

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**INTER-RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO
SOLO COMO INDICADORA DE EFEITO DE BORDA EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

MAYANA OLIVEIRA DUARTE SANTOS

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
AGOSTO- 2016

MAYANA OLIVEIRA DUARTE SANTOS

**INTER-RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO
SOLO COMO INDICADORA DE EFEITO DE BORDA EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (UESB)

Co-orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (UENF)

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
AGOSTO - 2016

MAYANA OLIVEIRA DUARTE SANTOS

**INTER-RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO
SOLO COMO INDICADORA DE EFEITO DE BORDA EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 19 de agosto de 2016.

Comissão Examinadora:

Dr^a Regina Cele Rebouça Machado (Ph.D., Fisiologia Vegetal) – CEPLAC/ MARS

Prof. Joilson Silva Ferreira (D.Sc., Ciência do Solo) - UESB

Prof^a. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (Ph.D., Ciência do Solo) -UENF
Co-orientadora

Prof^a. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (D.Sc., Produção Vegetal) - UESB
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e me dar forças para superar as dificuldades.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Apoio à Pesquisa da Bahia – FAPESB, pelo apoio financeiro por meio da bolsa.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, Jorge e Nilza, por sempre me apoiarem e por todo amor e dedicação.

Ao meu amado esposo Jônitas, pelo amor, carinho e constante incentivo.

À minha orientadora, professora Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia, pela orientação, confiança e contribuição no desenvolvimento do meu trabalho, a quem sou muito grata.

À minha co-orientadora, professora Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues, por fornecer a oportunidade de realização das análises no Laboratório de Solos (LSOL) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Ao professor Anselmo Eloy Silveira Viana, pela ajuda na melhor compreensão dos dados estatísticos.

Ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em especial, às técnicas de laboratório Kátia Regina e Vanilda, pelos ensinamentos.

Aos colegas que prontamente me auxiliaram nas coletas de solo.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Não julgues nada pela pequenez dos começos.
Uma vez fizeram-me notar que não se
distinguem pelo tamanho as sementes que
darão ervas anuais das que vão produzir
árvores centenárias.”*
Josemaría Escrivá

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Fragmentação Florestal	3
2.2. Indicadores de efeito de borda	5
2.3. Atributos de qualidade do solo	6
2.3.1. Biomassa microbiana do solo	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Caracterização da área	9
3.2. Seleção dos fragmentos	9
3.3. Delimitação das faixas de amostragem	10
3.4. Coleta de solo e serapilheira	11
3.5. Análises do solo	11
3.6. Análises da Biomassa do solo	11
3.7. Análises dos dados	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS	24

RESUMO

SANTOS, Mayana Oliveira Duarte, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2016. **Inter-relação entre atributos microbiológicos do solo como indicadora de efeito de borda em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.** Orientadora: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia. Co-orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a atividade e biomassa microbiana do solo, como indicador de efeito de borda em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Foram avaliados três fragmentos de diferentes tamanhos (pequeno, médio e grande), localizados na região Sudoeste do estado da Bahia. Os fragmentos 1 e 3 apresentaram as maiores médias para os teores de CBM e para a relação C:N microbiana, em comparação ao fragmento 2. Em relação aos teores de CBM, apenas no fragmento 3 foi verificada variação entre as faixas, com maior valor na borda em relação ao interior. A ausência de variação do CBM e dos índices C:N_{mic} e CBM:C entre as faixas dos fragmentos 1 e 2 pode estar relacionada à influência do tamanho e isolamento dos fragmentos. Nos três fragmentos florestais, a ACP mostrou baixo agrupamento das faixas, que se distribuíram por quadrantes distintos, embora com ligeira aproximação das características da borda em relação à transição. O CBM, $q\text{CO}_2$, e as relações C:N_{mic}, CBM:C são indicadores discriminantes do efeito de borda na qualidade do solo dos fragmentos florestais estudados. O tamanho dos fragmentos e o seu isolamento influenciam nos teores de CBM, demonstrando maior vulnerabilidade dos fragmentos menores em relação às ações do meio externo. O $q\text{CO}_2$ é o índice mais responsivo às variações do ambiente, apresentando diferenciação entre as faixas dos três fragmentos estudados.

Palavras-chave: fragmentação; atividade microbiana; atributos microbiológicos; solos florestais.

ABSTRACT

SANTOS, Mayana Oliveira Duarte, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, august de 2016. **Interrelationship between microbiological soil as an indicator of edge effect in Semideciduous Forest fragments.** Adviser: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia. Co-Adviser: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

This study aimed to evaluate the activity and microbial biomass as edge effect indicator in Semideciduous Forest fragments. We evaluated three fragments of different sizes (small, medium and large), located in the state of Bahia Southwest region. Fragments 1 and 3 showed the highest average for the CBM content and the C: N ratio microbial compared to fragment 2. For the CBM content, only 3 fragment was observed variation between tracks, with higher value the edge towards the inside. The absence of variation of the CBM and indices C:N_{mic} and MBC C ranges between fragments 1 and 2 may be related to influence the size and isolation of the fragments. In three forest fragments, the ACP group showed down the tracks, which were distributed by different quarters, though with light approximation of the characteristics of the edge regarding the transition. The MBC, qCO_2 , and C:N_{mic}, MBC: C are discriminating indicators of edge effect on soil quality of forest fragments studied. The size of the fragments and their isolation influence the MBC content, showing greater vulnerability of smaller fragments over the actions of the external environment. qCO_2 is the most responsive index environmental variations, with differentiation between tracks of the three studied fragments.

Keywords: fragmentation; microbial activity; microbiological attributes; forest soil.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o homem utiliza os recursos florestais para o seu desenvolvimento, de modo que, devido a essa ação desordenada ao longo do tempo, ocorreu uma alteração na cobertura original das florestas, provocando a redução das áreas de vegetação nativa e a formação de fragmentos florestais. No Brasil, a Mata Atlântica é o principal exemplo desse processo. Os seus remanescentes estão reduzidos a cerca de 22% de sua área original (MMA, 2013), dos quais apenas cerca de 8,5% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (SOSMA, 2013).

Dentro do bioma Mata Atlântica, uma das fitofisionomias mais afetadas pelo processo de fragmentação é a Floresta Estacional Semidecidual, que ocorre na faixa de transição com o bioma Caatinga (estado da Bahia e Nordeste de Minas Gerais) e no Sul do país (IESB, 2007). Todavia, mesmo tendo seu território cada vez mais reduzido, esta formação ainda é pouco estudada.

A fragmentação florestal acarreta uma série de alterações, influenciando todo o ecossistema e suas comunidades (RODRIGUES, et al. 2006). À medida que a paisagem se torna fragmentada, as populações de espécies florestais são reduzidas, os padrões de dispersão e migração são interrompidos e os fluxos de entrada e saída no ecossistema são alterados, resultando em progressiva erosão da diversidade biológica (BARROS, 2006).

Para Laurance et al. (2011), a fragmentação do habitat afeta muito mais do que a biodiversidade e as interações entre as espécies. A divisão de uma população existente em larga escala em duas ou mais subpopulações não interligadas promove o aumento das quantidades de margens, favorecendo a ocorrência de bordas abruptas (LAURANCE et al. 2003), que devido a uma maior exposição, ficam sujeitas a maiores índices de temperatura, luminosidade, velocidade dos ventos e baixa umidade relativa do ar (HOLANDA et al., 2010). Como consequência, diversas funções do ecossistema, incluindo os ciclos biológicos e hidrológicos, também são alteradas.

No ecossistema florestal, o efeito de borda pode se reproduzir de diferentes formas, como a mudança da composição e riqueza vegetal (HOLANDA et al., 2010;

RIGUETE et al., 2013), na produção e acúmulo de serapilheira (VIDAL et al., 2007; BRASIL et al., 2013) e na qualidade do solo (SANTOS et al., 2011). Tais mudanças podem ser utilizadas para definir indicadores de efeito de borda, que permitam avaliar o estado de conservação de fragmentos florestais.

O uso de informações acerca de propriedades do solo constitui uma ferramenta de grande relevância para avaliar e interpretar os efeitos de interferências naturais ou antrópicas no solo (ARAÚJO et al., 2007; MELLONI et al., 2008). Isso é decorrência do fato de que qualquer transformação no solo pode alterar diretamente sua estrutura, atividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos na sua qualidade (BROOKES et al., 1995).

