

Efeito de borda sobre a camada de serapilheira em área de cerrado no leste de Mato Grosso

Leandro Schlemmer Brasil
Nubia França da Silva Giehl
Josias Oliveira dos Santos
Adevanio Oliveira dos Santos
Beatriz Schwantes Marimon
Ben Hur Marimon Junior *

PPG em Ecologia e Conservação, Universidade do Estado de Mato Grosso
Caixa Postal 08, CEP 78690-000, Nova Xavantina – MT, Brasil

* Autor para correspondência
bhmjunior@gmail.com

Submetido em 21/08/2012
Aceito para publicação em 16/04/2013

Resumo

A fragmentação da vegetação ocasiona efeito de borda, alterando o microclima, a composição das espécies e suas interações bióticas e abióticas. A serapilheira é crucial para a ciclagem de nutrientes nas florestas. O objetivo deste artigo foi verificar a influência de borda de vegetação nos atributos da camada de serapilheira em área de cerrado, testando a hipótese de que a distância da borda está diretamente relacionada com a biomassa e a proporção de folhas na camada de serapilheira. Foram coletadas amostras da camada de serapilheira em transeções de 95m em cinco áreas de cerrado do leste mato-grossense. Foi estimado um total de 6.724,44 kg/ha⁻¹ de serapilheira, sendo 72,2% folhas, 27,8% ramos, 0,07% frutos e 0,004% flores. A distância da borda apresentou relação positiva e significativa com a espessura, massa seca, volume e massa de fração foliar da serapilheira. Essas informações contribuem para o entendimento de um componente pouco estudado em áreas de cerrado, demonstrando que a fragmentação dessas áreas altera a estrutura da camada de serapilheira, podendo causar prejuízos a funções e serviços ecossistêmicos, com possíveis reflexos futuros na diversidade de espécies.

Palavras-chave: Cerrado; Ciclos biogeoquímicos; Fragmentação de vegetação

Abstract

Edge effect on the litter layer in a cerrado area of Eastern Mato Grosso, Brazil. Vegetation fragmentation causes edge effect, changing the microclimate, the species composition, and their biotic and abiotic interactions. The litter layer is crucial for nutrient cycling in forests. This study aimed to check the influence of vegetation edge on attributes of the litter layer in a cerrado area, testing the hypothesis that distance from the edge is directly related to biomass and leaf proportion in the litter layer. Samples were collected from the litter layer in 95m transects in 5 cerrado areas of eastern Mato Grosso, Brazil. We estimated a total of 6,724.44 kg/ha⁻¹ of litter, out of which 72.2% are leaves, 27.8% are branches, 0.07% is fruits, and 0.004% is flowers. Distance

from the edge presented a positive and significant relation to thickness, dry weight, volume, and leaf fraction mass of the litter. This information contributes to the understanding of a poorly studied component in cerradão areas, showing that the fragmentation of these areas changes the structure of litter layer, and this may cause losses to ecosystem functions and services, with possible future reflexes on the species diversity.

Key words: Biogeochemical cycles; Cerrado; Vegetation fragmentation

Introdução

Apartir da década de 1970, com o Cerrado começando a ser prioridade nos incentivos governamentais para o plantio de grãos e criação de gado (OLIVEIRA PIRES, 2000), as ações de proteção e conservação deste bioma constituíram um desafio, devido à intensa fragmentação sofrida nas últimas décadas (VIANA; PINHEIRO, 1998). Esse processo de ocupação da terra tem representado uma importante ameaça à sua biodiversidade (FISCHER; LINDENMAYER, 2007), especialmente na faixa do chamado arco do desmatamento, uma região de transição entre os biomas Amazônico e Cerrado que possui elevada diversidade de espécies e aonde a fitofisionomia do cerradão vem sofrendo com ações antrópicas severas sobre o uso e ocupação da terra.

Um dos efeitos mais marcantes da fragmentação é o *efeito de borda*, resultando na descontinuidade entre ambientes homogêneos e modificando as características bióticas e abióticas nas bordas de ambos os fragmentos, o que altera as condições microclimáticas, composição de espécies e suas interações (MURCIA, 1995; RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006), afetando a ciclagem de nutrientes e o fluxo de espécies entre fragmentos isolados (WIENS et al., 1993; MALCOLM, 1994).

No processo de fragmentação ambiental, o efeito de borda é um dos maiores riscos para manutenção da biodiversidade (GASCON et al., 2000; FEARNSSIDE, 2001; LAURANCE et al., 2002). Esse processo ocorre à medida que grandes extensões de floresta são subdivididas e diminuem de tamanho devido ao desmatamento, criando fronteiras (ecótonos) entre os fragmentos remanescentes de vegetação natural e as matrizes alteradas que os circundam (LAURANCE; VASCONCELOS, 2009). As bordas antrópicas criadas pelo processo da fragmentação estabelecem influências negativas adjacentes que afetam os componentes e as funções ecológicas dos sistemas naturais, alterando severamente o padrão de oferta dos recursos

disponíveis, com fortes implicações em muitas interações ecológicas (FOLEY et al., 2005; LINDENMAYER; FISCHER, 2006; PÜTZ et al., 2011). A intensidade dessas mudanças decorre principalmente em virtude do tamanho, isolamento e quantidade de borda dos fragmentos (PUTZ et al., 2011). O efeito de borda ocasionado pela fragmentação leva ao desequilíbrio ecológico da estrutura vertical e horizontal das comunidades (LAURANCE; BIERGAARD, 1997; LAURANCE, 2000; FORERO-MOLINA et al., 2002; LINDENMAYER; FISCHER, 2007), do processo de estabelecimento de plântulas e colonização (COLLINGHAM; HUNTLEY, 2000), do fluxo gênico (HAMRICK, 2004; NEVE et al., 2008), da dispersão de sementes (MELO et al., 2006) e de diversos outros processos ecológicos onde os efeitos de borda ainda são desconhecidos.

