

## RELAÇÕES ENTRE TIPO DE VIZINHANÇA E EFEITOS DE BORDA EM FRAGMENTO FLORESTAL

### RELATIONSHIPS BETWEEN NEIGHBORHOODS MATRIX AND THE EDGE EFFECTS IN A FOREST FRAGMENT

Esther Carone Blumenfeld<sup>1</sup> Rozely Ferreira dos Santos<sup>2</sup> Sueli Aparecida Thomaziello<sup>3</sup> Sidnei Ragazzi<sup>4</sup>

#### RESUMO

Os efeitos de borda em fragmentos de floresta constituem a consequência mais significativa da fragmentação promovida pelos usos da terra. Para compreendê-los e manejá-los é necessário um conhecimento mais preciso sobre as influências exercidas pelas diferentes tipologias de uso sobre as fronteiras dos fragmentos florestais. Nessa direção, este estudo identificou e estabeleceu a extensão de efeitos de borda em um fragmento de floresta em relação a diferentes vizinhanças. O trabalho foi realizado na Reserva Florestal do Morro Grande - SP e seu entorno. A região foi mapeada e foram selecionadas três tipologias para estudo dos respectivos efeitos de borda: florestal, urbana e agrícola. A qualificação e a extensão dos efeitos de borda foram obtidas por meio do levantamento em campo de indicadores dos efeitos em transecções de 100 metros, avaliados por análise de variância. O grupo de indicadores abióticos apresentou predomínio de efeitos de borda em profundidades menores que 70 m e foi mais expressivo quando a vizinhança era a ocupação urbana. O grupo de indicadores bióticos se estendeu além dos 100 m e os efeitos foram mais intensos na tipologia agrícola. Pelo método adotado, os melhores parâmetros para análise dos efeitos de borda foram temperatura e diâmetro das árvores.

**Palavras-chave:** conservação; influência humana; planejamento ambiental.

#### ABSTRACT

The edge effects in forest fragments are one of the more significant consequences of the fragmentation promoted by land uses. To understand and manage them we need accurate knowledge about the influences in different use types on the borders of the forest fragments. In this sense, this study has identified the extent of edge effects in a forest fragment in relation to different neighborhoods. The study was conducted in a Forest Reserve (Reserva Florestal do Morro Grande, SP) and its surroundings. The area was mapped and three types were selected to study their edge effects: forest, urban and agricultural areas. The classification and the extent of the edge effects were obtained through a field survey of border indicators in 100 meters from border to interior. The data were evaluated by analysis of variance. The indicators showed a predominance of abiotic edge effects at depths less than 70m. This effect was more significant when the neighborhood was an urban area. The group of biotic indicators extended beyond the 100 meters and the effects were more intense in an agricultural area. By the method adopted, the best parameters for the analysis of edge effects were temperature and diameter of trees.

**Keyword:** conservation; human influence; environmental planning.

1 Bióloga, Msc., Analista Ambiental Ministério do Meio Ambiente, Esplanada dos Ministérios, Bloco B, CEP 70068-900, Brasília (DF), Brasil. esther\_cb@hotmail.com

2 Bióloga, Livre-Docente do Departamento Recursos Hídricos, Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária, s/n, CEP 13083-970, Campinas (SP), Brasil. rozefs@uol.com.br

3 Geógrafa, Dra. em Engenharia Civil, Área: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais, Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária, s/n, CEP 13083-970, Campinas (SP), Brasil. sueli.thomaziello@gmail.com

4 Estatístico, Msc., Professor do Instituto de Matemática e Estatísticas e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária, s/n, CEP 13083-970, Campinas (SP), Brasil. sidney@ime.unicamp.br

## INTRODUÇÃO

Efeitos de borda resultam da interação entre dois sistemas adjacentes que conduzem a diferenças na qualidade do habitat nas faixas limítrofes (GIMENES; ANJOS, 2003; SISK; HADDAD, 2002). Segundo Figueiró e Coelho Netto (2003) a borda de um fragmento florestal é submetida a fortes influências do ambiente ao seu redor, o que acarreta em modificações físicas e estruturais em sua porção marginal. A área de borda está sujeita à pressão exercida pelo uso da terra no seu entorno, acarretando nos efeitos de borda que para Murcia (1995) podem ser separados em três tipos: abióticos - envolvendo mudanças nas condições físicas, como temperatura, umidade, luminosidade e químicas, como disponibilidade de substâncias advindas de processos de lixiviação; bióticos diretos - mudanças na abundância e distribuição de espécies causadas diretamente por condições físicas próximas da borda, como por exemplo, dessecação e vento, e determinadas pela tolerância fisiológica de espécies às condições próximas da borda; e bióticos indiretos - que envolvem mudanças nas interações das espécies, como predação, parasitismo, competição, herbivoria, polinização e dispersão de sementes, sendo que outros autores fazem outro tipo de classificação. Assim, por exemplo, Herrmann et al. (2005) e Nascimento e Laurence (2006) reconhecem somente dois tipos: físicos – como quantidade de luminosidade, umidade, temperatura, vento; e bióticos – como densidade e composição de espécies. Já Harper et al. (2005), em revisão de estudos sobre efeitos de borda, apresentam uma classificação que os separa em primários - decorrentes diretamente da criação da borda, como danos estruturais na vegetação, alteração na dispersão de sementes, alteração de temperatura, umidade e secundários - decorrentes dos efeitos primários, como mudança nos padrões de crescimento, regeneração, reprodução e mortalidade de plantas, acarretando em padrões alterados na estrutura e composição de espécies.

A radiação solar e temperatura do ar e do solo são os efeitos de borda comumente citados em literatura. As mais altas incidências acarretam menor umidade na borda em relação ao interior da floresta. Segundo Gimenes e Anjos (2003) esses efeitos são importantes porque eles condicionam muitos fenômenos biológicos, estando diretamente ligado à fotossíntese, desenvolvimento da vegetação, decomposição e ciclo de nutrientes. Esses autores

citam também que a intensidade dos efeitos de borda varia de acordo com a distância do limite ou fronteira do fragmento, sua orientação em relação ao sol, sua estratificação vertical, seu formato, tamanho e idade. Murcia (1995) cita outros fatores, como o histórico de manejo e tipologia das manchas florestais e dos fragmentos do entorno.

Os efeitos de borda constituem a consequência mais significativa da fragmentação resultante tanto de distúrbios naturais como de origem antrópica (ZHENG; CHEN, 2000), atuando como o principal mecanismo que leva às mudanças da estrutura e dinâmica florestal (NASCIMENTO; LAURENCE, 2006). A extensão dos efeitos de borda deve ser uma resultante combinada das condições limítrofes entre o fragmento e a área circundante, da influência dos fatores naturais inerentes sobre esse limite e do tipo e quantidade de interferências do homem nessa região. Conforme destacam Sisk e Haddad (2002), embora as bordas sejam componentes comuns de paisagens não perturbadas, elas proliferam, rapidamente, quando as paisagens são fragmentadas e com maior interferência humana.