Dessa forma, a qualidade do solo costuma ser mensurada através de indicadores (atributos químicos, físicos e biológicos), que refletem a condição do solo e a sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Os atributos biológicos do solo são considerados indicadores sensíveis às perturbações antrópicas e modificações no solo, permitindo a sua utilização em estudos relacionados à qualidade e manutenção de ecossistemas (PÔRTO et al. 2009).

Dentre os atributos biológicos do solo, a biomassa microbiana representa a fração lábil da matéria orgânica do solo (MO) e possui natureza dinâmica e facilmente afetada por fatores bióticos e abióticos (POWLSON et al., 1987; GAMA-RODRIGUES, 1999). Por essa razão, embora represente uma pequena proporção do carbono orgânico do solo, a biomassa microbiana costuma ser mais responsiva a alterações iniciais nos níveis de MO do que o teor de C orgânico do solo (POWLSON et al., 1987; ANDERSON; DOMSCH, 1993; GAMA-RODRIGUES, 1999).

Ainda são escassas as informações relacionadas à utilização de indicadores microbiológicos de qualidade do solo para avaliar efeito de borda em fragmentos florestais e, em particular, em florestas decíduas. Dessa forma, estudos relacionados ao tema poderão contribuir de forma significativa para o avanço do conhecimento sobre a conservação e manejo desses ecossistemas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a atividade e biomassa microbiana do solo, como indicador de efeito de borda em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fragmentação Florestal

As Florestas Tropicais, apesar de cobrirem apenas cerca de 7% da superfície continental do planeta, possuem mais da metade da biota total encontrada. No entanto, ao longo do tempo, essas florestas vêm sendo reduzidas continuamente (WILSON, 1988). Segundo Myers et al. (2000), dentre os biomas da floresta tropical, a Floresta Atlântica é considerada um dos mais ameaçados de extinção, pois se encontra em avançado processo de degradação.

A Mata Atlântica é dominada pela Floresta Ombrófila Densa, que é característica das serras litorâneas, juntamente com outras formações florestais; pela Floresta Estacional Semidecidual, característica do interior; pela Floresta de Tabuleiros, que se distribui pelo Sul da Bahia, Espírito Santo e Norte do Rio de Janeiro; e pela Floresta de Araucárias, nos estados do sul do país (IBGE, 1999). Dentre estas fisionomias, a Floresta Estacional Semidecidual é a de maior distribuição original do bioma Mata Atlântica, ocorrendo em fragmentos isolados em várias regiões, desde o nordeste até o sul do país. Entretanto, também é a fisionomia mais desmatada do bioma, ocupando apenas pouco mais de 4% de sua cobertura original (IESB, 2007).

Na Bahia, esse histórico de degradação das matas também ocorre de maneira considerável. Mesmo as florestas localizadas em áreas de conservação, como o Parque Nacional da Chapada Diamantina e a Área de Preservação Ambiental Marimbus-Iraquara, estão sendo continuamente degradadas, o que afeta seriamente a estrutura da vegetação (JUNCA et al., 2005). Deste modo, a situação da Floresta Estacional Semidecidual localizada no estado da Bahia não difere da observada em outros biomas, apresentando remanescentes muito fragmentados e sob forte pressão da expansão urbana e agrícola.

A vegetação situada na zona de transição entre a Caatinga e a Floresta Atlântica, conhecida regionalmente como Mata de Cipó, encontra-se em avançado grau de desmatamento, como consequência da retirada de madeira e das atividades de agricultura e pecuária (MACEDO, 2007). Essa vegetação, que antes cobria toda

a extensão de vários municípios do estado da Bahia, por exemplo, Vitória da Conquista, Jequié e Maracás, vem sofrendo alterações com consequente redução da sua extensão, pela influência de ações antrópicas.

Um dos grandes desafios encontrados atualmente pelos profissionais que trabalham na área de conservação florestal é advindo da fragmentação, consequência do desmatamento contínuo, somada à falta de utilização de técnicas de conservação adequadas para a promoção da preservação dos fragmentos (SANTO, 2002). Dessa forma, devido à relevante importância do tema, nota-se um progressivo interesse no estudo das consequências da fragmentação florestal. Gradwohl e Greenberg (1991) relacionam essa mudança de comportamento ao reconhecimento de que uma importante parcela da biodiversidade, ainda pouco estudada, localiza-se em áreas que sofreram grandes perturbações, permanecendo somente pequenos remanescentes da floresta nativa.

Um fragmento florestal pode ser definido como qualquer área de vegetação natural contínua, interrompido por barreiras naturais ou antrópicas (VIANA, 1996). A fragmentação é considerada uma das principais causas dos desequilíbrios ambientais, no que diz respeito aos ecossistemas terrestres. Quanto mais isolado for um fragmento, menor será a probabilidade de ocorrer interações com os fragmentos vizinhos, o que interfere diretamente na perpetuação de espécies (RAMBALDI, 2003).

A fragmentação de um habitat promove o aumento da quantidade de margens, criando diferentes microambientes na borda do fragmento e no interior da floresta, ocasionando uma área de transição entre a floresta e o habitat ao redor (FERRAZ, 2011). O surgimento de fragmentos florestais acarreta na formação de uma borda, ou seja, uma região de comunicação entre o entorno (a área com agricultura, pastagem, estrada) e o remanescente florestal. Gehlhausen et al., (2000) descrevem o efeito de borda como sendo as diferenças de fatores bióticos ou abióticos que existem ao longo das margens de um fragmento em relação ao ambiente no interior. Esse efeito consiste na influência exercida pelo meio externo na parte marginal de fragmentos florestais, ocasionando transformações físicas e estruturais (TABANEZ et al., 1997).

Os efeitos ocasionados pela borda estão entre os fatores mais importantes relacionados às alterações nas áreas fragmentadas (NASCIMENTO; LAURANCE,

2006). Essas alterações ocorrem pelas interações entre fatores relativos ao processo de fragmentação, como influências da ação humana, diminuição da área florestal, maior exposição aos efeitos ocasionados pela borda e o isolamento (LAURANCE; YENSEN, 1991; VIANA; PINHEIRO,1998), dependendo do tipo de vegetação, estrutura e orientação borda (MATLACK, 1993; MURCIA,1995). Quanto menor a área do fragmento, maior a influência dos fatores externos, de modo que a dinâmica do ecossistema se torna susceptível às variações ambientais (YOUNG; MITCHELL, 1994; CASTRO, 2004). Para que haja a conservação do interior da floresta de forma a representar a floresta original, é importante, além de identificar e delimitar a borda e o interior da floresta, conhecer sua relação com o tamanho do fragmento florestal (YOUNG; MITCHELL, 1994).

2.2. Indicadores de efeito de borda

No ecossistema florestal, o efeito de borda pode se reproduzir de diferentes formas, tornando possível empregar diferentes indicadores para avaliar a magnitude das mudanças ocasionadas pela fragmentação florestal. De maneira geral, os estudos sobre efeito de borda relacionam o tipo e amplitude das interferências com padrões como tamanho, disposição e formato dos fragmentos florestais.

Na literatura, os parâmetros mais comumente avaliados como indicadores de efeito de borda, são: composição de espécies, estágio sucessional e fitomassa depositada. Exemplo disso são os trabalhos realizados por Vidal et al. (2007) e por Brasil et al. (2013), que estudaram diferenças na quantidade de serapilheira produzida na borda e no interior de fragmentos de Floresta Atlântica e de Cerradão; por Holanda et al. (2010), que empregaram o levantamento fitossociológico em espécies arbóreas para avaliar a similaridade florística entre borda e interior de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual; por Rigueti et al. (2013), que utilizaram o diâmetro das árvores como indicador do efeito de borda em fragmento de Mata Atlântica; e por Oliveira et al. (2013), que avaliaram a decomposição da serapilheira foliar como indicadora do efeito de borda, em um fragmento de Floresta Estacional, na região Sudoeste da Bahia.

No Brasil, de uma forma geral, ainda são escassos os estudos relacionados à avaliação do efeito de borda sobre a qualidade do solo e, em particular, sobre os

atributos microbiológicos do solo (FREITAS et al., 2008). Corroborando com essa informação, Malmivaara-Lämsä et al. (2008) destacam que os impactos dos efeitos de borda sobre a comunidade microbiana do solo ainda não são bem compreendidos e documentados. Verifica-se, portanto, a necessidade de um maior aprofundamento sobre o tema, para subsidiar o entendimento das reais consequências da fragmentação na dinâmica do solo em ambientes florestais fragmentados, para que sejam obtidas formas mais eficientes de conservação.