Alterações estruturais e florísticas decorrentes dos efeitos em bordas podem apresentar também efeitos nos ciclos biogeoquímicos, os quais dependem de fatores intrínsecos da vegetação, como eficiência de uso dos nutrientes e produção anual de biomassa e nutrientes na serapilheira (MARIMON-JUNIOR, 2007). O efeito de borda resultante dessas alterações altera fatores que regulam os processos de decomposição da matéria orgânica que se acumula a partir da serapilheira (KAPOS, 1989; CAMARGO; KAPO, 1995).

A produção de serapilheira naturalmente é influenciada por fatores como clima, fertilidade do solo, composição de espécies, estrutura da vegetação e estágio sucessional da floresta (DELITTI, 1995). A interação entre a vegetação e o solo através da serapilheira é a mais significativa forma de transferência de nutrientes nas florestas tropicais (GOLLEY et al., 1978), atuando na superfície do solo como um sistema de entrada e saída de nutrientes, através do balanço entre a produção e decomposição de biomassa (MARTINS; RODRIGUES, 1999). A manutenção do equilíbrio nutricional das florestas tropicais em solos distróficos

depende da contínua produção e decomposição da camada de serapilheira do solo florestal, processo que garante a constante reposição de nutrientes à vegetação (VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Estudos a respeito dos efeitos de borda atuando sobre funções ecossistêmicas, como a decomposição, o estoque de carbono e a ciclagem de nutrientes são escassos, apesar de sua importância na manutenção e gestão das florestas (RIUTTA et al., 2012). De maneira geral, os trabalhos que tratam do efeito de borda em regiões tropicais estão concentrados na Amazônia (e.g. CARVALHO; VASCONCELOS, 1999; LAURANCE et al., 2002; LAURANCE; CURRAN, 2008; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009). Além disso, estudos que relacionam a fragmentação ambiental, os efeitos de borda e a produção de serapilheira são pouco conhecidos para o Cerrado brasileiro e desconhecidos nas áreas de transição entre os biomas Cerrado e Amazônico.

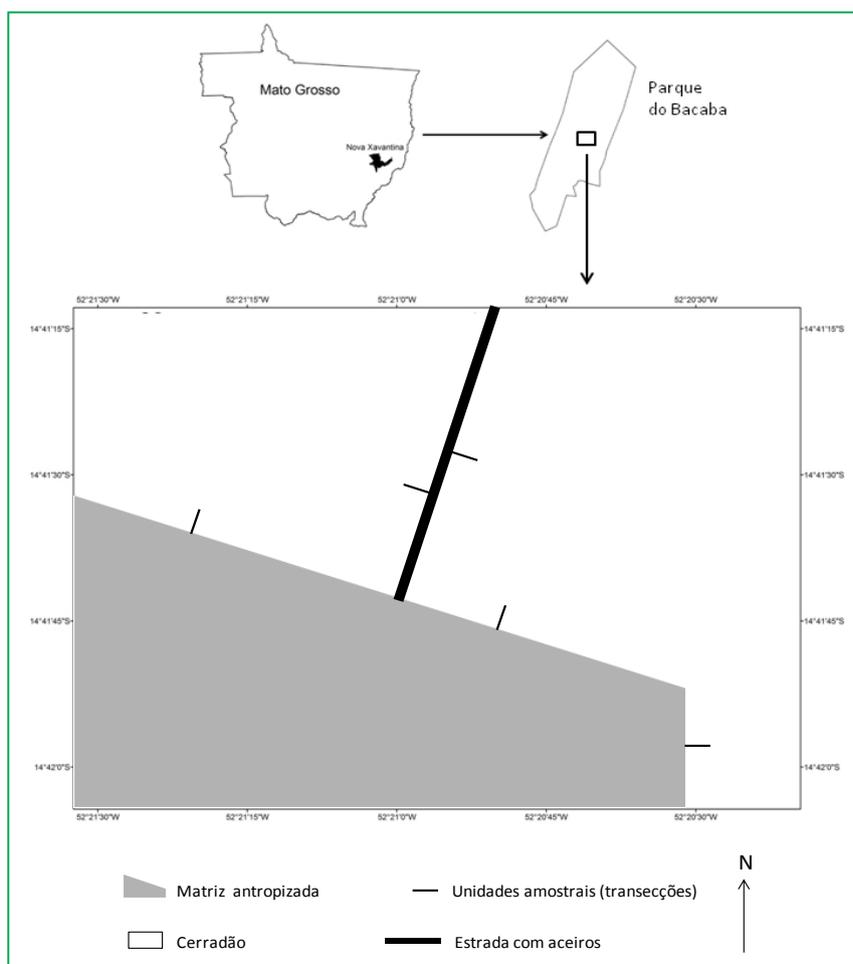
O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência da borda nos atributos da camada de serapilheira em áreas de cerrado, testando a hipótese de que a distância da borda está diretamente relacionada com a biomassa e a proporção de folhas da camada de serapilheira.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em área remanescente de cerrado circundado por uma matriz antrópica no Parque Municipal do Bacaba (14°41'S e 52°20'W), município de Nova Xavantina, região leste de Mato Grosso (Figura 1), considerada como transição entre os biomas Cerrado e Floresta Amazônica (MARIMON

FIGURA 1: Distribuição espacial das unidades amostrais na área de estudos. Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso.



et al., 2010). A região é caracterizada pelo domínio de fisionomias típicas do Bioma Cerrado e ainda formações florestais pré-amazônicas (MARIMON et al., 2006; MARACAHIPES et al., 2011). Apresenta relevo plano a suave-ondulado, altitude média de 346 m, precipitação anual de 1300 a 1500 mm e temperatura média mensal de 25°C (MARIMON et al., 2010).