É importante salientar que a influência humana também depende das condições locais em que se insere o fragmento. Assim, por exemplo, o desenho do terreno pode ser um fator determinante, tanto conferindo dificuldade como facilidade ao acesso da população humana fora e dentro dos fragmentos. Conforme citam Rodrigues et al. (2004), o relevo é um dos elementos da paisagem que interfere na expressão dos efeitos de borda, pela influência de vários fatores como sombreamento, declividade e possibilidade de acesso humano. Os estudos sobre borda geralmente relacionam o tipo e intensidade dos efeitos principalmente a padrões como tamanho, disposição e formato dos fragmentos. Esses trabalhos utilizam diversos indicadores de efeitos de borda, em unidades experimentais imersas em diferentes tipologias. Porém, não está esclarecido o papel dos diferentes tipos de interface nas características e dimensões de borda.

Conforme considerado por Ries et al. (2004) “paisagens existem como mosaicos compostos por diferentes tipos de manchas, então, entender a ecologia do habitat das bordas requer a compreensão das complexas influências de cada diferente mancha adjacente na mancha em foco” (RIES et al., 2004, grifo nosso).

Segundo Lindenmayer e Ficher (2006), o fator mais influente na manifestação dos efeitos

de borda é seu grau de contraste com a tipologia circundante – quanto mais distinta a matriz em que se insere o fragmento, maiores os efeitos de borda. Desta forma, a influência da vizinhança é citada e reconhecida pela literatura, porém, ainda resta a pergunta: quanto um tipo e intensidade de pressão humana limítrofe a um fragmento florestal podem se somar às condições naturais e conduzir a um tipo e extensão específicos de gradiente de borda? Esta questão conduz à hipótese de que diferentes tipos de vizinhança, em qualidade e quantidade, provocam manifestações de efeitos de borda em extensões e quantidades distintas em fragmentos florestais. Nessa direção, o objetivo deste estudo foi caracterizar e estabelecer a extensão dos efeitos de borda em fragmento de floresta em relação a diferentes vizinhanças e diferentes indicadores de qualidade de *habitat*. A possibilidade de salientar os efeitos decorrentes do tipo de pressão antrópica nas bordas dos fragmentos de floresta deve facilitar a tomada de decisão em planos de manejo, uma vez que, por exigência de ato legal ambiental (especialmente, pela Lei Federal nº 9.985 de 2000, que define o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, e pela resolução CONAMA nº 13 de 1.990), é necessário definir os tipos e intensidades de atividades humanas que podem existir na zona de amortecimento de unidades de conservação, de forma a garantir a qualidade natural dessas áreas.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado junto à Reserva Florestal do Morro Grande – RFMG, uma área de 10.870 hectares localizada no município de Cotia - SP, entre as coordenadas 23°39' - 23°48'S, 47°01' - 46°55'W. Está situada no Planalto Atlântico, no alto da Serra de Paranapiacaba, sobre o planalto de Ibiúna, nos limites da Morraria do Embu e Bacia de São Paulo, 34 Km a leste da cidade de São Paulo (CATHARINO et al., 2006; METZGER, 2006) (Figura 1A). A RFMG foi criada pelo Decreto Estadual nº 1.949 de 04 de abril de 1979. Em 1981 foi tombada pela Secretaria da Cultura do Governo do Estado de São Paulo e, em 1994, foi também inserida como área núcleo na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. É administrada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), pois abriga mananciais que abastecem o Sistema Produtor do Alto Cotia.

A RFMG faz parte da bacia hidrográfica do

rio Cotia, dentro da bacia do Alto-Tietê. A altitude está entre 860 e 1.075 metros. O clima predominante pode ser classificado como Cfb (KÖPPEN, 1948 apud CATHARINO et al., 2006), descrito como temperado de inverno menos seco, com regime de chuvas de verão, temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e do mês mais frio abaixo de 18°C.

Devido a seu histórico de ocupação, a RFMG resulta de um mosaico de florestas secundárias em diferentes estádios de sucessão (METZGER, 2006). Segundo Catharino et al. (2006), ela pode ser classificada em geral por “floresta ombrófila densa montana, com presença de espécies de florestas mistas, estacionais, semidecíduais e cerradão”. A Reserva representa um dos maciços florestais mais extensos e preservados do Planalto Atlântico do entorno da cidade de São Paulo, possuindo predominantemente florestas regeneradas e representando um bom testemunho da flora regional (CATHARINO et al., 2006). É uma região ocupada há bastante tempo, o que permitiu o estabelecimento, junto a esse fragmento florestal e remanescente menores, de diferentes tipos de uso da terra (Figura 1B). Por apresentar tais condições, a Reserva e entorno representam uma situação bastante aplicável aos objetivos e à metodologia do presente estudo.

A identificação e o desenho da série tipológica de uso e ocupação da terra ao redor da Reserva Florestal do Morro Grande foram realizados por meio de mapeamento em duas escalas: uma de semidetalhe, baseada em interpretação de imagem de satélite Landsat, em escala 1:30.000, para identificação das principais unidades tipológicas que fazem pressão sobre a reserva e outra de detalhe, baseada em interpretação de imagens de satélite IKONOS em escala 1:5.000, que possibilitou a seleção de trechos representativos e específicos da unidade maior. Para o armazenamento e organização das diversas informações foi utilizado o programa Geomedia Professional 6.0. A partir desta primeira fase foram selecionadas três tipologias de uso da terra para investigação dos respectivos efeitos de borda: urbana, agrícola e floresta, esta última usada como área-referência.