2.3. Atributos de qualidade do solo

O solo é um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre e representa um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos (LEITE; ARAÚJO, 2007). A qualidade do solo é definida por Doran et al. (1996) como sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema, desempenhando as funções de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal.

Assim, indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis do solo (ou da planta) acerca de um processo ou atividade, que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema (KARLEN et al., 1997). De acordo com Melloni et al. (2008), o uso de indicadores de qualidade do solo para a avaliação da sustentabilidade ambiental é de grande importância, pois o solo é um recurso natural, parte integrante do meio ambiente.

Os indicadores de qualidade do solo são úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente, pois alterações no solo podem interferir em sua estrutura e nos microrganismos ali presentes, impactando em sua fertilidade (BROOKES, 1995). Por essa razão, a avaliação da qualidade do solo é normalmente realizada com base em propriedades físicas, químicas e biológicas (DORAN; PARKIN, 1994).

2.3.1. Biomassa microbiana do solo

A matéria orgânica do solo (MO) é formada pela mistura de compostos em vários estágios de decomposição, que resultam da degradação biológica de resíduos de animais e principalmente de plantas, bem como da atividade de

microrganismos (STEVENSON, 1994). O tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores determinantes da quantidade e qualidade do material que se deposita no solo, determinando a heterogeneidade e taxa de decomposição (FAVORETTO, 2007).

A MO costuma ser considerada como um importante indicador de qualidade do solo, em decorrência de dois aspectos: a) o teor de matéria orgânica no solo é sensível, variando em função das práticas de manejo adotadas no solo (GREENLAND et al., 1992), e b) existe relação entre a MO e atributos associados a funções básicas do solo, podendo-se citar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, capacidade de troca de cátions e atividade biológica (MIELNICZUK, 1999).

Os microrganismos presentes no solo desempenham papel importante no ciclo de decomposição da matéria orgânica e proporcionam uma visão integrada da qualidade do solo. Além disso, as propriedades microbiológicas do solo são indicadores sensíveis e rápidos de perturbações e mudanças de uso da terra (ZORNOZA et al., 2009).

Frighetto (2000) descreve a biomassa microbiana como um componente vivo da matéria orgânica do solo, considerando-a útil para a obtenção de informações sobre mudanças no solo, que possibilitem detectar variações causadas por cultivos ou desmatamento. Compreender a dinâmica da biomassa microbiana do solo pode auxiliar em estudos que visam à conservação e melhor aproveitamento da matéria orgânica do solo (DE-POLLI; GUERRA, 2008).

Dados referentes à biomassa microbiana podem ser obtidos a partir da determinação dos teores de nitrogênio e de carbono microbiano (JOERGENSEN; BROOKES, 1990). Além disso, a respiração microbiana do solo costuma ser utilizada como uma ferramenta para avaliar a atividade microbiana, funcionando como um indicador de qualidade do solo, nos mais diversos ambientes (BINI et al., 2013).

Todavia, os valores absolutos de biomassa microbiana e a taxa de respiração (liberação de CO₂), podem não descrever de forma adequada a dinâmica de carbono e nitrogênio no solo. Assim, de forma complementar, costuma-se adotar a obtenção de índices microbianos pela associação dos resultados de respiração, C e N microbiano, com os teores de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, tendo em vista que estes são mais eficientes na avaliação da dinâmica da MO (GAMA-

RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008). Exemplos destes índices são o quociente metabólico (qCO_2) e as relações entre o carbono microbiano e o carbono orgânico total (CBM:C) e entre o nitrogênio microbiano e o nitrogênio total (NBM: N).

O qCO_2 é obtido pela relação entre a respiração acumulada e o carbono da biomassa microbiana, permitindo inferir acerca do estado metabólico dos microrganismos do solo (ANDERSON; DOMSCH, 1993). As relações CBM:C e NBM:N indicam a eficiência de conversão do carbono do solo em C microbiano e do nitrogênio do solo em N microbiano, respectivamente, além de expressarem a qualidade da matéria orgânica (WARDLE, 1994).

Diversos estudos foram realizados para avaliar alterações na biomassa microbiana, ocasionadas pela cobertura e uso do solo, podendo-se citar os trabalhos de Banning et al. (2011), em ecossistemas restaurados; de Gama-Rodrigues et al. (2008), em diferentes coberturas vegetais; de Araújo et al. (2008), em diferentes sistemas de cultivo; de Barreto et al. (2008), em plantações de eucalipto com diferentes idades; de Venzke Filho (2008), em sistemas de plantio direto; de Freitas et al. (2008), em áreas de floresta nativa e cultivo de cana-de-açúcar; e de Vasconcellos (2013), em áreas de mata ciliar, com diferentes idades de recuperação.

Assim, os indicadores biológicos são usados como ferramenta na compreensão do comportamento dos microrganismos do solo, pois podem indicar, por exemplo, a velocidade de decomposição da matéria orgânica e liberação de carbono e nutrientes para o solo (PADILHA et al., 2014). Por esse motivo, indicadores como a biomassa microbiana, respiração microbiana, atividade enzimática e quociente metabólico, são importantes tanto no que se refere à avaliação da ciclagem dos nutrientes, como também na estimativa da fertilidade do solo e potencial para o crescimento vegetal (ARAÚJO et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

A área de estudo localiza-se no município de Vitória da Conquista (BA), sobre o Planalto da Conquista, em altitudes que variam de 857 a 1.000 m. O município está inserido em um trecho de transição entre os biomas Caatinga e Mata Atlântica, sendo sua vegetação predominante a Floresta Estacional Semidecidual Montana, conhecida regionalmente como Mata de Cipó. O clima da região é o tropical de altitude (tipo *Cwb*, segundo classificação de Köppen), com média de temperatura de 25°C e precipitação anual de 850 mm.

A mata de cipó, do Planalto da Conquista, é uma floresta relativamente baixa, com árvores que apresentam altura média entre 10 e 15 metros, cerca de 50% de caducifolia decidual (SOARES FILHO, 2000) e predomínio das espécies: *Anadenanthera colubrina*, *Aspidosperma* spp., *Astronium* spp., *Eugenia* spp., *Erythroxylum* spp., *Ixora* sp., *Machaerium nyctitans*, *Machaerium acutifolium*, *Piptadenia* spp., *Pseudopiptadenia contorta* (SOARES FILHO, 2012).

3.2. Seleção dos fragmentos

Foram selecionados três fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, sendo um pequeno (7,3 ha), um de tamanho médio (45 ha) e um de tamanho grande (142 ha), com estrutura florestal visualmente semelhante (dada pela estratificação, porte das árvores e formas de vida presentes) e com estádios sucessionais e históricos de perturbação também similares. Os fragmentos selecionados também possuíam a mesma situação de entorno, que era predominantemente agropecuária, e solos, com textura argiloarenosa, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2006). Além disso, os fragmentos apresentavam características diferentes em relação à paisagem: o fragmento pequeno (fragmento 1) e o fragmento médio (fragmento 2) eram totalmente isolados de outras manchas florestais, por áreas de agropecuária, enquanto o fragmento grande (fragmento 3) era conectado por meio de corredor florestal a dois fragmentos menores, que não foram avaliados no presente estudo.

O fragmento 1 está localizado nas proximidades da BR 116 (14° 56' 40" S e 40° 53' 50" W). O fragmento 2 está situado no Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *Campus* de Vitória da Conquista (14° 52' 46" S e 40° 47' 34" W). O fragmento 3 localiza-se nas proximidades da BA - 263, entre os municípios de Vitória da Conquista e Barra do Choça (14° 52' 53" S e 40° 41' 33" W).

Para a caracterização da condição dos fragmentos na paisagem (Tabela 1), foi utilizado o *software* Trakemaker Pro, empregando-se imagens do Google Earth do último trimestre de 2014, a partir do qual foram obtidas: área total de cada fragmento (ha); área nuclear (ha) – área do fragmento excluindo-se bordas de 50 m (MURCIA, 1995); distância de cada fragmento a outros fragmentos florestais maiores que 50 ha (ISO) e proximidade de fragmentos florestais (PROX) – obtida pela fórmula $PROX = \sum (A/D^2)$, onde A corresponde à área do fragmento vizinho (m²) e D a distância borda a borda entre o fragmento principal e o fragmento vizinho, considerando um raio máximo de 800 m da borda, como adotado por Vidal et al. (2007).