A vegetação das áreas de estudo é de cerradão distrófico típico, com *Hirtella glandulosa*, *Tachigali vulgaris* e *Xylopia aromatica* como as principais espécies arbóreas quanto ao seu valor de importância (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Segundo estes autores, o solo é do tipo Latossolo amarelo distrófico, ácido, álico, com baixa saturação de bases no perfil ($\text{Ca} < 1,0 \text{ meq } 100 \text{ mL}$) e baixa capacidade de troca catiônica, condições que, aliadas à textura médio-argilosa ao longo do perfil do solo, determinam o tipo de vegetação no local.

Procedimentos amostrais

As coletas de serapilheira para obtenção de dados sobre espessura, massa, volume e densidade foram feitas com auxílio do coletor-medidor Marimon-Hay (MARIMON-JUNIOR; HAY, 2008). Foram demarcadas cinco transeções perpendiculares à borda da matriz antrópica com 95 m de comprimento (Figura 1). Em cada transeção foram realizadas 20 coletas pontuais iniciando no ponto zero até os 95 m, sendo que os pontos de coleta distavam entre si cinco metros. Dessa forma, foram feitas cinco réplicas para cada uma das 20 distâncias da borda, a partir das quais foi calculada a média para cada variável.

Após a coleta e verificação da espessura, a serapilheira foi submetida à secagem em estufa com circulação de ar, a 65°C, até atingir massa constante. Posteriormente, a serapilheira foi triada manualmente dividindo-a em frações (folhas, frutos/sementes, ramos/raízes e flores), de acordo com a metodologia empregada por Pinto et al. (2008). O peso da massa seca foi aferido em uma balança analítica de precisão.

Análise de dados

Para verificar se houve variância de massa seca

de serapilheira entre as partes mais próxima da borda (0 e 25 m), amostras com distância intermediária (35 e 60 m) e amostras no interior do fragmento, mais distantes da borda (70 e 95 m), foi utilizada a análise de variância (ANOVA) unifatorial, uma vez que os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram atingidos. A significância das variações foi verificada *a posteriori*, pelo teste de Tukey. Para verificar as diferenças de biomassa entre as frações da serapilheira foram testados os pressupostos de normalidade e homocedasticidade para realização de uma ANOVA e como estes não foram atingidos, foi realizada uma transformação logarítmica dos dados. Como o pressuposto de homocedasticidade não foi atingido após a transformação logarítmica, foi utilizada então uma ANOVA com o teste F de Welch para variâncias desiguais (ZAR, 2010). A significância das variações foi verificada com testes *a posteriori*, sendo observado primeiro o valor do teste de Tukey e confirmado com uma opção não paramétrica.

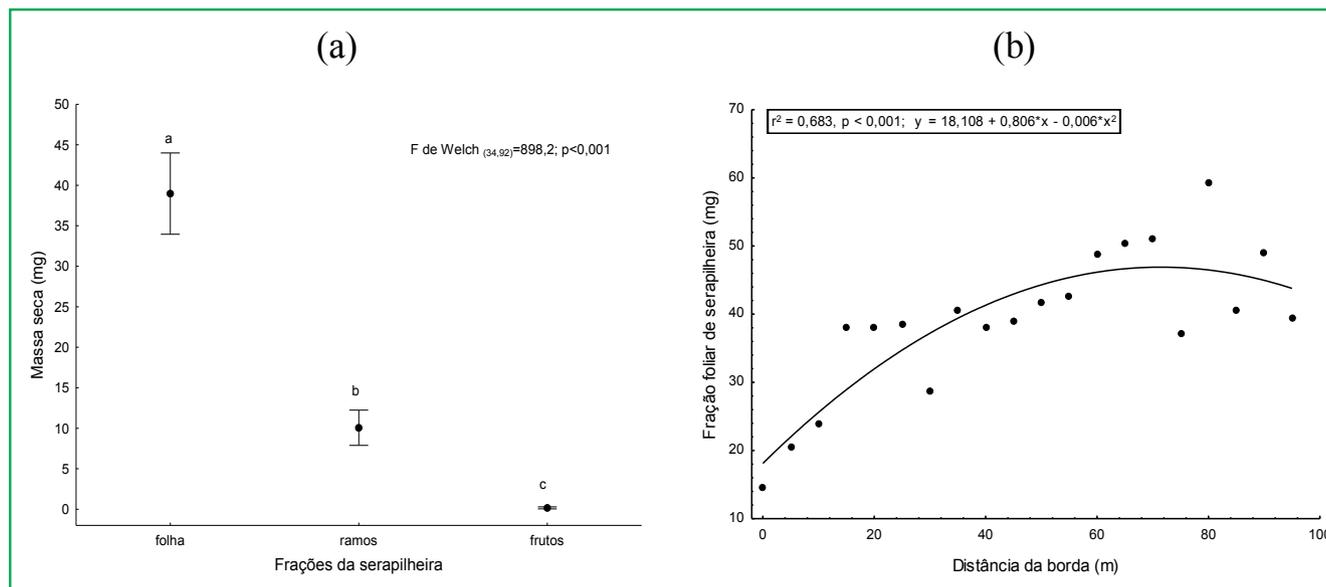
Para verificar a relação da massa, espessura, volume e biomassa de cada fração da serapilheira com a distância da borda foram realizadas regressões não lineares polinomiais quadráticas, levando em conta os seus pressupostos (ZAR, 2010). Todos os testes de normalidade e homocedasticidade foram feitos pelos testes de distribuição normal de Shapiro-Wilk W e teste de homogeneidade de variâncias de Levene, respectivamente (ZAR, 2010). As análises de ANOVA e os testes de normalidade e homocedasticidade foram feitas com o auxílio do programa PAST (HAMMER et al., 2001) e as regressões com o programa estatístico Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).

