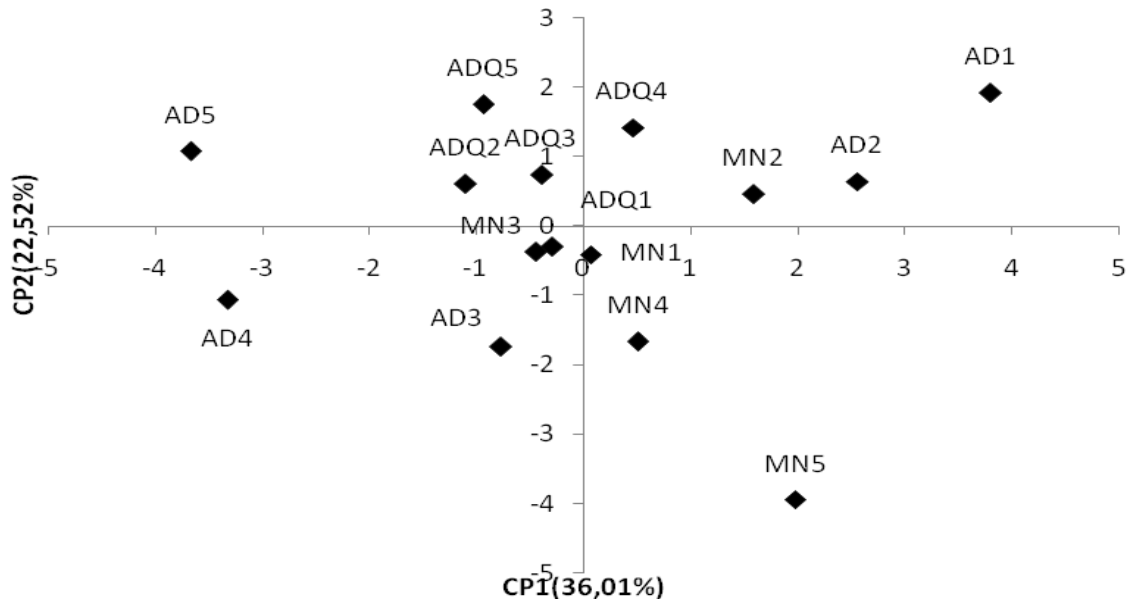


Figura 2. Distribuição dos escores de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época seca. Em Relação Ao primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais.