Tabela 1 – Índices referentes à configuração espacial dos fragmentos estudados (Vitória da Conquista, BA)

Fragmento	Área (ha)		Elevação (m)	ISO (m)	PROX ⁽¹⁾ (m)
	Total	Nuclear			
1	7,3	2,5	890	683,0	0,16
2	45,0	32,0	915	661,5	2,87
3	142,0	113	930	342,5	29,48

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

⁽¹⁾ISO = índice de isolamento e PROX = índice de proximidade.

3.3. Delimitação das faixas de amostragem

Em cada um dos fragmentos florestais foram definidas três faixas de amostragem: (1) borda – posicionada na extremidade da mata, a 0-10 m da borda; (2) transição – faixa intermediária, alocada a 40-50 m da borda, representando uma zona de transição dentro da mata; (3) interior – correspondendo à matriz do fragmento, localizada na metade da distância total entre extremidades de cada

fragmento, no sentido de caminamento da demarcação das faixas (180, 400, e 500m, respectivamente, para os fragmentos 1, 2 e 3).

3.4. Coleta de solo e serapilheira

As amostragens de solo foram realizadas em setembro de 2015. Em cada uma das faixas, foram instaladas, aleatoriamente, três parcelas (10 x 30 m). Em cada parcela coletaram-se 10 amostras simples de solo para formar uma composta, da camada 0-10 cm. A coleta de serapilheira foi realizada utilizando-se um gabarito quadrado de madeira, com área de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), que foi lançado aleatoriamente com três repetições por faixa.

3.5. Análise química do solo

As amostras de solo foram analisadas para determinação de: P e K (extraíveis por Mehlich-1), Ca, Mg, Al (trocáveis, por KCl 1 mol L⁻¹), segundo Defelipo e Ribeiro (1981), C orgânico por oxidação com K₂Cr₂O₇ 1,25 mol_c L⁻¹ em meio ácido (ANDERSON; INGRAM, 1996), N total pelo método Kjeldahl, pH (em água) e granulometria, conforme descrito por EMBRAPA (1997). Assim, a Tabela 2 apresenta a caracterização química e granulométrica do solo (camada 0-10 cm) nas diferentes faixas dos três fragmentos florestais estudados.

3.6. Análise da biomassa microbiana do solo

Para as avaliações da biomassa microbiana, as amostras de solo foram homogeneizadas e passadas em peneira com malha de 2mm, incubadas por sete dias em recipiente contendo um frasco com água e outro com NaOH 1 mol L⁻¹, para absorver o CO₂ do solo e eliminar o efeito do peneiramento, já que este fragmenta a matéria orgânica do solo, tornando-a mais disponível ao ataque microbiano. Os teores de umidades foram ajustados para 40% da capacidade de saturação

Tabela 2 – Caracterização química e composição granulométrica do solo em três fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, na região Sudoeste do estado da Bahia

Faixa	pH	P mg dm ⁻³	Al	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Argila	Areia	Silte
			cmolcdm ³							gKg ⁻¹	
Fragmento 1⁽²⁾											
Borda	4,6	3,0	1,2	0,12	0,02	1,1	0,41	11,6	454,8	518,0	27,2
Transição	4,4	3,2	1,5	0,11	0,03	0,7	0,26	11,2	450,0	516,4	33,6
Interior	4,6	3,4	1,2	0,10	0,02	0,8	0,39	8,9	451,1	273,0	275
Fragmento 2											
Borda	5,2	3,6	0,3	0,16	0,02	2,1	0,63	6,9	229,9	740,9	29,2
Transição	5,0	4,2	0,5	0,11	0,01	1,9	0,51	6,8	211,8	762,4	25,9
Interior	5,0	5,8	0,3	0,17	0,02	2,2	0,62	7,9	155,4	833,0	11,7
Fragmento 3											
Borda	4,8	3,4	0,9	0,13	0,02	1,2	0,51	9,1	361,6	610,6	27,8
Transição	4,6	2,8	1,4	0,10	0,02	0,7	0,28	11,7	385,7	586,9	27,4
Interior	4,7	3,2	1,2	0,11	0,01	0,7	0,38	9,4	308,8	671,7	19,5

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

⁽²⁾Fragmento 1 – fragmento de tamanho pequeno (7,3 ha); Fragmento 2 – fragmento de tamanho médio (45 ha); Fragmento 3 – fragmento de tamanho grande (142 ha).

A biomassa microbiana do solo foi determinada pelo método da fumigação-extração, adotando-se o proposto por Tate et al. (1988), para C, e Joergensen e Brookes (1990), para N.

A atividade microbiana foi medida em termos de respiração do solo (CO₂ liberado), conforme proposto por Jenkinson e Powlson (1976). Assim, a respiração do solo foi estimada pela quantidade de CO₂ liberado num período de sete dias de incubação, a partir do uso de jarras contendo dois frascos de vidro, um com solo (50g) e outro com 10 ml de NaOH 1 mol L⁻¹. As jarras foram hermeticamente fechadas e após o período de incubação e tituladas com HCl 0,5 mol L⁻¹, usando-se 2 gotas do indicador fenolftaleína.

A partir dos dados obtidos, foram determinados os índices microbiológicos: relações C da biomassa microbiana/C orgânico (CBM:C), N da biomassa microbiana/ N total (NBM: N), C da biomassa microbiana/ N da biomassa microbiana (C: N mic), e quociente metabólico (qCO₂), calculado pela relação entre a respiração acumulada e o C da biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993), e expresso em mg CO₂ g⁻¹ CBM dia⁻¹.

3.7. Análise dos dados

Para comparar os atributos e índices microbiológicos do solo entre as faixas de cada fragmento florestal, foi utilizado o teste t de Student a 5% de significância, utilizando o programa estatístico SAEG® v. 9.1. De forma complementar, os dados dos atributos microbiológicos e químicos do solo foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), com o objetivo de condensar a variação multidimensional dos mesmos em um diagrama, ordenando os tratamentos nos componentes, de acordo com suas similaridades em torno das variáveis utilizadas (TER BRAAK, 1986). Na ACP foi empregado o programa Canoco® v.5.0.

Além disso, foram estabelecidas correlações de Pearson a 5% de significância entre atributos químicos e microbiológicos do solo, também com auxílio do programa SAEG® v.9.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos estudados são de elevada acidez e baixa a média fertilidade. Apresentam teores de argila variando entre 199 g kg⁻¹ (fragmento 2) e 452 g kg⁻¹ (fragmento 1), com valores intermediários no fragmento 3 (média de 352 g kg⁻¹) (Tabela 2). Os teores de N total são bastante próximos entre os fragmentos (média de 1,6 g kg⁻¹), enquanto os teores médios de C orgânico vão de 21,2 g kg⁻¹, no fragmento 2, a 47,3 g kg⁻¹, no fragmento 3 (Tabela 3). Rangel et al. (2007), realizando estudo em Latossolo Vermelho com textura argilosa (camada 0-10 cm), sob Floresta Estacional Semidecidual no estado de Minas Gerais, observaram teores de C orgânico e N total, próximos aos valores médios encontrados no presente trabalho (38,9 e 1,4 g kg⁻¹, respectivamente).

O acúmulo médio de serapilheira foi de 4,4 ± 1,6 Mg ha⁻¹ no fragmento 1; 4,3 ± 0,5 Mg ha⁻¹ no fragmento 2; e 3,4 ± 0,9 Mg ha⁻¹ no fragmento 3. No fragmento 1, obteve-se maior quantidade de serapilheira na borda (6,2 Mg ha⁻¹), que diferiu estatisticamente da faixa de transição e do interior, enquanto nos demais fragmentos não houve variação significativa entre faixas (Tabela 3). Portela e Santos (2007), estudando fragmentos florestais de Mata Atlântica, encontraram padrão similar ao deste estudo em fragmentos de tamanho pequeno (maior estoque de serapilheira na borda em relação ao interior), verificando o inverso em fragmentos maiores.

Em geral, os fragmentos 1 e 3 apresentaram as maiores médias para os teores de CBM e para a relação C: N microbiana, em relação ao fragmento 2 (Tabela 3). Este resultado pode estar relacionado à granulometria dos solos estudados, uma vez que houve correlação positiva significativa entre os teores de argila e os resultados de CBM ($p < 0,05$, $r = 0,50$) e de relação C:N_{mic} ($p < 0,05$, $r = 0,49$), o que sugere que solos mais argilosos favorecem o estabelecimento da comunidade de microrganismos edáficos. O maior teor de argila confere ao carbono orgânico uma maior proteção coloidal, tornando a decomposição do material orgânico mais difícil (WENDLING et al., 2005). Tal proteção estaria favorecendo o aumento do volume de substrato para o metabolismo dos microrganismos e, conseqüentemente, o aumento da imobilização de carbono e nitrogênio pela biomassa microbiana do solo (JENKINSON; RAYNER, 1977; GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008).