Resultados

A extrapolação dos dados de massa obtidos na amostragem da camada de serapilheira gerou uma estimativa total de 6.724,44 kg.ha⁻¹, sendo 4.852,8 kg.ha⁻¹ (72,2%) de folhas, 1.866,7 kg.ha⁻¹ (27,8%) de ramos e raízes, 4,72 kg.ha⁻¹ (0,07%) de frutos e sementes e 0,27 kg.ha⁻¹ (0,004%) de flores.

Foram verificadas diferenças significativas entre as frações da camada de serapilheira no cerradão (Teste F de Welch $_{(34, 92)} = 898,2; p < 0,001$) (Figura 2a). A fração

FIGURA 2: Variação de massa das porções de folhas, ramos e frutos na serapilheira (a); relação da massa seca da porção foliar da serapilheira em função da distância da borda (b), em áreas de cerradão no leste do Estado de Mato Grosso.



foliar foi a mais representativa, diferindo tanto de ramos ($p=0,001$), quanto de frutos ($p<0,001$). As frações de ramos e raízes também diferiram em relação às frações frutos e sementes ($p<0,001$). Já a fração de flores foi removida da análise devido sua baixa representatividade nas amostras. A proporção de folhas apresentou relação significativamente positiva com a distância da borda ($r^2=0,68$; $p<0,001$) (Figura 2b). Contudo, as demais proporções, como ramos ($r^2=0,132$; $p=0,116$) e frutos ($r^2=0,011$; $p=0,357$) não apresentaram relação significativa com a distância.

As relações da distância da borda com a espessura (Figura 3a), massa seca (Figura 3b) e volume (Figura 3c) de serapilheira foram positivamente significativas: [$(r^2=0,84$; $p<0,001$), $(r^2=0,61$; $p<0,001$), $(r^2=0,89$; $p<0,001$)], respectivamente, indicando um aumento em massa em direção ao interior do cerradão. Contudo, a densidade não apresentou relação significativa com a distância da borda ($r^2=0,17$; $p=0,075$).

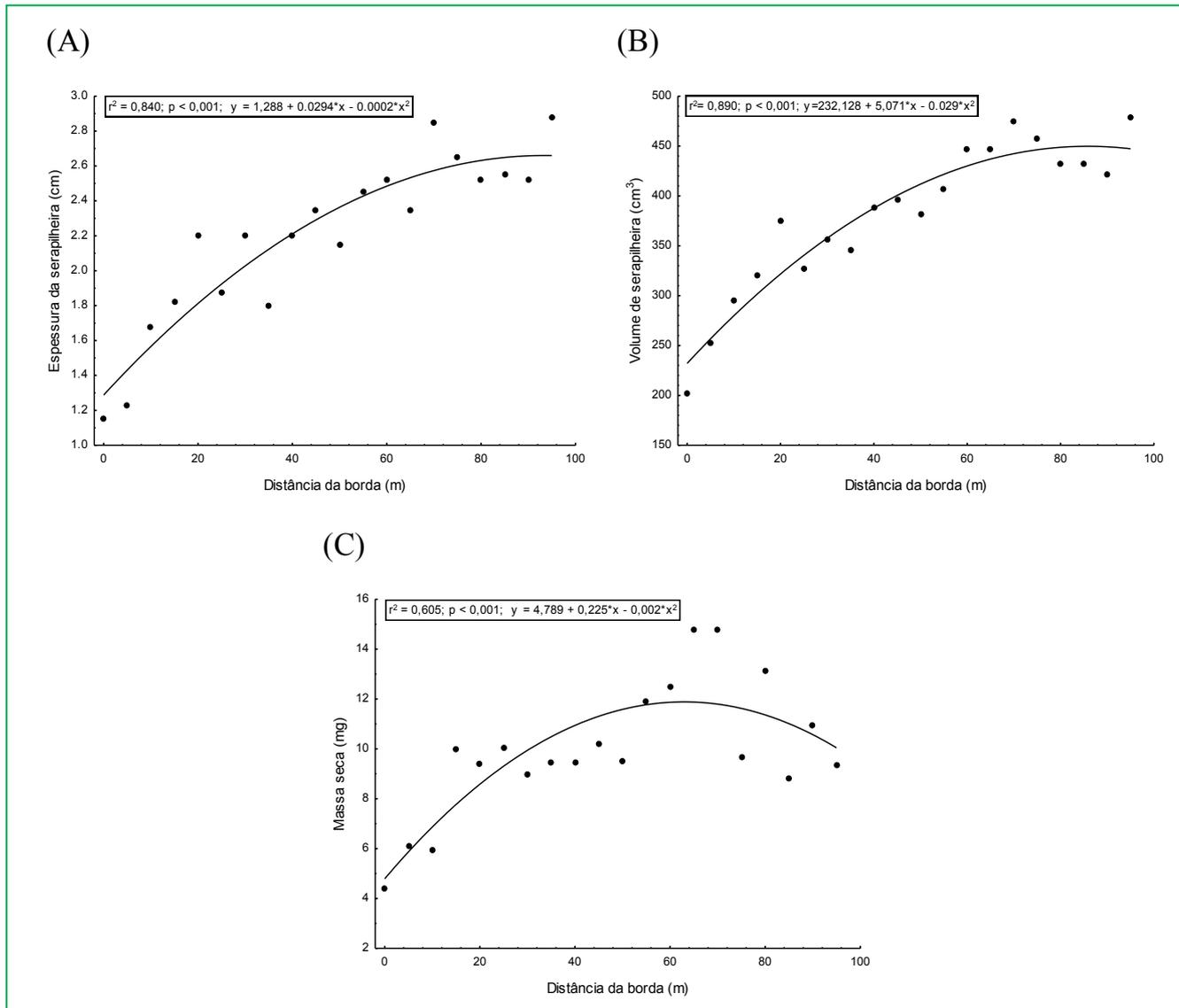
A comparação das médias de massa de serapilheira entre a borda do cerradão (0 e 25 m), intermediário (entre