No contexto deste estudo e com base na análise da literatura foram considerados adequados para avaliação dos efeitos de borda e passíveis de medidas de campo os seguintes indicadores abióticos e biológicos: temperatura, radiação solar, umidade relativa; densidade, altura e diâmetro a

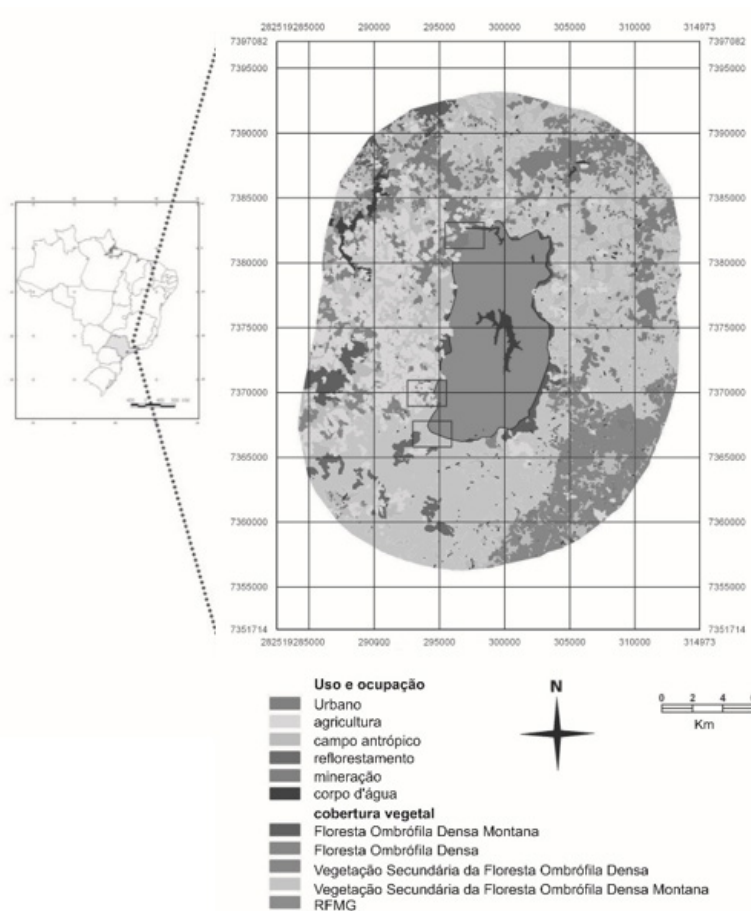


FIGURA 1: (A) Localização da área (B) Usos da terra.

FIGURE 1: (A) Study area (B) Land Uses.

altura do peito de indivíduos arbóreos, porcentual de cobertura de gramíneas e bambus, número de bromélias, lianas e árvores mortas em pé, número de estratos e peso seco de serapilheira.

Como indicadores das interferências humanas sobre o fragmento florestal foram considerados: danos nas árvores, inscrições nas árvores, presença de lixo, entulho, indícios de manifestações religiosas, raízes expostas, indícios de fogo, sinais de coleta de plantas, árvores cortadas, pegadas humanas e de animais domésticos, presença de trilhas, presença de animais domésticos, ocorrência de clareiras abertas pelo homem, pisoteamento, ausência de sub-bosque e presença do homem.

Em pontos representativos da mancha de cada uma das áreas relacionadas às tipologias de uso selecionadas na etapa anterior foram demarcadas três transecções de cem metros no sentido borda-interior do fragmento, distantes dez metros entre si. Sobre estas extensões foram coletados os dados referentes aos indicadores, conforme esquematizado

na Figura 2.

Ao longo das transecções, a cada 10 metros, foram estipulados pontos nos quais foi determinado o número de estratos e adotados os princípios do método de quadrantes (MARTINS, 1979). Em cada ponto foram reconhecidos os quatro indivíduos arbóreos mais próximos. Para esses indivíduos foram mensuradas as distâncias do ponto quadrante e o diâmetro a altura do peito (a 1,30 metros do solo). As alturas das árvores foram estimadas em metro, por referência (haste de 7 metros) e comparação entre árvores. Para os indicadores de interferência humana, bem como o levantamento das gramíneas, bambus, bromélias, lianas e árvores mortas, cada transecção foi adotada como uma unidade amostral contínua, segmentada em intervalos iguais de dois metros e com largura de dois metros, formando assim parcelas de 4 m<sup>2</sup>, conforme esquematiza a Figura 2. As gramíneas e bambus foram quantificados subjetivamente em porcentagem de cobertura, em escala de 0 a 100% com intervalos de 10; as árvores mortas, bromélias e

lianas foram contadas em número de indivíduos por parcela - para as bromélias foi quantificado o número de unidades identificáveis dentro das parcelas e para as lianas o número de indivíduos com ligação ao solo em cada parcela. Para os indicadores de interferência humana foi anotada somente a presença ou a ausência. As medidas dos fatores abióticos foram realizadas uma vez em todas as transecções adotadas para os fatores bióticos, entre o final de dezembro e início de dezembro, das 9h às 15h, pois é o período mais expressivo para evidenciar as mudanças climáticas no interior da floresta (LOIS, 2001). A medição da radiação solar foi realizada por solarímetros de tubo situados a uma altura de 1,30 metros do solo, localizados no início da transecção (0 metro), a 30, a 50 e a 100 metros, e conectados ao integrador (Data Logger DL2 e, multicanal, modelo RS232, da Delta-T Device) configurado para registrar dados a cada dez minutos. Estes sensores detectam a radiação na faixa de comprimento de onda de 300 a 2.500 nm, que corresponde ao espectro solar, e determinam a irradiância média (em kw/m<sup>2</sup>). Os demais parâmetros ambientais foram coletados em intervalo de 15 minutos, registrados por 11 sensores localizados a cada

10 metros da transecção, começando pelo ponto zero, no seu início, e terminando aos 100 metros. Foram aplicadas análises estatísticas para todos os dados com o intuito de verificar se havia diferença significativa no comportamento das variáveis quanto às diferentes tipologias de vizinhança e às diferentes distâncias da borda. Inicialmente, foram efetuadas Análises de Variância (ANOVA) com dois fatores fixos (tipologia de vizinhança e distância da borda) para cada um dos indicadores, conforme descrito em Triola (2005). Para tal, foi utilizada a função GLM (General Linear Model) do programa Minitab 15. Para os indicadores que apresentaram diferenças significativas em nível de significância de 5% entre as distâncias da borda, foram aplicadas Análises de Variância (ANOVA) com um fator fixo (distância) para os dados de cada tipologia separadamente, para determinar em quais distâncias, para cada tipologia, ocorriam as diferenças.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento baseado na interpretação da imagem Landsat (escala 1: 30.000) permitiu selecionar três áreas amostrais, distintas entre si e