Tabela 3 – Carbono orgânico, nitrogênio total, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respiração acumulada e índices microbiológicos do solo em três fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, na região Sudoeste do estado da Bahia.

Faixa	Serap. Mg ha ⁻¹	C — g kg ⁻¹ —	N	CBM ————— μg g ⁻¹ —————	NBM	RA	C:N _{mic}	CBM:C ————— % —————	NBM:N	qCO ₂ mg g ⁻¹ dia ⁻¹
Fragmento 1⁽²⁾										
Borda	6,1a	38,6a	2,4a	275,9a	66,5a	215,2a	4,6a	0,71a	3,6b	306,2a
Transição	3,1b	41,4a	1,7a	247,3a	86,6a	101,9a	5,2a	0,58a	3,1b	165,9ab
Interior	4,1b	38,9a	1,9 a	174,3a	57,8a	85,4a	2,4a	0,45a	6,1a	67,6b
<i>Média</i>	4,4A	39,6A	2,02A	232,5A	70,3A	134,2A	4,0A	0,58A	4,29A	179,89A
Fragmento 2										
Borda	4,6a	21,3a	1,1a	163,7a	47,5a	120,3a	2,8a	0,76a	4,5a	129,5ab
Transição	3,7a	31,6a	1,1a	137,8a	40,9a	160,9a	3,3a	0,43a	3,7a	207,1a
Interior	4,7a	31,8a	1,6a	176,6a	69,6a	137,6a	2,6a	0,56a	5,0a	103,9b
<i>Média</i>	4,3A	61,7B	1,29A	159,4A	52,7A	139,6AB	2,9A	0,84B	4,40A	146,83B
Fragmento 3										
Borda	2,5a	42,9a	1,4a	331,9a	56,9a	110,4a	5,5a	0,78a	4,8a	84,6b
Transição	4,3a	47,2a	1,6a	166,1ab	48,7a	94,9a	3,9ab	0,35b	3,7a	149,7b
Interior	3,4a	51,8a	1,5a	115,7b	65,4a	141,7a	1,71 b	0,23b	4,8a	257,4a
<i>Média</i>	3,4A	47,3AB	1,53A	204,6A	57,0A	115,7B	3,7A	0,45AB	4,44A	163,91AB

Fonte: Elaborado pela autora (2016).

⁽²⁾Fragmento 1 – fragmento de tamanho pequeno (7,3 ha); Fragmento 2 – fragmento de tamanho médio (45 ha); Fragmento 3 – fragmento de tamanho grande (142 ha); Serap. – Serapilheira acumulada; C – Carbono orgânico; N – Nitrogênio total; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; RA – Respiração acumulada; C: N_{mic} – relação C da biomassa microbiana: N da biomassa microbiana; CBM:C – relação C da biomassa microbiana: C orgânico; NBM: N – relação N da biomassa microbiana: N total; qCO₂ - Quociente metabólico. Médias seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

Nesse contexto, Gama-Rodrigues et al. (2005), em solos sob plantações de eucalipto, e Bittar et al. (2013), em áreas de Cerrado, observaram que a variação dos teores de C e N da biomassa microbiana e da atividade microbiana, respectivamente, foram influenciadas pelos teores de argila do solo.

Em relação aos teores de CBM de cada uma das áreas estudadas, apenas no fragmento 3 foi verificada variação entre as faixas, com maior valor na borda ($331,9 \mu\text{g g}^{-1}$) em relação ao interior ($115,7 \mu\text{g g}^{-1}$). Tendência semelhante foi encontrada por Freitas et al. (2008), em um remanescente de Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa), no estado de Pernambuco, que observaram maiores valores para o CBM na borda ($662,70 \mu\text{g g}^{-1}$) em relação ao interior do fragmento ($367,57 \mu\text{g g}^{-1}$). Segundo os autores, os maiores valores de CBM encontrados na borda do fragmento em relação ao interior estão relacionados à maior disponibilidade de carbono na borda ($63,49 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao interior ($30,59 \text{ g kg}^{-1}$). No entanto, no presente estudo não foi verificada variação significativa do teor de carbono entre faixas de cada um dos fragmentos avaliados.

Os resultados de NBM e respiração acumulada (RA) não mostraram diferenças significativas entre as faixas de nenhum dos três fragmentos estudados (Tabela 3), com médias de $70,3$ e $134,2 \mu\text{g g}^{-1}$ (fragmento 1), de $52,7$ e $139,6 \mu\text{g g}^{-1}$ (fragmento 2) e de $57,0$ e $115,7 \mu\text{g g}^{-1}$ (fragmento 3), respectivamente. Resultados semelhantes aos deste trabalho foram reportados por Silva et al. (2012), que não observaram diferenças significativas quanto ao NBM entre florestas secundárias em diferentes estádios sucessionais: inicial (37 mg kg^{-1}), médio (48 mg kg^{-1}) e avançado (35 mg kg^{-1}).

A relação NBM:N mostrou distinção entre faixas apenas no fragmento menor, variando de $3,1$ a $6,1 \%$, com maior valor no interior e menores na borda e faixa de transição (Tabela 3), o que sugere maior eficiência da biomassa na conversão do nitrogênio do solo em N microbiano, nas condições do interior. Silva et al. (2007) relataram maiores valores de relação NBM:N em solo sob cerrado ($5,84\%$) em comparação a sistemas de cultivo convencionais (média de $2,80\%$).

Por outro lado, a relação CBM:C variou significativamente apenas no fragmento maior, com menor valor no interior e transição ($0,23\%$) em relação à borda ($0,78\%$). Isso é um indício de que, nas condições de borda, a biomassa microbiana está atuando sobre uma matéria orgânica de melhor qualidade, uma vez

que maiores valores desta relação indicam maior eficiência de conversão do carbono do solo em C microbiano (WARDLE, 1994). Nesse sentido, Malmivaara-Lämsä et al. (2008), avaliando fragmentos florestais urbanos de vegetação boreal na Finlândia, observaram que a relação C:N do solo aumentou no sentido borda-interior dos fragmentos. Entretanto, no presente estudo, a relação C:N do solo pouco variou dentro dos fragmentos, apresentando, no fragmento maior, valores de 30,6 (borda), 29,5 (transição) e 34,5 (interior).

Araújo et al. (2008) destacam que a relação CBM:C é um indicador da disponibilidade de carbono para microrganismos, aporte de matéria orgânica para o solo, eficiência de conversão de biomassa microbiana e estabilização do carbono no solo. Sampaio et al. (2008), avaliando indicadores biológicos de qualidade do solo, encontraram menores valores de relação CBM:C em solo sob área de vegetação nativa (transição entre Cerrado e Caatinga) (média de 0,39 %) e valores mais elevados em solo sob sistema convencional de cultivo (média de 1,34%).

Para a relação C:N_{mic}, houve diferenças significativas entre faixas apenas no fragmento 3, sendo menor no interior (1,7) em relação à borda (5,5) (Tabela 3).

Esta relação demonstra a eficiência da biomassa microbiana em imobilizar carbono e nitrogênio do solo (WARDLE, 1992). Sendo assim, os resultados observados indicam que a atuação da microbiota edáfica na borda, quando comparada ao interior, está sendo dificultada por uma maior recalitrância da matéria orgânica ou ainda por outra condição de estresse.

A ausência de variação dos teores de CBM e dos índices C:N_{mic} e CBM:C entre as faixas dos fragmentos 1 e 2 pode estar relacionada à influência do tamanho e isolamento dos fragmentos (Tabela 1), que tornou a faixa de transição e o interior destes fragmentos mais suscetíveis às mudanças ocasionadas pelo efeito de borda. Ou seja, isso estaria propiciando um estado mais vulnerável de conservação em toda a extensão dos fragmentos 1 e 2, enquanto o fragmento 3, por possuir maior área e índice de proximidade (Tabela 1), estaria permitindo maior preservação das características do seu interior, diferindo assim da borda. Oliveira e Mattos (2014) destacam que fragmentos menores tendem a sofrer maiores interferências de fatores externos e, por essa razão, a dinâmica interna acaba perdendo força para a influência que o entorno do fragmento exerce. Para Laurence et al. (2002), as

maiores influências do meio externo são detectadas até 100 m de distância da borda.