borda e interior) (35 a 60 m) e interior do cerradão (70 e 95 m), foram encontradas diferenças significativas ($F_{(2,15)}=4,553$; $p=0,028$) entre as três faixas de distância, sendo a menor massa registrada na borda e a maior no interior da floresta e a parte intermediária não diferindo da borda (Tabela 1). Estes resultados e a regressão indicada na Figura 3-a indicaram alterações na camada de serapilheira em função da distância da borda.

TABELA 1: Biomassa da camada de serapilheira de três posições ao longo das transecções amostradas no cerradão no Parque do Bacaba, Nova Xavantina, MT. As letras indicam diferenças significativas por ANOVA unifatorial com variações *a posteriori* verificadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Posição a partir da borda	Biomassa (kg.ha ⁻¹)
Borda (0-25 m)	7.650,1 b
Faixa intermediária (35-60 m)	10.501,2 b
Interior (70 e 95 m)	11.206,4 a

FIGURA 3: Relação da espessura (A), massa seca (B) e volume (C) da serapilheira com a distância da borda, em áreas de cerradão na região leste de Mato Grosso.



Discussão

Os resultados encontrados corroboram a hipótese do presente trabalho, uma vez que a massa seca, espessura e volume da camada de serapilheira, representados principalmente pela fração foliar, foram menores da borda em direção ao interior do fragmento. Estas informações reforçam o entendimento de que a fragmentação de áreas de cerradão altera a produção da floresta com efeitos marcantes sobre a camada de serapilheira, podendo afetar a manutenção das comunidades e alterar as interações bióticas e abióticas,

causando prejuízos à composição de espécies e aos serviços ecossistêmicos prestados por estas formações florestais.

A biomassa da camada de serapilheira encontrada no interior do cerradão apresentou valor intermediário aos observados na literatura. Perez et al. (1983) e Cianciaruso et al. (2006), trabalhando em áreas de cerradão conservado, encontraram $7.800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e $5.547 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente. Pinto et al. (2008), em floresta estacional semidecidual, encontraram $6.310 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ no Centro-Oeste e em floresta primária na Amazônia foi registrado por Luizão (1995) em torno de $6.500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

(Manaus) e por Villela (1995) 7.750 kg.ha⁻¹ (Ilha de Maracá). Em um extenso trabalho com oito florestas em diferentes graus de perturbação e recuperação na Malásia, Kim (2011) encontrou variação entre 4.520 a 18.260 kg.ha⁻¹. Em relação à distribuição das diferentes frações na camada de serapilheira, a maior proporção de folhas, seguida por ramos, frutos e flores também foi verificada por outros autores em ambientes florestais em diferentes regiões no Brasil (MARTINS; RODRIGUES, 1999; WERNECK et al., 2001; CIANCIARUSO et al., 2006; SILVA et al., 2009), indicando um padrão de deposição da serapilheira dominado pela fração foliar.

As alterações ambientais decorrentes do efeito de borda levam a mudanças microclimáticas, devido ao aumento da entrada de luz, vento e consequente aumento de temperatura do ar, do solo e diminuição da umidade relativa do ar próximo à borda (LAURANCE, 2002; LAURANCE et al., 2006; MULLER et al., 2010). Tais alterações podem ter levado a uma substituição de espécies (e.g. ALVES JR. et al., 2006; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009) na borda do cerradão do presente estudo, onde plantas adaptadas ao ambiente mais hostil substituem as espécies dominantes do dossel da floresta (ZAÚ, 1998), modificando a composição e consequentemente a espessura da camada de serapilheira (CASTRO; PIVELLO, 2008).