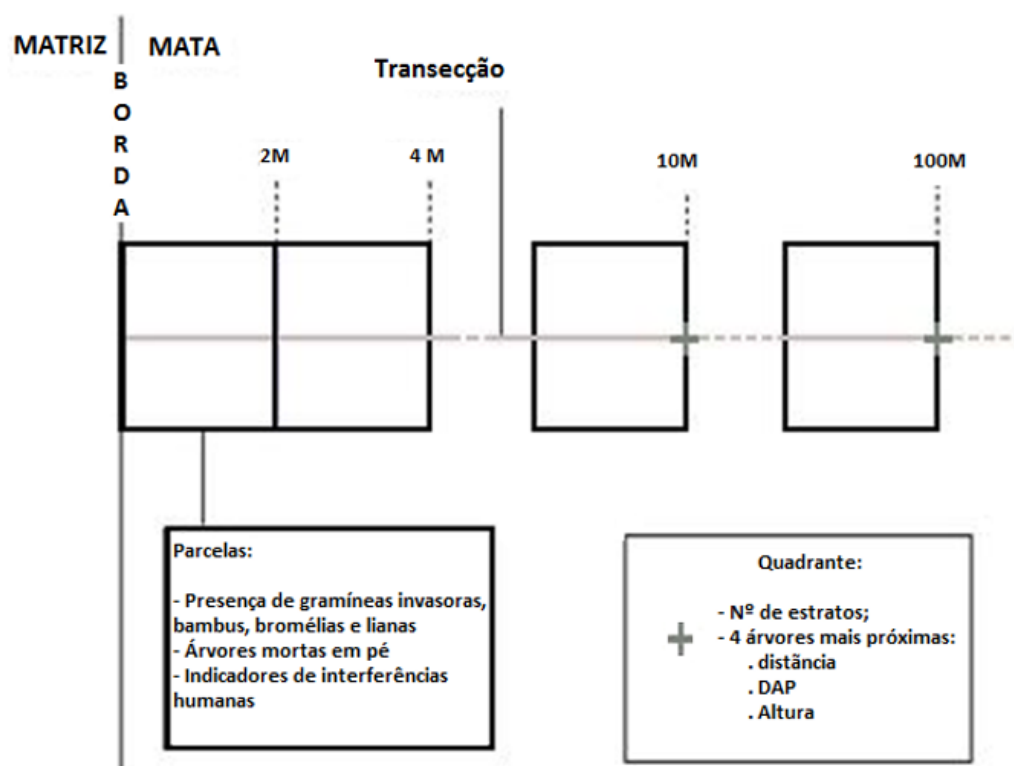


FIGURA 2: Esquema da transecção aplicada em campo.

FIGURE 2: Scheme of the survey transects.

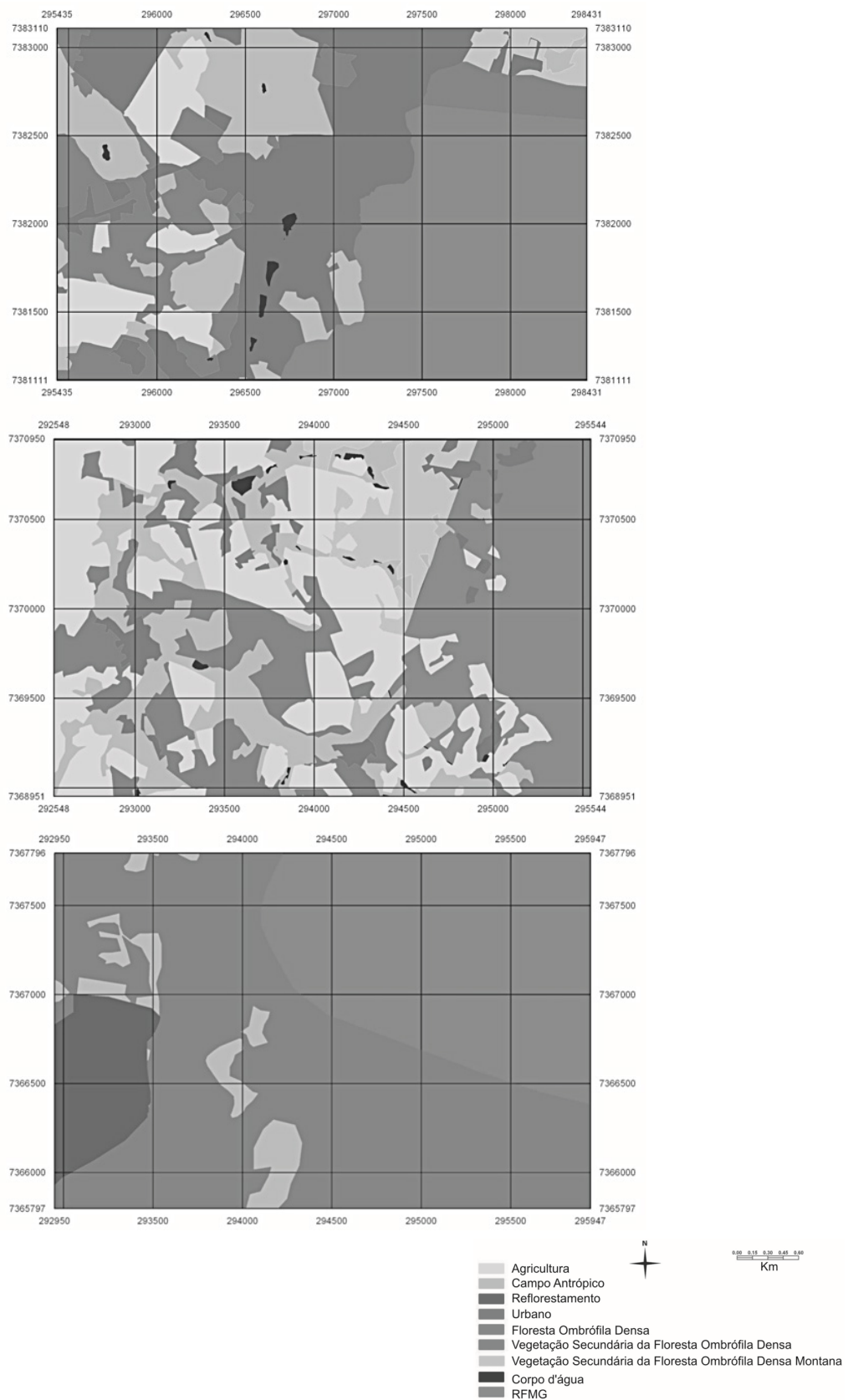


FIGURA 3: Detalhamento do uso e ocupação das três áreas selecionadas para instalação das transecções representativas das tipologias de área urbana, agrícola e florestal, respectivamente.

FIGURE 3: Details of the land uses in three areas with transects that represent, respectively: urban, agricultural and forest typologies.

de condições de posição e relevo mais semelhantes, representativas das três principais tipologias do entorno da Reserva Florestal do Morro Grande (ocupação urbana, agricultura e áreas florestadas). Os mapas de detalhe das áreas selecionadas interpretados a partir de imagens IKONOS estão apresentados na Figura 3.

Por meio desses mapas e aferição em campo foi possível identificar os locais que melhor representavam, em qualidade e quantidade, as relações tipológicas selecionadas, indicando assim a localização das transecções.