O qCO_2 foi o índice que se mostrou mais responsivo às variações do ambiente, por apresentar diferenciação entre as faixas dos três fragmentos estudados. Nos fragmentos 1 e 2, os menores valores foram observados no interior, com pequena variação entre borda e transição, que apresentaram maiores valores (Tabela 3). Esse resultado sugere que nas faixas mais próximas à borda, a população microbiana do solo encontra-se em uma condição mais estressante, ocasionada pela maior influência do meio externo.

Freitas et al. (2008) observaram maior atividade microbiana na borda quando comparada ao interior de um fragmento de Floresta Atlântica, atribuindo o resultado ao efeito do estresse sobre os microrganismos do solo, o que resulta em alta ciclagem dos nutrientes. Jakelaitis et al. (2008), avaliando a qualidade de solos sob diferentes coberturas vegetais, verificaram menores valores de qCO_2 em vegetação nativa ($0,05 \mu g \mu g^{-1} dia^{-1}$) em comparação a áreas de pastagem ($0,17 \mu g \mu g^{-1} dia^{-1}$) e de cultivo de milho ($0,18 \mu g \mu g^{-1} dia^{-1}$). Islam e Weil (2000) observaram valores de qCO_2 significativamente maiores em solos com cultivo convencional em relação a solos sob culturas perenes, constatando a eficiência da utilização do qCO_2 como indicador de estresse ou desequilíbrios funcionais no ambiente.

Todavia, tendência contrária foi observada no fragmento 3, com maiores valores de qCO_2 no interior e menores na borda e transição (Tabela 3). Esse resultado pode estar relacionado a diferenças na relação C:N do solo entre as faixas de amostragem do fragmento, uma vez que foi verificada correlação positiva significativa entre o qCO_2 e a relação C:N do solo sob este fragmento ($p < 0,05$, $r = 0,73$). De acordo com Paul (2016), a respiração do solo e, como consequência, o quociente metabólico, são influenciados por diversos fatores do solo, como umidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes e relação C:N.

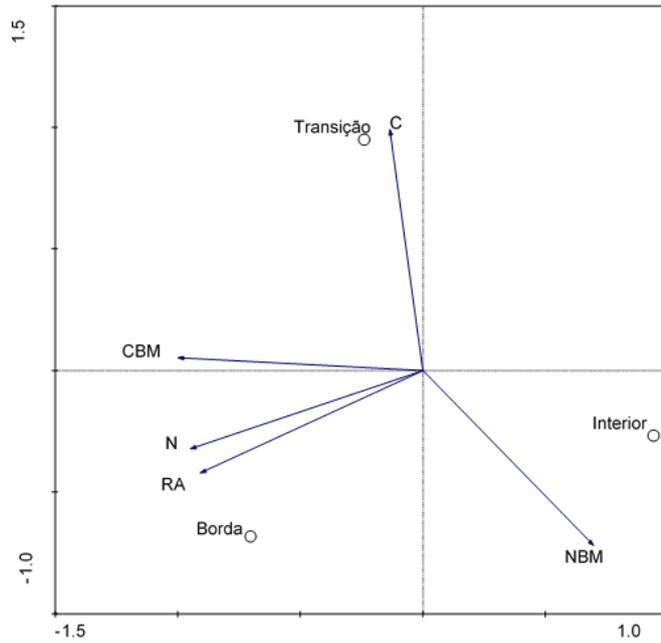
Costa et al. (2006) observaram maior atividade microbiana em áreas de Cerrado nativo e sob semeadura direta com milho (maior adição de restos culturais com maior relação C:N) em relação à área sob preparo convencional com milho.

Dinesh et al. (2003), avaliando a influência do uso da terra sobre a atividade microbiana, observaram valores de qCO_2 significativamente maiores em floresta nativa em comparação a plantações de duas espécies florestais (*Pterocarpus*

dalbergioides e *Tectona grandis*), relatando que provavelmente a disponibilidade e qualidade da matéria orgânica do solo desempenhou papel determinante no resultado observado.

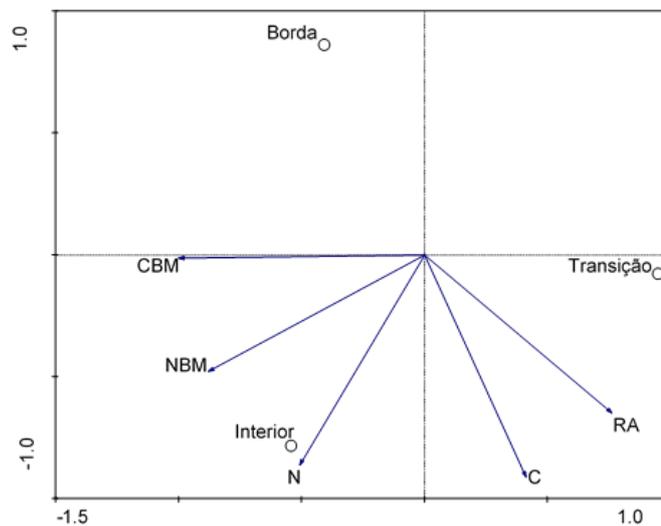
Para o fragmento menor (Figura 1), a ACP apresentou autovalores de 64,4% para o primeiro eixo (horizontal, CP1) e 35,6% para o segundo eixo (vertical, CP2). A dispersão gráfica demonstra que houve dissimilaridade entre borda, transição e interior do fragmento (Figura 1). A localização do interior à direita do diagrama, próximo de CP1, é decorrente dos valores de CBM, RA e N, verificados nesta faixa, tendo em vista que estas variáveis foram as mais importantes para a explicação da variância do primeiro eixo. Estas mesmas variáveis também explicam o posicionamento da borda à esquerda do gráfico, entre CP1 e CP2. Por sua vez, a localização da transição também à esquerda, bem próxima de CP2, demonstra que o C orgânico, atributo mais correlacionado com o segundo eixo, foi a característica de maior influência para a diferenciação dessa faixa.

Na ACP do fragmento médio (Figura 2) os autovalores encontrados foram de 55,6% (CP1) e 44,4% (CP2). O posicionamento da transição à direita do diagrama de ordenação, próxima de CP1, demonstra que CBM, RA e NBM, atributos mais correlacionados com o primeiro eixo, foram as características de maior influência para a diferenciação dessa faixa. Por sua vez, a localização à esquerda do gráfico da borda (quadrante superior) e do interior (quadrante inferior), próximas de CP2, foi determinada pelas variáveis N total e C orgânico.



C – Carbono orgânico; N – Nitrogênio total; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; RA – Respiração acumulada em relação a borda, transição e interior do fragmento 1.

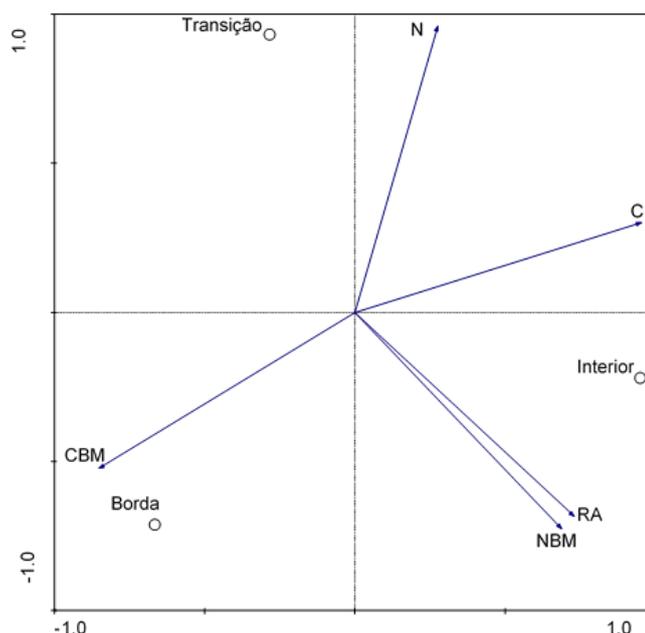
Figura 1 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais dos atributos do solo nas faixas amostrais do fragmento pequeno.



Carbono orgânico; N – Nitrogênio total; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; RA – Respiração acumulada em relação a borda, transição e interior do fragmento 2.

Figura 2 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais dos atributos do solo nas faixas amostrais do fragmento médio.

Em relação ao fragmento grande (Figura 3), na ACP foram obtidos autovalores de 54,3%, para CP1, e 45,7%, para CP2. Para o primeiro eixo, as variáveis mais discriminantes na avaliação da variação entre as faixas foram C orgânico e RA, enquanto para CP2 foram N total e NBM, as variáveis mais importantes. A localização da borda à esquerda do gráfico, próximo de CP1, demonstra que o CBM foi a característica de maior influência para a diferenciação dessa faixa.