É importante ressaltar que outros impactos podem ocorrer na comunidade em função das alterações da camada de serapilheira resultantes da fragmentação da floresta. Por exemplo, pode haver intensa alteração na dinâmica dos nutrientes do solo (VITAL et al., 2004), uma vez que as mudanças ambientais relacionadas à estrutura e composição florística da vegetação (ver MARIMON-JUNIOR, 2007) e especialmente em relação ao microclima (redução da umidade), produzem diminuição nas taxas de decomposição (HATTENSCHWILER et al., 2012). Outro efeito importante, também ligado à ciclagem de nutrientes, pode ocorrer na comunidade de artrópodes de solo, interferindo na fragmentação inicial da serapilheira e demais etapas da decomposição (VASCONCELOS, 1999). Por esse motivo, é importante que sejam realizados estudos verificando aspectos não investigados no presente trabalho, como os impactos do efeito de borda sobre as comunidades de consumidores

destrutivos ligados à camada de serapilheira (e.g. fungos e cupins) e demais processos ecológicos que envolvem a dinâmica de nutrientes no solo.

Os resultados do presente estudo sugerem que o efeito de borda causado pela fragmentação altera a camada de serapilheira no solo do cerradão, o que fica evidente pela diminuição da espessura, volume e massa da serapilheira conforme a proximidade da borda (Figuras 2a-c e 3b). Tal efeito sobre a serapilheira pode estar sendo influenciado por uma relação entre o tipo de vizinhança dessa borda e a resposta das plantas a esse ambiente alterado, como o comportamento fenológico. Efeitos semelhantes em compartimentos dos ciclos biogeoquímicos foram encontrados também em formações florestais mais úmidas que o cerradão, como nos estudos de Didham e Lawton (1999) e Vidal et al. (2007), que registraram menor produção de serapilheira nas bordas de fragmentos da Floresta Atlântica e da Floresta Amazônica, respectivamente.

Por outro lado, um padrão diferente de resposta foi encontrado por Laurance e Vasconcelos (2009), que verificaram maior quantidade de massa de serapilheira próximo à borda em fragmentos de floresta na Amazônia Central. Os autores explicaram que esta condição está fortemente relacionada ao aumento de lianas e plantas pioneiras nas bordas logo após a fragmentação. Como esta estrutura formada por plantas pioneiras é mais dinâmica do que a floresta madura, que apresenta um estado constante próximo ao clímax, outras mudanças ambientais podem surgir, com reflexos na camada de serapilheira ao longo do tempo. Tal condição estrutural e de alta dinâmica da vegetação de borda é semelhante à verificada na área do presente estudo, onde o cerradão como um todo apresenta uma dinâmica tão intensa (FRANCZAK et al., 2011), que pode estar entre as maiores já registradas para florestas em toda a Amazônia e Cerrado (MARIMON et al., 2013), além da forte presença geral de lianas (OLIVEIRA et al., 2013). Mesmo assim, no presente caso, ao contrário do registrado por Laurance e Vasconcelos (2009), a camada de serapilheira apresentou menor massa na borda do que no interior do fragmento, provavelmente pelo fato do cerradão já ser uma floresta naturalmente dominada por plantas pioneiras, como *Tachigali vulgaris* e *Xylopia*

aromatica (MARIMON-JUNIOR; HARIDASAN, 2005) e por isso não apresenta aumento significativo de plantas pioneiras em suas bordas.

Essas variações temporais de produção, acúmulo e decomposição de serapilheira relacionam-se a diversos processos biológicos e à estrutura da floresta (HARPER et al., 2005; VIDAL et al., 2007), sendo o tipo e a qualidade da matriz vizinha (vizinhança) um fator intrinsecamente relacionado à progressão ou regressão do efeito de borda sobre a serapilheira ao longo do tempo (DIDHAM; LAWTON, 1999). Por exemplo, os fatores abióticos determinados pela matriz de pastagens abandonadas no entorno do cerradão, especialmente a maior incidência de luz e menor umidade relativa do ambiente das bordas (MARIMON-JUNIOR et al., dados não publicados), podem estar apresentando efeitos progressivamente menores, uma vez que tais áreas da vizinhança se encontram em estágio de sucessão ecológica em função da supressão do pastejo.

A fragmentação também tem impactos negativos sobre os processos do ecossistema, pois alteram os ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, além da composição e estrutura das espécies e da camada de serapilheira, podendo resultar em forte diminuição da diversidade de espécies (LAURANCE; VASCONCELOS, 2009) e consequentes perdas de funções ecossistêmicas. Segundo Vidal et al. (2007), entender os padrões de deposição da serapilheira é fundamental para a compreensão da dinâmica e do funcionamento dos ecossistemas florestais, bem como o monitoramento de variáveis para prevenir perdas de funções ecossistêmicas ligadas aos processos biogeoquímicos.

Um aspecto importante a ser considerado é a menor massa da camada de serapilheira verificada na borda (0-25 m) em relação ao interior (70-95 m) do cerradão (3.556,3 kg.ha⁻¹). Isso evidencia uma intensa resposta de efeitos da borda sobre a serapilheira ao longo de uma faixa de 25 metros. Estes resultados sugerem possíveis alterações nos ciclos biogeoquímicos e funções ecossistêmicas, uma vez que a biomassa da camada de serapilheira é um compartimento sensível e ativo do ecossistema, funcionando como fonte de nutrientes para a vegetação em solos distróficos (VITOUSEK;

SANFORD, 1986) e como componente dinâmico do estoque de carbono (MARIMON-JUNIOR, 2007).