A aplicação da ANOVA para todos os dados obtidos ao longo das transecções evidenciou que somente parte dos indicadores de efeitos de borda apontou diferenças significativas em nível de 5% em relação à tipologia de vizinhança do fragmento e/ou à distância da borda. Foram eles: temperatura, umidade, radiação solar, serapilheira, diâmetro das árvores, cobertura de bambus, número de lianas e árvores mortas. Diante da metodologia empregada, nenhum indicador relacionado à interferência

humana apresentou significância.

A análise comparada entre os dados permitiu apontar a existência de dois conjuntos de indicadores com comportamentos bastante distintos. Nessa perspectiva, os resultados se aproximaram da classificação proposta por Harper et al. (2005), que agrupa os efeitos de borda em primários (ou diretos, consequentes diretamente da formação da borda) – que abrangem distâncias menores para o interior da mata; e secundários (ou indiretos, consequentes dos efeitos primários) – que abrangem distâncias maiores para o interior da mata.

Dos dados referentes à temperatura, umidade e radiação solar foram calculadas as médias e selecionadas as medidas mínimas e máximas de cada dia de medição. As análises de variância foram então aplicadas a este grupo de dados. A aplicação das análises estatísticas permitiu responder a duas questões de interesse deste estudo. A primeira pergunta é se existem diferenças significativas entre as bordas formadas em diferentes tipologias. O conjunto de fatores abióticos avaliado

TABELA 1: Diferenças estatisticamente significativas entre as bordas com as diferentes tipologias de uso em função das variáveis abióticas.

TABLE 1: Statistically significant differences among the edges with the different typologies of land use in function of abiotic factors.

Temperatura máxima				Temperatura média			
Tipo	U	A	F	Tipo	U	A	F
U				U			
A				A			
Temperatura mínima				Umidade máxima			
Tipo	U	A	F	Tipo	U	A	F
U				U			
A				A			
Umidade média				Umidade mínima			
Tipo	U	A	F	Tipo	U	A	F
U				U			
A				A			
Radiação solar média				Radiação solar mínima			
Tipo	U	A	F	Tipo	U	A	F
U				U			
A				A			

U (urbana); A (agrícola); F (florestal)

	Estatisticamente igual
	Estatisticamente diferente

Em que: U refere-se à tipologia “Urbana”; A refere-se à tipologia “Agrícola” e F refere-se à tipologia “Floresta”.

TABELA 2: Diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes distâncias (em metros) de borda em função dos fatores abióticos.

TABLE 2: Statistically significant differences among the different edge distances (in meters) in function of biotic factors.

		Temperatura										
		Temperatura máxima										
Distância		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	10			█	█	█	█	█	█	█	█	█
	20				█	█	█	█	█	█	█	█
	30					█	█	█	█	█	█	█
	40						█	█	█	█	█	█
	50							█	█	█	█	█
	60								█	█	█	█
	70									█	█	█
	80										█	█
	90											█
	100											
		Temperatura média										
Distância		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	10			█	█	█	█	█	█	█	█	█
	20				█	█	█	█	█	█	█	█
	30					█	█	█	█	█	█	█
	40						█	█	█	█	█	█
	50							█	█	█	█	█
	60								█	█	█	█
	70									█	█	█
	80										█	█
	90											█
	100											
		Umidade										
		Umidade média										
Distância		0	10	30	40	50	60	70	80	90	100	
0			█	█	█	█	█	█	█	█	█	
	10			█	█	█	█	█	█	█	█	
	30				█	█	█	█	█	█	█	
	40					█	█	█	█	█	█	
	50						█	█	█	█	█	
	60							█	█	█	█	
	70								█	█	█	
	80									█	█	
	90										█	
	100											



TABELA 2: Continuação...  
TABLE 2: Continued...

		Umidade mínima									
Distância		0	10	30	40	50	60	70	80	90	100
0											
	10										
	30										
	40										
	50										
	60										
	70										
	80										
	90										
	100										

		Radiação solar									
		Radiação solar média				Radiação solar mínima					
Distância		0	30	50	100	Distância	0	30	50	100	
0						0					
	30					50					
	50					100					
	100										

	Estatisticamente igual
	Estatisticamente diferente

estatisticamente sugere que existem diferenças (Tabela 1). Supondo que a borda estabelecida com a floresta é a referência, pode-se inferir que existem efeitos de borda específicos nas demais extensões estudadas. Esta afirmação se deve ao fato de que, em geral, as bordas estabelecidas com as tipologias agrícola e urbana se diferenciaram da borda limítrofe à floresta.

Entre as extensões de borda estudadas, a que apresentou maior diferença com aquela limítrofe à floresta foi a estabelecida com a ocupação urbana, o que sugere que os efeitos de borda sejam mais expressivo neste ambiente. O comportamento dos indicadores ao longo dos 100 m pode ser observado na Figura 3, que mostra a distribuição dos dados de cada variável considerada e as respectivas retas de tendência. Essa representação dos dados, no entanto, não responde, efetivamente, a segunda questão: se existem diferenças significativas entre as diferentes distâncias de borda. Para responder a esta questão, pode-se observar a Tabela 2, que apresenta o resultado da análise das diferenças entre