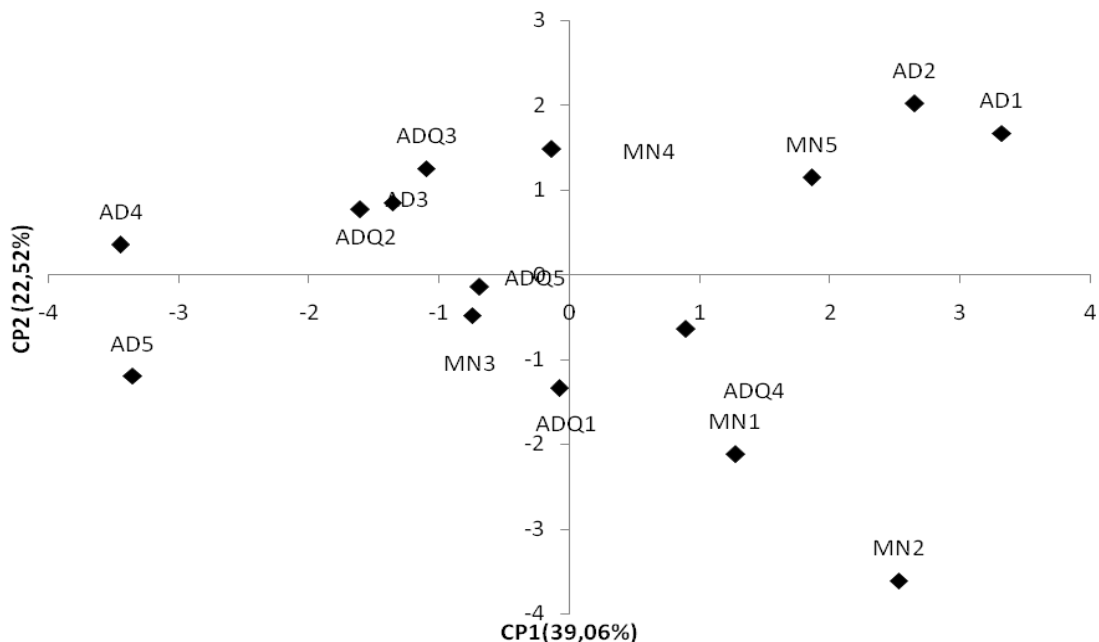


Figura 3. Distribuição dos escores de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época chuvosa. Em relação ao primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes principais.

Houve diferenciação entre as áreas (AD, ADQ e MN), reflexo dos valores dos atributos biológicos e dentre eles destaca-se de M.O, C orgânico, estoque de carbono, C da biomassa, q Mic, N-total e estoque de N (Figuras 4 e 5).

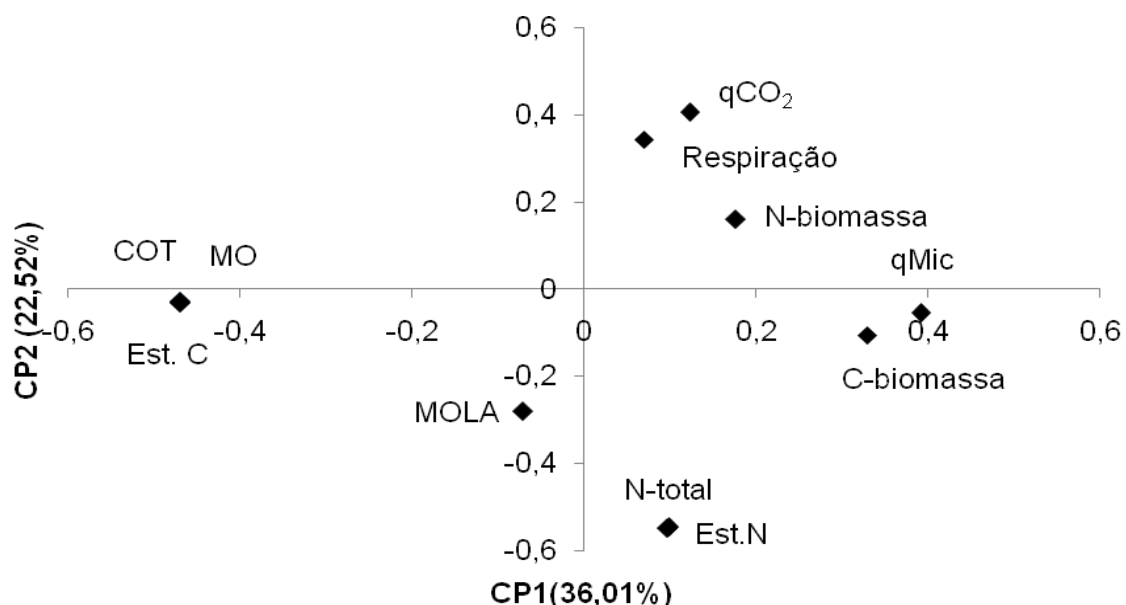


Figura 4. Distribuição dos escores dos atributos biológicos de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época seca. Em Relação Ao Primeiro (Cp1) E Segundo (Cp2) Componentes Principais.