Nesse sentido, uma das questões ainda não totalmente esclarecidas em relação aos serviços do ecossistema se refere às variações temporais na formação da camada de serapilheira e qual a implicação do efeito de borda nesse processo (DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997), especialmente em relação ao estoque de carbono (KIN et al., 2011). Se levarmos em conta, por exemplo, que o limite do Bioma Cerrado com o Bioma Amazônia é de aproximadamente 4.000 km (MARIMON et al., 2006) e que este se localiza exatamente no arco do desmatamento, então teremos ameaças potenciais aos processos de troca de matéria e de energia que podem intensificar as perdas e os danos aos estoques de nutrientes dessa importante área de ecótono. Dessa forma, são importantes trabalhos que investiguem as perdas e suas consequências biogeoquímicas nos ecossistemas da transição Amazônia/Cerrado.

Nossos resultados demonstraram que o efeito de borda em áreas de cerradão pode alterar a estrutura da camada de serapilheira, principalmente na sua fração foliar, a qual apresenta uma redução de massa nos locais mais próximos da borda. Estes dados reforçam o conhecimento sobre os problemas decorrentes da fragmentação de habitat sobre a conservação e manutenção de funções ambientais na região do arco do desmatamento, transição entre os biomas Amazônico e Cerrado, ressaltando a importância de estudos como esse para prevenir perdas de importantes funções ecossistêmicas no cerradão e possivelmente em outras fitofisionomias da região.

Agradecimentos

Ao CNPq (Projeto PELD-Transição Cerrado-Floresta Amazônica: bases ecológicas e sócio-ambientais para a conservação, proc. nº 558069/2009-6) pelo apoio financeiro; à Dra. Joana D'Arc Batista, pelo auxílio no delineamento e nas análises estatísticas e a CAPES pela concessão de bolsa de estudos a A. O. dos Santos, J. O. dos Santos, L. S. Brasil e N. F. S. Giehl.