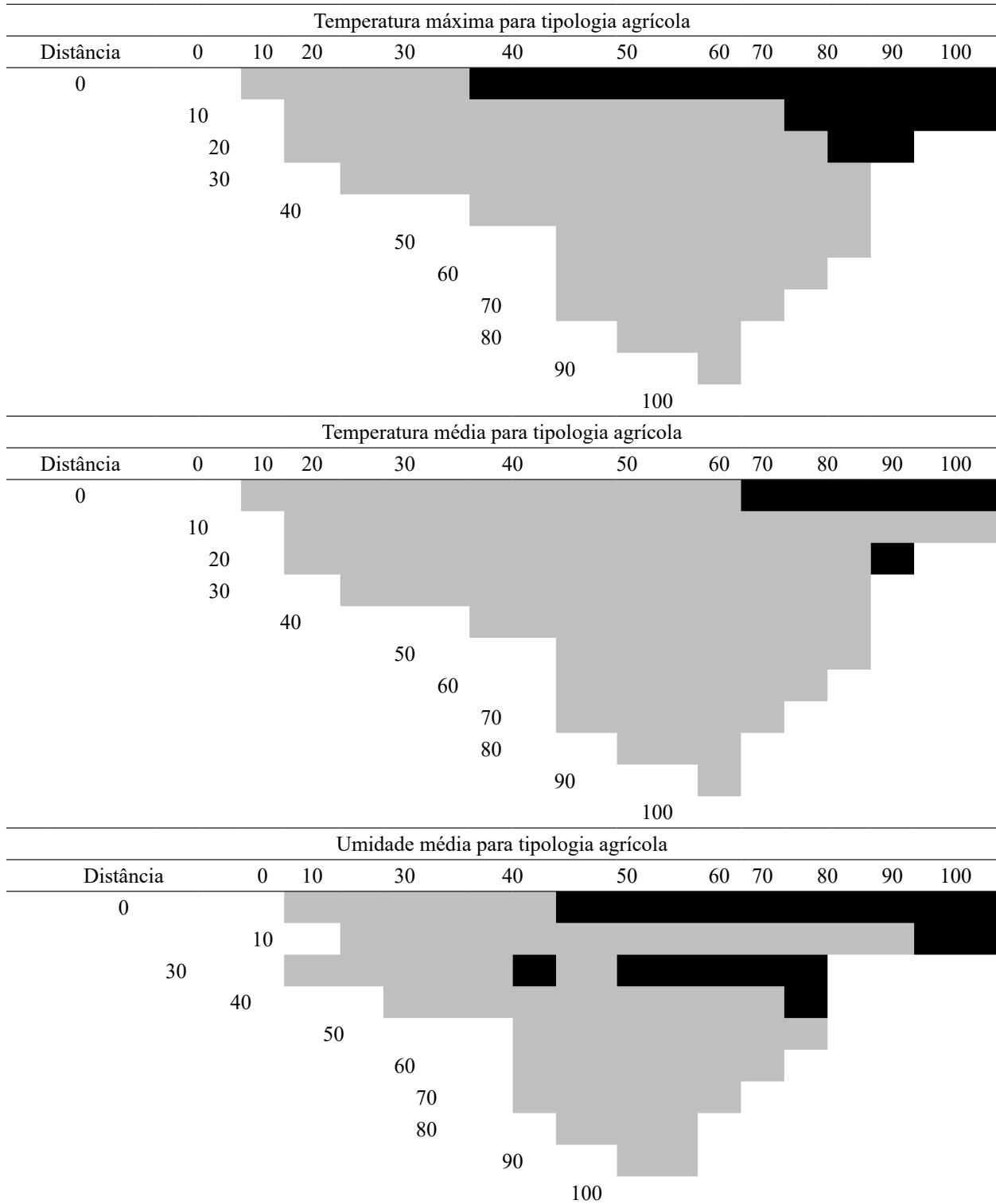
as distâncias de borda considerando a distância para cada tipologia de vizinhança separadamente. Cada parâmetro apresentou um comportamento distinto ao longo dos 100 metros (Tabela 3).

Nos casos em que houve alguma diferença significativa entre as distâncias foi aplicada análise de variância de um fator separadamente para a borda para cada uma das tipologias, com o intuito de verificar como o indicador se comportava individualmente para cada vizinhança. As análises de variância de um fator não apontaram diferenças entre as distâncias na borda vizinha à floresta em nenhum caso, corroborando a avaliação das tendências observadas na Figura 4. De maneira geral, as diferenças foram mais marcantes para a tipologia agrícola, na qual houve maior incidência de diferenças em distâncias maiores da borda do que aquelas apontadas pelas análises realizadas sem a separação entre as tipologias.

Os resultados das análises da Tabela 4 ilustra os gradientes formados por estas variáveis, expressos em três faixas de intensidade de efeitos

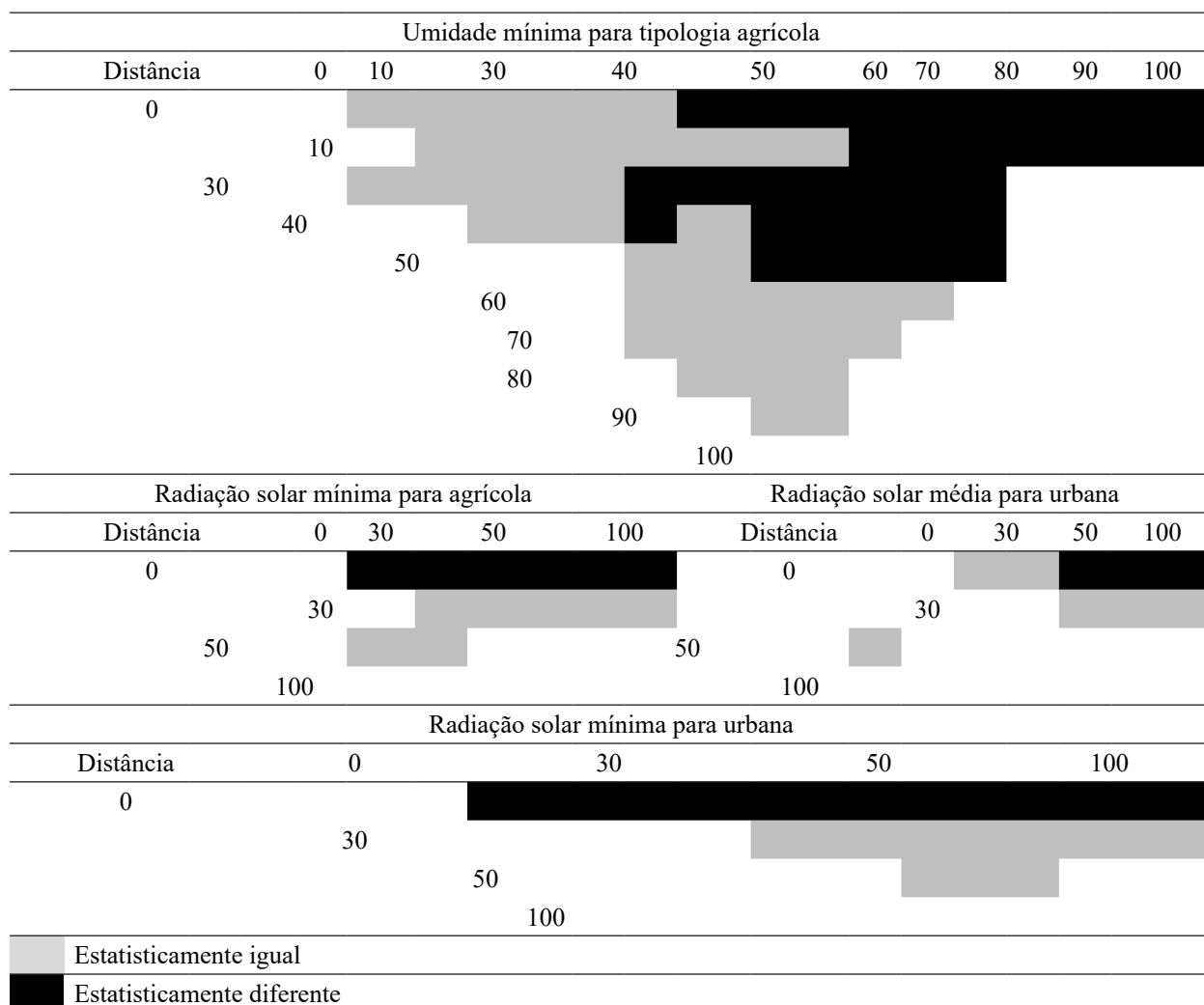
TABELA 3: Diferenças estatisticamente significantes entre as distâncias de borda (em metros) em função da temperatura, umidade e radiação, por tipologia de uso, representadas somente para os fatores estatisticamente diferentes.