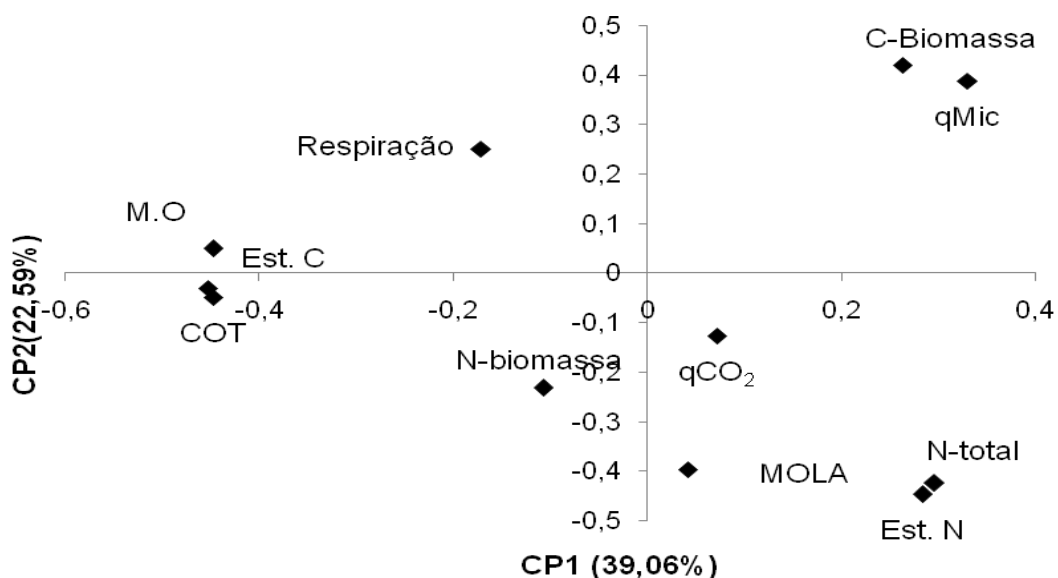


Figura 5. Distribuição dos escores dos atributos biológicos de cada área estudada: área desmatada (AD), área desmatada e queimada há três anos (ADQ) e área não desmatada – mata natural – referência (MN) para época chuvosa. Em relação ao primeiro (CP1) e Segundo (CP2) componentes principais.

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 por este trabalho, afirmaram que com o MO e a maioria dos atributos biológicos mostrou-se eficiente na discriminação dos diferentes ecossistemas, sendo portanto recomendados em estudos da qualidade ambiental.

Em estudo com atributos químicos e microbianos de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco, Martins et al.(2008) 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, qmic, carbono orgânico total, tanto no período seco quanto no chuvoso, comportamento semelhante a esse trabalho.

Em ambientes de voçoroca localizados no Sul de Minas Gerais, Gomide et al. (2011) através da análise de componentes principais de atributos químicos, físicos e biológicos, sendo os mesmos deste estudo, concluíram que os atributos biológicos foram sensíveis ao refletirem o estado de degradação dos ambientes de voçoroca, destacando-se o qCO₂. Assim como a própria biomassa, o quociente C da biomassa e C orgânico do solo têm sido utilizados como indicador de alterações do solo, sendo em condições estressantes (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 1999; SOUZA; MELO, 2003).

As mudanças afetaram não só os atributos físicos e químicos, como afetaram os atributos biológicos do solo pelo manejo inadequado, de tal forma estes os atributos biológicos constituíram indicadores sensíveis de qualidade para a detecção de sistemas de manejo que esteja 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

Em áreas desmatadas do bioma Caatinga no semiárido paraibano, a sazonalidade afetou os atributos biológicos do solo, principalmente os teores de matéria orgânica leve em água, C-biomassa, qCO_2 , $qMic$ e o estoque de carbono do solo.

Os atributos biológicos dos solos, das três áreas estudadas, especialmente, respiração edáfica, bem como o N-biomassa, são pouco afetadas pela sazonalidade.

Houve influência do desmatamento e retirada da lenha sobre os atributos biológicos estudados.

A área desmatada e queimada há três anos apresentou a maioria dos atributos biológicos semelhantes aos da área referência e distintos ao da área recentemente desmatada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AJWA, H. A. et al. Carbon and Nitrogen Mineralization. in Tallgrass Prairie and Agricultural Soil Profiles. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, p. 942-951, 1998.

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

AMADO, T.J.C. & MIELNICZUK, J. Plantio direto e rotação de culturas com leguminosas: Uma excelente combinação para promover o incremento da capacidade produtiva do solo. **R. Plantio Direto**, 50:23-27, 1999.

ANDERSON, J.M. & INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. CAB International, 1989. 171p.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient (q_{CO_2}) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, 25(3):393-395, 1993.