C – Carbono orgânico; N – Nitrogênio total; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; RA – Respiração acumulada em relação a borda, transição e interior do fragmento 3.

Figura 3 – Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais dos atributos do solo nas faixas amostrais do fragmento grande.

Nos três fragmentos florestais, a ACP mostrou baixo agrupamento das faixas, que se distribuíram por quadrantes distintos, embora com ligeira aproximação das características da borda em relação à transição, o que indica dissimilaridade entre as faixas no que diz respeito aos atributos avaliados. Tal resultado sugere diferenciação da eficiência da biomassa microbiana do solo, na imobilização de C e N, nas três condições consideradas. Silva et al. (2012) trabalhando em solos de floresta nativa e de áreas agrícolas e de pastagem, verificaram que os conteúdos de CBM, NBM e enzima arilsulfatase, foram os atributos de maior correlação com o primeiro eixo de ordenação, permitindo a diferenciação de dois grupos, um formado

pelas áreas agrícolas e outro pela floresta e pasto. Barreto et al. (2008), também utilizando a análise de componentes principais para interpretar a relação de atributos químicos e microbianos em solos sob plantações de eucalipto com diferentes idades, observaram que os teores de C orgânico e N total foram os atributos de maior correlação com o primeiro eixo, concluindo que estes foram indicadores mais discriminantes que a biomassa microbiana, para aferir variações entre as plantações.

Os resultados obtidos neste estudo revelam que o tamanho do fragmento condiciona o grau de influência do meio externo, levando fragmentos menores a uma condição de efeito de borda semelhante em toda a sua extensão e, conseqüentemente, um menor estado de conservação. Dessa forma, em fragmentos grandes, a maior distância borda-interior estaria favorecendo a manutenção das características naturais da biomassa microbiana do solo no seu interior, pelo menor efeito do ambiente externo.

5. CONCLUSÃO

O CBM, $q\text{CO}_2$, e as relações C:N_{mic}, CBM:C são indicadores discriminantes do efeito de borda na qualidade do solo dos fragmentos florestais estudados.

A análise integrada de diferentes atributos microbiológicos do solo mostra-se adequada para avaliar o efeito de borda em fragmentos florestais.

O tamanho dos fragmentos e o seu isolamento condicionam o nível de influência do efeito de borda sobre a biomassa e atividade microbiana do solo, o que reflete em maior vulnerabilidade dos fragmentos menores às ações do meio externo em toda a sua extensão, e maior capacidade dos fragmentos maiores em preservar as características nativas do seu interior.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; UOKA, M. M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.
- ANDERSON J. D., INGRAM J. S. I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. Ed. Wallingford. **CAB International**, 1996, 171 p.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic in arable soils. **Soil Biology e Biochemistry**., v. 21, p. 474-479, 1989.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient from CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n.3, p. 393-395, 1993.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: Conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada Agrotecnologia**., v. 5, p. 187-196, 2012.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. n. 31, p.1099-1108, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V.B.; MONTEIRO, R.T.R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in PiauÍ state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, n. 2, p. 225-230, 2008.
- BANNING, N. C.;GLEESON, D. B.;GRIGG, A. H.;GRANT, C.D.;ANDERSEN, G. L.; BRODIE, E. L.; MURPHY,D. V. Soil Microbial Community Successional Patterns during Forest Ecosystem Restoration. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 77, n. 17, p. 6158–6164, 2011.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade Microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p. 611-619, 2008.
- BARROS, F. A. **Efeito de borda em fragmentos de Floresta Montana, Nova Friburgo**, Rio de Janeiro: UFF. 2006. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense.
- BINI, D.; SANTOS, C.A.; CARMO, K.B.; KISHINO, N.; ANDRADE, G.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M.A. Effects of land use on soil organic carbon and microbial

processes associated with soil health in southern Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 55, p. 117-123, 2013.

BITTAR, I. M. B.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F. Influência da textura do solo na atividade microbiana, decomposição e mineralização do carbono de serapilheira de sítios do bioma Cerrado sob condições de incubação. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1952-1960, 2013.

BRASIL, L. S.; GIEHL, N. F. S. SANTOS, J. O.; SANTOS, A. O. MARIMON B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H. Efeito de borda sobre a camada de serapilheira em área de cerradão no leste de Mato Grosso. **Revista Biotemas**, v. 26, p. 3, 2013.

BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, v. 19, p. 269-279, 1995.

CASTRO, G. C. **Análise da estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo de corredores de vegetação na região do Alto Rio Grande, MG**. Minas Gerais: UFLA. 2004. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 631-637, Jun. 2009.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1185-1191, 2006.

DEFELIPO B.V, RIBEIRO A.C. **Análise química do solo**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa; (Boletim de Extensão, 29), 1981, 17 p.

DE-POLLI, H.; GERRA, J.G.M; Carbono, Nitrogênio e Fósforo da Biomassa Microbiana do solo. In: SANTOS, A.S; SILVA, S. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. DE O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. Porto Alegre: 2008, p. 159–168.

DINESH, R.; GHOSHAL CHAUDHURI, S.; GANESHAMURTHY, A.N. & CHANCHAL DEY. Changes in soil microbial indices and their relationships following deforestation and cultivation in wet tropical forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 17-26, 2003.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science**. Soc. Am., 35:3-21, 1994.

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

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA Solos UEP Recife. **Levantamentos de solos dos estados do Nordeste**. 2006. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>>. Acesso em: 24 mai., 2016.

FAVORETTO, C. M. **Caracterização da matéria orgânica humificada de um Latossolo Vermelho Distrófico através de espectroscopia de fluorescência induzida por laser**. Ponta Grossa. 2007. 96 p. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

FERRAZ, A. C. P. Efeitos de Borda em Florestas Tropicais sobre artrópodes, com ênfase nos dípteros ciclórrafos. **Oecologia Australis**, v. 15 n. 2, p. 189-198, Jun. 2011.

FREITAS, N.O.; SILVA, F.S.B.; MAIA L.C. Edge Effects on Soil Biochemical and Microbiological Activities in an Atlantic Florest Fragnmet in the State of Pernambuco, Brasil. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, (Special Issue 1), p. 62-67, 2008.

FRIGHETTO, R.T.S. XVIII. Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação extração. In: FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. (Coords). **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 157-166. (Embrapa Meio Ambiente Documentos, 21), 2000.

GEHLHAUSEN, S. M.; SCHWARTZ, MARK W.; AUGSPURGER, CAROL K. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. **Plant Ecology**, v. 147, p. 21–35, 2000.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S. Alterações edáficas sob plantios puros e mistos de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 581-592, 1999.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa Microbiana e Ciclagem de Nutrientes. In: SANTOS, A.S; SILVA, S. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. DE O. (Eds.). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. Porto Alegre: 2008, p. 159–168.

GRADWOHL, J.; GREENBERG, R. Small forest reserves: making the best of a bad situation. **Climatic change**, v. 19, p. 235-256, 1991.

GREENLAND, D.J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics: from myth to complex reality. In: LAL, R.; SANCHES, P. A. (Ed). **Myths and science of soils of the tropics**. Madison: SSSA/ASA. p. 17-33, 1992.

GRISI, B.M. Biomassa e a atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. **Revista Nordestina de Biologia**. v. 10, p. 1-22, 1995. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/revnebio/article/view/16564>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

HOLANDA, A. C; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SANTOS, M. S.; MELO, C. L. S. M. S. de; PESSOA, M. M. L. Estruturas de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 103-114, 2010.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. IBGE, Série Manuais técnicos em Geociências nº7. Rio de Janeiro, 1999.

IESB, Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia; Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://ambienteduran.eng.br/system/files/publicador/PUBLICACOES/MATA%20ATLANTICA%20relatorio_final.pdf>. Acesso em: 05 de nov. 2014.

ISLAM, K.R., WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a Tropical Forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystem sand Environment**, v. 79, p. 9–16, 2000.

JAKELAITIS, A, SILVA A.A, SANTOS, J.B, VIVIAN R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e em áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 38, p. 118-127, 2008.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Eds.) **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v. 5, p. 415-47, 1981.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. **Soil Biology e Biochemistry**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

JENKINSON, D. S.; RAYNER, J.H. The Turnover of soil organic matter in some of the rothamsted classical experiments. **Soil Science**, v 123, n. 5, 1997.