TABLE 3: Statistically significant differences among the edge distances (in meters) in function of temperature, humidity and radiation in three typologies, representing only statistically different factors.



Continua...

TABELA 3: Continuação...  
TABLE 3: Continued...



de borda. A partir da análise desta tabela pode-se sugerir que, na verdade, ocorrem três padrões de efeitos de borda para as variáveis microclimáticas: do zero aos 40 metros; dos 40 aos 70 metros e dos 70 aos 100 metros.

Em síntese, os dados de microclima foram em geral bons indicadores de efeitos de borda, estatisticamente significantes e evidenciando que as extensões de borda se estendem para, pelo menos, 70 e 80 metros. Esses resultados estão muito próximos dos levantamentos apresentados por Lindenmayer e Fischer (2006) que fizeram uma revisão sobre o tema. Os dados também corroboram a hipótese de Harper et al. (2005), de que o contraste com a borda é o principal fator causador da expressão dos efeitos de borda, partindo-se do princípio de que a ocupação urbana é mais contrastante com a mata do que a agrícola.

Assim como no tratamento dos indicadores abióticos, foi realizada a análise de variância para o conjunto de indicadores bióticos, objetivando-se responder às duas questões de interesse deste estudo. Para esse conjunto de indicadores, o resultado foi menos eficiente que o conjunto de indicadores microclimáticos, conforme se argumenta na sequência.

Dentre os dez parâmetros investigados neste estudo, apenas cinco apresentaram resultados significativos e, dentre estes cinco, apenas um apontou diferenças significativas entre as distâncias de borda.

Pela análise de variância foi possível verificar que, para os indicadores diâmetro de árvores, peso seco da serapilheira, cobertura por bambus, número de lianas e número de árvores mortas há diferenças significativas entre as diversas

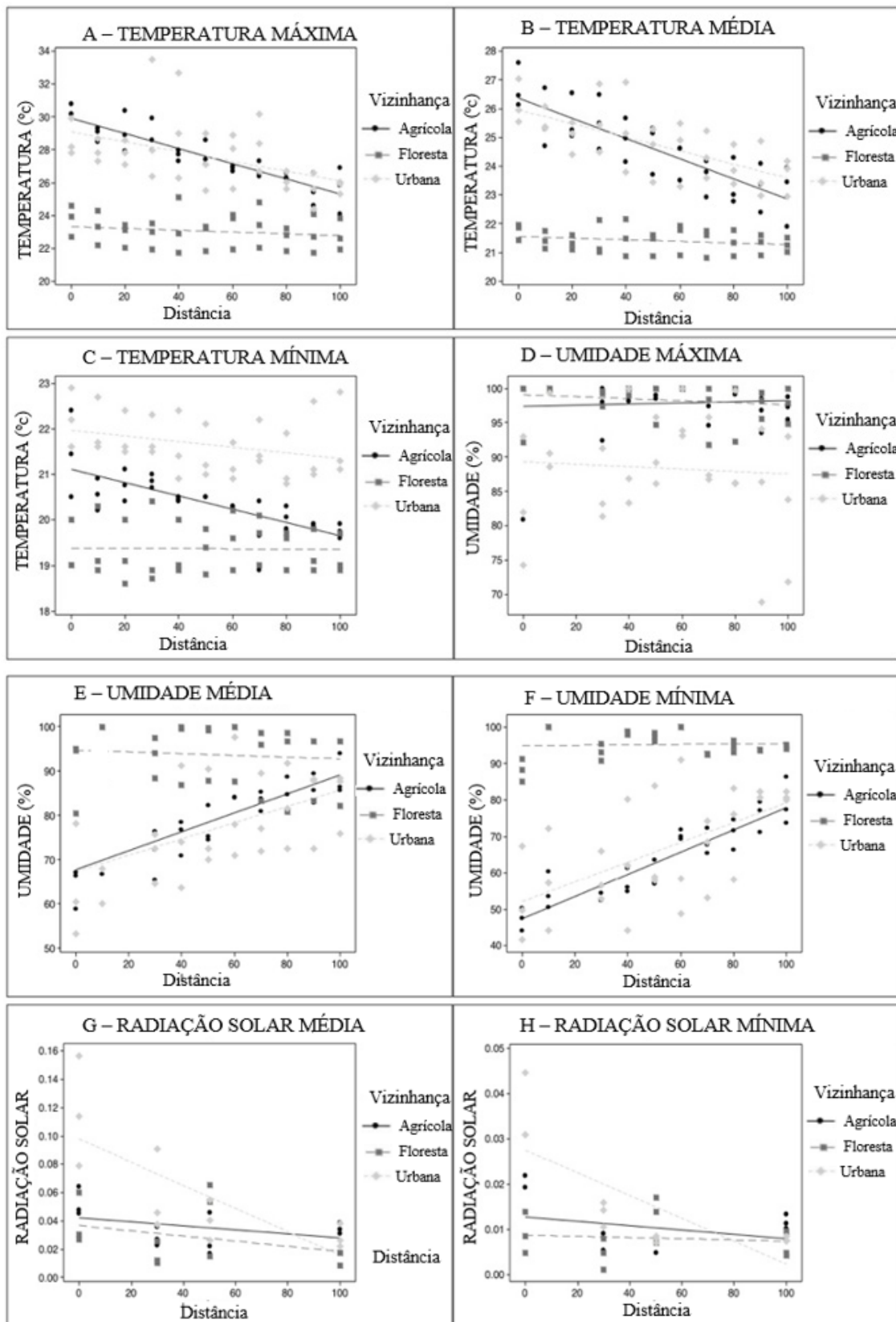


FIGURA 4: Tendências de comportamento dos fatores abióticos em relação às distâncias da borda na floresta para as três tipologias.

FIGURE 4: Trends in the behavior of abiotic factors in relation to the distance from the forest edge for the three typologies.

TABELA 5: Diferenças estatisticamente significantes entre as bordas com diferentes tipologias de uso em função das variáveis bióticas.