ANDRADE, E. M.G **Atributos químicos e físicos de áreas degradadas pela exploração de madeira para lenha no semiárido da Paraíba** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Pombal, PB: UFCG, CCTA, 2013.

ANDREASEN, J. K.; O'NEILL, R. V.; NOSS, R. & SLOSSER, N. C. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, 1: 21-35. 2001.

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.; ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo, Uberlândia, **Bioscience Journal**, v. 23 (3), p. 66-75, 2007.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentado da Caatinga**. Sobral: EMBRAPA - Caprinos, 1997, 19P. (EMBRAPA - Caprinos, Circular Técnica, 13).

BALOTA, E. L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649,1998.

BALOTA, E. L. et al. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, p. 15-20, 2003.

BARBIERI, J. C. Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudança da agenda 21. Petrópolis: Vozes 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN- NETO, L.; & ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no- tillage on a subtropical soil. **Plant. Soil**, 238:133-140, 2002.

BAYER,C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN- NETO, L.; PILLON, C. N. & SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal** v.65,1473- 1478p, 2001.

BOLINDER, M. A. et al. The response of soil quality indicators to conservation management. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 79, p. 37-45, 1999.

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).

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of 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).

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.

DORAN, J. W., PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D. C., BEZDICEK, D. F., STEWARD, B. A(eds.).**Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA. American Society of Agronomy,1994, p. 3-21 (Spec.Public,35).

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Orgs.) **Methods for assessing soil quality**.Madison: SSSA, 1996. p. 25-37.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, p. 1-54, 1996.

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, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4. 0. In: **REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE**

INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. Programa e Resumos... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

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

FRANCHINI, J. C. et al. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 92, p.18-29, 2007.

FREIXO, A. A. **Caracterização da matéria orgânica de Latossolos sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectrografia de infravermelho**. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 86p. (dissertação de mestrado).

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**, 32:11283-1296, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do soloecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-244.

GAMA-RODRIGUES, E. F. **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana da serapilheira de povoamentos de eucalipto**. 1997. 108 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010 368p.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society** , 46: 235-244, 1963.

INVAM. **International culture collection of vesicular and arbuscular mycorrhizal fungi. Species Description**. Morgantown: West Virginia Agriculture and Forestry Experimental Station, 2000. Disponível em: <<http://www.invam.caf.wvu.edu>>.

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

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C.M & ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural Soils. **Canadian Journal Soil Science**, 367-375, 1994.

IBAMA, Disponível em: < via HTTP://www.ibama.gov.br/ecossistema/caatinga.htm.> Acesso em 20 de março de 2013.

ISERMEYER, H. Eine eingache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. In: ALEFF, K. & NANNIPIERI, P., eds. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego, Academic Press, 1995. p.214-216.

JENKINSON, D. S. & LADD, J. M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A. & LADD, J. N., eds. **Soil biochemistry**. New York, Marcel Dekker, 1981. V.5, p.415-471.

JENKINSON, D. S. Studies on the decomposition of plant material in soil. II. Partial sterilization of soil and the soil biomass. **European Journal of Soil Science**, v.17, p.280-302, 1966.

KLAUBERG-FILHO, O.; SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área poluída com metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.125-134, 2002

LAMB, D.; GILMOUR, D. **Rehabilitation and restoration of degraded forests**. Issues in Forest Conservation. IUCN, Gland, Switzerland. 2003, 122p.

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.

MALUCHE-BARETTA, C. R. D. et al. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1531-1539, 2006.

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 semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1883-1890, 2010.

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 Ciência do Solo**, v. 23, p.257-263, 1999.

MELLONI, R. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 06, p. 2461-2470, 2008.

MENEZES, R.C.S.; GARRIDO, M.S. & PEREZ M., A.M. Fertilidade Dos Solos No Semi-Árido. IN: Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo, 30., Recife, 2005. **Palestras...** Recife, UFRPE/SBCS, 2005a. Cd-Rom.

MENEZES, R.I.Q; NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; SILVA, N.L. Efeito da queimada e do pousio sobre a produtividade e as propriedades físicas e químicas de um solo sob Caatinga no Semiárido Nordeste. IN: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 42, 2005, Goiânia. CD ROOM., Sociedade Brasileira De Zootecnia, 2005B.