JOERGENSEN, R. G, BROOKES PC. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K₂SO₄ soil extracts. **Soil Biology e Biochemistry**. v. 22, p. 1033-1027, 1990.

JUNCA, F. A.; FUNCH, L.; ROCHA, W.; Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina, Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 2005, 411p.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

LAURANCE, W. F.; CAMARGO, J.L.; LUIZÃO, R. C.; LAURANCE, S. G.; PIMM; STUART L.; BRUNA, E.M.; STOUFFER, P.C.; WILLIAMSON, B.; BENÍTEZ-MALVIDO, J., VASCONCELOS, H. L.; HOUTAN, K. S. VAN; ZARTMAN, C; BOYLE, S. A, DIDHAM, R. K.; ANDRADE, A., LOVEJOY, T.E. Rain-forest fragmentation and the phenology of Amazonian Tree Communities. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 343–347, 2003.

LAURANCE W. F.; CAMARGO, J. L. C.; LUIZÃO R. C. C.; LAURANCE, S. G.; PIMM, S. L., BRUNA E. M.; STOUFFER P. C.; WILLIAMSON B.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; VASCONCELOS, H. L.; HOUTAN, K. S.; ZARTMAN, C. E.; BOYLE, S. A.; DIDHAM, R. K.; ANDRADE, A.; LOVEJOY, T. E. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. **Biological Conservation**. v. 144, p. 56–67, 2011.

LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. W.; LOVEJOY, T. E. An Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation Biology**., v. 12, p. 460-464, 1998.

LAURANCE W.F., LOVEJOY T. E., VASCONCELOS, H. L., BRUNA, E. M., DIDHAM, R. K., STOUFFER, P. C., GASCON, C., BIERREGAARD, R. O, LAURANCE, S. G., SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605–18, 2002. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1523-1739.2002.01025.x/full>. Acesso em: 22 de jun. 2016.

LAURANCE, W. F.; YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**. v. 55, p. 77–92, 1991.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. **Ecologia Microbiana do Solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Meio-Norte - Documento 164. Teresina, PI. Dezembro, 2007.

MACEDO, G. E. L. **Composição Florística e Estrutura do componente arbóreo-lianescente de um Trecho de Floresta Estacional Semidecidual no Município de Jequié, Bahia, Brasil**. Recife: UFPE. 2007,125 p. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MATLACK, G. R. Microenvironment variation within and among forest edge sites in the eastern United States. **Biological Conservation**, v. 66, p. 185–194, 1993.

MALMIVAARA-LÄMSÄ, M.; HAMBERG, L.; HAAPAMÄKI, E.; LISKI, J. I; KOTZE, D.J.; LEHVÄVIRTA, S.; FRITZE, H. Edge effects and trampling in boreal urban forest fragments – impacts on the soil microbial community. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 40, p. 1612–1621, 2008.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis. p.1-8, 1999.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. 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 Ciência do Solo**, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Biomas do Brasil: Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 23 mar. 2013.

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

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology e Evolution*, v. 10, p. 58-62, 1995.

MYERS, N.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 43, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de Floresta de Terra-Firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 183 – 192, 2006.

OLIVEIRA, C.V; BARRETO, P.A.B; GOMES, A, S; GUIMARÃES, S.O. Efeito de borda e decomposição da serapilheira foliar de um fragmento florestal, em Vitória da Conquista. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer; v.9, n.17, p. 1150, 2013.

OLIVEIRA, F. F. G.; MATTOS, J. T. Análise ambiental de remanescentes do bioma Mata Atlântica no litoral sul do Rio Grande do Norte – NE do Brasil. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 165-183, 2014. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/81095>. Acesso em: 09 de jun. de 2016.

PABST, H.; GERSCHLAUER, F.; KIESE, R.; KUZUYAKOV, Y. Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, Tanzania. **Land Degradation Developoment**, v. 27, p. 592–602, 2016.

PADILHA, K. M.; FREIRE, M. B. G. S.; DUDA, G. P.; SANTOS, U. J.; SILVA, A. O.; SOUZA, E. R. Indicadores Biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 1377-1386, 2014.

PAUL, E. A. The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 98, p. 109-126, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.04.001>. Acesso em: 26 de jun. 2016.

PORTELA, R.C.Q, SANTOS, F.A.M. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Botânica**; v. 30, n. 2, p. 271, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v30n2/v30n2a11.280>. Acesso em: 27 nov. 2015.

PÔRTO, M. L.; ALVES, J. C.; ALVES, A. A.; SOUZA, A. P.; SOUZA, D. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no Brejo Paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1011-1017, 2009.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology e Biochemistry**, Elmsford, v.19, n.2, p.159-164, 1987.

RAMBALDI, D. M., OLIVEIRA, D. A. S. Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de políticas públicas /Brasília: MMA/SBF, 2003, 510 p.,.

RANGEL, O. J. P; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

RIGUETE, J. R.; DORNELLAS, E.E.J.; TEIXEIRA, N.B. Avaliação do efeito de borda em fragmento florestal tomando o diâmetro de árvores como indicador. **Natureza online**, v. 11 n. 4, p. 193-195, 2013.

RODRIGUES, J.F.P.; NASCIMENTO, M.T. Fragmentação Florestal: Breves considerações teóricas sobre Efeito de Borda. **Rodrigésia**, v. 57, n.1, 2006.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/6630>. Acesso em: 07 jun. de 2016.

SANTO, F. D. B., Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de Floresta Estacional Semidecídua Montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botânica Brasileira**. v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002.

SANTOS, B. C.; RANGEL, L. A.; CASTRO, E. Estoque de Matéria Orgânica na Superfície do Solo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica na APA de Petrópolis-RJ. **Floresta e Ambiente**, p. 266-274, 2011.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P, M.; LANN, A. C. Atributos biológicos o solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n12/a13v4212.pdf>. Acesso em: 09 de jun. 2016.

SILVA, C.F. PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D.L.; FERNANDES, J. C.F.; LOSS, A.; MENEZES, C.E.G.; SILVA, E.M. Carbono Orgânico total, a biomassa microbiana e Atividade enzimática do Solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Vale Médio do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 6, n. 6, p. 1680-1689, 2012.

SOARES FILHO, A.O. **Estudo fitossociológico de duas florestas em região ecotonal no Planalto de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.** São Paulo: USP. 2000. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências.

SOARES FILHO, A.O. **Fitogeografia e Estruturas das Florestas Estacionais do Brasil.** Feira de Santana: UEFS. 2012, 346 p. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana.

SOSMA – SOS Mata Atlântica. Atlas da Mata Atlântica – Dados de 2013. Disponível em: <http://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-maisrecentes>. Acesso em: 27 mar. 2014.

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

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions.** 2nded. New York, Wiley, 1994, 496p.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V.M.; DIAS, A.S. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de Planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, p. 47-60, 1997.

TATE, K.R, ROSS, D.J. FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimative soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 20, p. 329-335, 1988.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.

VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; DE PAULA, A. M.; ANDRADE, J. B.; CARDOSO, E. J. Nitrogênio, carbono e compactação do solo Como fatores limitantes do processo de Recuperação de matas ciliares. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 1164-1173, 2013.

VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C.C. Biomassa Microbiana do solo em sistema de plantio direto na Região de Campos Gerais - Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 599-610, 2008.

VIANA, V. M. & TABANEZ, A. A. J. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: Forest Patches in Tropical Landscapes. SCHELHAS, J. & GREENBERG, R. (ed.). **Island Press**, WASHINGTON, D.C., 1996, p. 151-167.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Série Técnica, **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

ZORNOZA, R., GUERRERO, C., MATAIX-SOLERA, J., SCOW, K. M., ARCENEGUI, V., & MATAIX-BENEYTO, J. Changes in soil microbial community structure following the abandonment of agricultural terraces in mountainous areas of Eastern Spain. **Applied Soil Ecology: A Section of Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 42, n. 3, 315–323, 2009.

YOUNG, A.; MITCHELL, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented Podocarp-Broadleaf Forest in New Zealand. **Biological Conservation**, v. 67, p. 63-72, 1994.

WARDLE, D.A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Review.**, v. 67, p. 21-358, 1992.

WARDLE, D.A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-CNPAP; Embrapa-CNPQ, 1994, p. 419- 436.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n5/24431.pdf>. Acesso em: 26 de jun. 2016.

WILSON, E. O. The current state of biological diversity. In: **Biodiversity**. Wilson, E. O. (ed.). Washington D. C. National Academy Press., 1998, p. 3-18.