Referências

- ALVES JR, F. T.; BRANDÃO, C. F. L. S.; ROCHA, K. D.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C. Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila densa, Recife, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 1, n. 1, p. 336-346, 2006.
- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **Bioestat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá/MCT-CNPq, 2007. 292 p.
- CAMARGO, J. L. C.; KAPOV, V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in Central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 11, p. 205-221, 1995.
- CARVALHO, K. S.; VASCONCELOS, H. L. Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation**, Boston, v. 91, p. 151-157, 1999.
- CASTRO, D. M.; PIVELO, V. R. Efeitos de borda sobre a serapilheira em fragmentos de cerradão, na região nordeste do estado de São Paulo, derivados do manejo agrícola. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O CERRADO e SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SAVANAS TROPICAIS, IX, II, 2008, Brasília. **Trabalhos... Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2008. Versão eletrônica.
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, Município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.
- COLLINGHAM, Y. C.; HUNTLEY, B. Impacts of habitat fragmentation and patch size upon migration rates. **Ecological Applications**, Ithaca, v. 10, p. 131-144, 2000.
- DELITTI, W. B. C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros**. V. 1. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p. 469-486.
- DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua Montana em Lavras-MG. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 21, n.1, p. 11-26, 1997.
- DIDHAM, R. K.; LAWTON, J. H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotropica**, Maiden, v. 31, n. 3, p. 17-30, 1999.
- FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 28, p. 23-38, 2001.
- FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, *Otawwa*, v. 16, p. 265-280, 2007.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, New York, v. 309, p. 570-574, 2005.
- FORERO-MOLINA, A.; FINEGAN, B.; KANNINEN, M.; DELGADO-RODRÍGUEZ, L. D. Edge effects on remnant vegetation of very humid tropical forest in Northern Costa Rica, and their implications for conservation and management. **Revista Florestal Centroamericana**, Turrialba, v. 38, p. 39-43, 2002.
- FRANCZAK, D. D.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; MARACAHIPES, L.; OLIVEIRA, E. A. Changes in the structure of a savanna forest over a six-year period in the Amazon-Cerrado transition, Mato Grosso state, Brazil. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 62, p. 425-436, 2011.
- GASCON, C.; WILLIAMSON, B. G.; FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, New York, v. 288, p. 1356-1358, 2000.
- GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: USP, 1978. 256 p.
- HAMRICK, J. L. Response of forest trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 197, p. 323-335, 2004.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, Oslo, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.
- HARPER, K. A.; MACDONALD, S. E.; BURTON, P. J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAUNDERS, S. C.; EUSKIRCHEN, E. S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M. S. A.; ESSEEN, P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, São Francisco, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.
- HATTENSCHWILER, S.; COQ, S.; BARANTAL, S.; HANDA, I. T. Leaf traits and decomposition in tropical rainforests: revisiting some commonly held views and towards a new hypothesis. **Research Review**, Oak Ridge, v. 189, p. 950-965, 2010.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. 2005. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 7 dez. 2012.
- KAPOV, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 5, p. 173-185, 1989.
- KIN, M. K. K.; BUJANG, J. S.; AHMED, O. H.; MAJID, N. M.; HENG, R. K. J.; JEMAT, S. Comparison of carbon and selected macronutrients in forest-floor litter of rehabilitated and secondary forests. **American Journal of Applied Sciences**, New York, v. 8, p. 967-972, 2011.
- LAURANCE, W. F. Do edge effects occur over large spatial scales? **Trends in Ecology and Evolution**, London, v. 15, n. 4, p. 134-135, 2000.
- LAURANCE, W. F. Hyper-dynamism in fragmented habitats. **Journal of Vegetation Science**, Renkum, v. 13, p. 595-602, 2002.
- LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. Tropical forest remnants. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Ed.). **Ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: Cambridge University Press, 1997. p. 616.
- LAURANCE, W. F.; CURRAN, T. J. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: a review and synthesis. **Austral Ecology**, Hoboken, v. 33, p. 399-408, 2008.
- LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; B. 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**, São Francisco, v. 16, p. 605-618, 2002.
- LAURANCE, W. F.; NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, S. G.; ANDRADE, A.; RIBEIRO, J.; GIRALDO, J. P.; LOVEJOY, T. E.; CONDIT, R.; CHAVE, J.; HARMS, K. E.; D'ANGELO, S. Rapid decay of tree-community composition in amazonian forest fragments. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 103, p. 19010-19014, 2006.
- LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Conseqüências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 434-451, 2009.
- LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. **Landscape change and habitat fragmentation**. Washington: Island Press, 2006. 317 p.
- LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. Tackling the habitat fragmentation panchreston. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 22, p. 127-132, 2007.
- LUIZÃO, F. J. **Ecological studies in contrasting forest types in Central Amazonia**. 1995. 288 f. Tese (Doutorado em Biological and Molecular Sciences) – University of Stirling, Stirling. 1995.
- MALCOLM, J. R. Edge effects in central amazonian forest fragments. **Ecology**, New York, v. 75, n. 8, p. 2438-2445, 1994.
- MARIMON, B. S.; FELDPAUSCH, T.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; SANTOS, C. O.; MEWS, H. A.; LOPEZ-GONZALES, G.; FRANZAK, D. D.; ALMEIDA-OLIVEIRA, E.; MARACAHIPES, L.; MIGUEL, A.; LENZA, E.; PHILLIPS, O. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-savanna transition zone in southern amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, Abingdon, 2013. (No prelo)
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S.; DUARTE, W. M. G.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 107-118, 2010.
- MARIMON, B. S.; LIMA, E. S.; DUARTE, T. G.; CHIEREGATTO, L. C.; RATTER, J. A. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso, Brazil. An analysis of the Cerrado-Amazonian Forest ecotone. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 63, n. 23, p. 323-341, 2006.
- MARIMON-JUNIOR, B. H. **Relação entre diversidade arbórea e aspectos do ciclo biogeoquímico de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* e uma floresta mista no Leste Mato-grossense**. 2007. 274 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília. 2007.
- MARIMON-JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Feira de Santana, v. 19, n. 4, p. 913-926, 2005.
- MARIMON-JUNIOR, B. H.; HAY, J. D. A new instrument for measurement and collection of quantitative samples of the litter layer in forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 2244-2250, 2008.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.
- MELO, F. P. L.; DIRZO, R.; TABARELLI, M. Biased seed rain in forest edges: evidence from the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, Boston, v. 132, p. 50-60, 2006.
- MULLER, A.; BATAGHIN, F. A.; SANTOS, S. C. Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento de floresta ombrófila mista, Rio Grande do Sul, Brasil. **Perspectiva**, Erechim, v. 34, n. 125, p. 29-39, 2010.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- NEVE, G.; BARASCUD, B.; DESCIMON, H.; BAGUETTE, M. Gene flow rise with habitat fragmentation in the bog fritillary butterfly (Lepidoptera: Nymphalidae). **BMC Evolutionary Biology**, London, v. 8, p. 84, 2008.
- OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S.; FELDPAUSCH, T.; COLLI, G. R.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; LLOYD, J.; LENZA, E.; MARACAHIPES, L.; SANTOS, C. O.; PHILLIPS, O. Richness, diversity and distribution of lianas of the Cerrado-Amazon Forest Transition, Brazil. **Plant Ecology & Diversity**, Abingdon, 2013. (No prelo)
- OLIVEIRA PIRES, M. Problemas agrícolas na ocupação do cerrado. **Sociedade e Cultura**, Goiânia, v. 3, n. 1/2, p. 111-131, 2000.
- PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T.; DROZDOWICS, A. Litter production in areas of Brazilian "cerrados". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 9, p. 1037-1043, 1983.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 545-556, 2008.
- PÜTZ, S.; GROENEVELD, J.; ALVES, L. F.; METZGER, J. P.; HUTH, A. Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: A modelling study for Brazilian Atlantic forests. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 222, p. 1986-1997, 2011.
- RIUTTA, T.; SLADE, E. M.; BEBBER, D. P.; TAYLOR, E. M.; MALHI, Y.; RIORDAN, P.; MACDONALD, D. W.; MORECROFT, M. D. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. **Soil Biology & Biochemistry**, London, v. 49, p. 124-131, 2012.
- RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, p. 63-74, 2006.
- SILVA, C. J.; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.
- VASCONCELOS, H. L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, Boston, v. 8, p. 409-420, 1999.
- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 25-42, 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**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.
- VILLELA, D. M. **Nutrient cycling in a monodominant and other rain forest types on Maraca Island, Brazil**. 1995. 138 p. Tese (Doutorado em Biological and Molecular Sciences) – University of Stirling, Stirling. 1995.
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 137-167, 1986.
- WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.
- WIENS, J. A.; STENSETH, N. C.; VAN HORNE, B.; IMS, R. A. Ecological mechanisms and landscape ecology. **Oikos**, Copenhagen, v. 66, n. 3, p. 369-380, 1993.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Pearson: Upper Saddle River, 2010. 944 p.
- ZAÚ, A. S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 160-170, 1998.