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 Solo sob Caatinga no Semi-Árido Nordeste. IN: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 42, 2005, Goiânia. **CD ROOM...**, Sociedade Brasileira De Zootecnia, 2005C.

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

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

MIELMICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3. p. 209-248.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A & CAMARGO, F. A. O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecosistema tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999.p.1-8.

MMA/SBF – Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404p.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 819-826, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. 2ed. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, UFLA, 2006. 729p

NANNIPIERI, P. Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance. In:___KLUG, M.J.; REDDY, C.A. **Current perspectives in microbial ecology**. Washington: American Society for Microbiology, 1984. p. 515-521. Oxford, v. 29, n. 2, p. 179-190, 1997.

PAES, J. M. V. et al. Decomposição da palha de café em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista. Ceres**, v. 43, p. 337-392, 1996.

PEREZ, K. S. S. et al. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p.137-144, 2005.

PORTO, M. L., ALVES J. do C., DINIZ, A. A., SOUZA, A. P. de, SANTOS, J. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano, **Ciência e. agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 33, n. 4. 2009. p. 1011-1017.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C & CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, 19:159-164, 1987.

PEIXOTO, Fabiana Gomes Teixeira. **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.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Ed. Universitária da UFPE, Recife, PE, 2003. p. 03-74.

ROSS, J. L. S. (Org). **Geografia do Brasil**. São Paulo, v. 1, 2005. 547p.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, 17:39-44, 1994.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas. In: SALES, V. C. (Org.). **Ecossistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 129-142.

SANTANA, D. F.; BAHIA-FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: World Congress of Soil Science, 16., Montpellier, França. **Proceedings**. Montpellier, ISS, 1998.

SANTOS, M. C. **Carbono da biomassa microbiana, do CO₂ liberado e micorrização em pastagens degradadas**. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2004. 54p. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, D. C. F.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, A. C.; TRINDADE, A. V.; SILVA, E. B.; COSTA, L. S. DA; COSTA, H. A. ORLANDI Microbial and Soil Properties in Restoration Areas in The Jequitinhonha Valley, Minas Gerais **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, p. 2199-2206, 2011

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; MARIA, E. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Médio

Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v36, n.6, 2012.

SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, I. C.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v.44, n.6, p.613-620, jun. 2009

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997, p.467-524.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do Solo. Fundamentos e Perspectivas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988.

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

SOUSA, M. M. G. **Levantamento Fitossociológico do Componente Arbustivo-Arbóreo Adulto e da Regeneração Natural em um Remanescente de Caatinga, Pombal PB** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Pombal, PB: UFCG, CCTA, 56p, 2010.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 30, n. 2, p.195-207, 1992.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

STÜRMER, S.L.; SIQUEIRA, J.O. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazilian ecosystems. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Eds). **Soil biodiversity an Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI-Publishing, 2006. cap. 10.

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.

TOTÓLA, M. R.; CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ V, V.H. et al. (Ed). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 2002. P.196-276. V.02.

TREVISAN, R.; MATTOS, M.L.T. & HERTER, F.G. Atividade Microbiana Em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Coberto Com Aveia Preta (Avena Sp.) No Outono, Em Um Pomar De Pessegeiro. **Ciência Rural**, 7:2:83-89, 2002.

TRIGUEIRO, E. R. C.; OLIVEIRA, V. P. V. & BEZERRA, C. L. F. Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação / desertificação no bioma Caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. **Revista Eletrônica do Problema**, 3: 2009. p. 62-82.

TURCO, R. F. et al. Microbial indicators of soil quality. In: DORAN, J.W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America Journal**, 1994. p. 73-90.

VARGAS, L. K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:35-42, 2000.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **As regiões naturais do nordeste: o meio e a civilização**. Recife: CONDEPE, 2005.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B. & PAREYN, F. G. C (Eds). **Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental - The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, v. 67, p. 321-358, 1992.

WARDLE, D. A. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: a global scale synthesis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p.1627-1637, 1998.