TABLE 5: Statistically significant differences among the different edges with different typologies of land use in function of biotic factors.

		Peso seco de serapilheira		
Tipo	U	A	F	
U				
A				
		Cobertura de bambus		
Tipo	U	A	F	
U				
A				
		Diâmetro das árvores		
Tipo	U	A	F	
U				
A				
		Número de lianas		
Tipo	U	A	F	
U				
A				
		Número de árvores mortas		
Tipo	U	A	F	
U				
A				
	U (urbana)	A (agrícola)	F (florestal)	
	Estatisticamente diferente			
	Estatisticamente igual			

Em que: U refere-se à topologia “Urbana” e; A refere-se à tipologia “Agrícola”.

tipologias. Conforme exemplifica a Tabela 5, os efeitos de borda da tipologia florestal são, de forma geral, distinto das demais fronteiras tipológicas.

Porém, este resultado é diferente no caso do número de lianas, que distingue a borda limítrofe à agricultura das demais; e no caso do diâmetro das árvores, que classifica a borda com a agricultura como diferente da floresta, porém, igual à borda com a ocupação urbana.

Tal qual para os indicadores climáticos, cada parâmetro biológico pode apresentar respostas próprias para a faixa dos 100 metros. Foi observado que os efeitos de borda relacionados aos indicadores biológicos muitas vezes se estenderam para o interior do fragmento, além do tamanho da transecção considerada como limite deste estudo.

As Figuras 5 e 6 evidenciam comportamentos

ao longo das transecções, no entanto os desvios padrão dos valores médios são muito altos quando comparados aos outros resultados significativos e, portanto, não são conclusivos. Apesar disso, tende-se a supor que, provavelmente, a umidade mais baixa, somada à maior incidência de radiação solar na borda com a tipologia urbana verificada neste estudo desfavoreça a degradação do material vegetal, como galhos e folhas, contribuindo para o aumento da serapilheira. Na borda com a floresta, os efeitos são contrários, o que justificaria o peso seco sempre mais baixo neste ambiente, ao longo dos cem metros medidos. Além disso, estes resultados apoiam a hipótese de Vidal et al. (2007), que previa menor massa de serapilheira no interior de florestas do que em suas bordas. No entanto, contraditoriamente, os autores não comprovaram

TABELA 4: Representação das três faixas de efeito de borda ao longo dos 100 metros para as variáveis cujas análises apresentaram resultados significativos.

TABLE 4: Representation of the three bands of the edge effect along the 100 meters for the factors which analysis showed significant results.

Tipologia	Indicador	Distância (m)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Geral	Temperatura Máxima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Temperatura Máxima]										
	Temperatura Média	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Temperatura Média]										
	Umidade Média	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Umidade Média]										
	Umidade Mínima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Umidade Mínima]										
	Radiação Média	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Radiação Média]										
	Radiação Mínima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Radiação Mínima]										
Agrícola	Temperatura Máxima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Temperatura Máxima]										
	Temperatura Média	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Temperatura Média]										
	Umidade Média	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Umidade Média]										
	Umidade Mínima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Umidade Mínima]										
	Radiação Mínima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Radiação Mínima]										
Urbana	Radiação Média	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Radiação Média]										
	Radiação Mínima	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda para Radiação Mínima]										
	Efeito de borda mais intenso	[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda mais intenso]										
		[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda intermediário]										
		[Gráfico de barras mostrando o efeito de borda menos intenso]										

sua hipótese a partir de seus resultados.

Os resultados das análises do número de árvores mortas e circunferência média dos troncos também diferenciaram a borda florestada das demais. O comportamento destas variáveis foi próximo do esperado, pois se previa menor mortalidade de árvores e maiores diâmetros de árvores em ambientes mais equilibrados e sob menos influência humana. Porém, é necessário enfatizar que as diferenças entre as vizinhanças foram muito tênues, havendo pouca distinção entre a borda com a floresta e a tipologia urbana, insignificante estatisticamente. O diâmetro dos troncos foi o único parâmetro com resultados estatísticos cujos resíduos da análise de variância se aproximaram mais da distribuição normal do que dos demais parâmetros e o modelo se identificou mais com a distribuição dos seus dados, conferindo assim maior confiabilidade no comportamento observado.

Destaca-se também o resultado relacionado à alta concentração de lianas na floresta limítrofe com a ocupação agrícola ao longo dos 100 metros. Esperava-se para esta variável outro resultado em relação à tipologia florestal, com efeito menor ao observado.

O comportamento destas variáveis pode ser justificado pelo histórico de inúmeras intervenções antropogênicas na Reserva, que deixou sua marca até os dias atuais, devido à persistência das consequências dos usos passados. Partindo dos pressupostos de Cooper e Sheate (2002), as características sugerem que ocorre nesta área o efeito de impactos cumulativos. Para a distribuição da cobertura de bambu (Figura 6), a análise de variância apontou a tipologia florestada como distinta das demais, porém, esta diferença não parece estar relacionada à ausência de efeitos de borda neste ambiente. Fundamentando-se em Catharino et al. (2006), pode-se dizer que os resultados desta variável devem estar relacionados à penetração de luz em diferentes pontos dentro da floresta, associado ao empobrecimento do solo, de acordo com informações históricas existentes sobre a área.

Em síntese, os resultados das análises dos indicadores bióticos apontaram diferenças entre as distâncias de borda, contudo, apenas os dados de cobertura por bambus apresentaram resultados estatisticamente significativos para diferenças entre as distâncias de borda. Observando-se a tendência

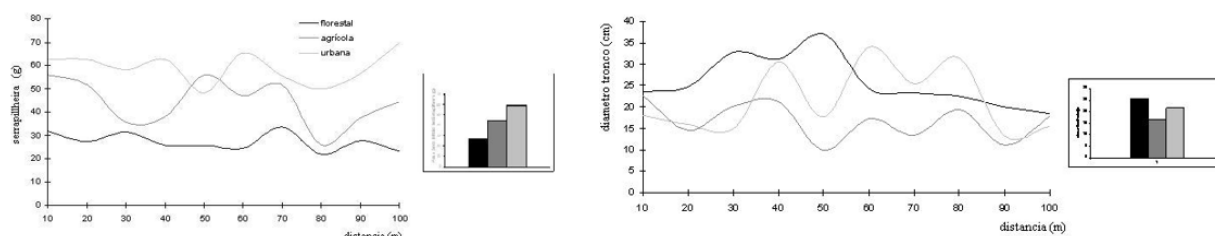


FIGURA 5: Comportamento dos indicadores de efeito de borda, serapilheira e circunferência do tronco.  
 FIGURE 5: Behavioral indicators of the edge effects, litter and trunk circumference.

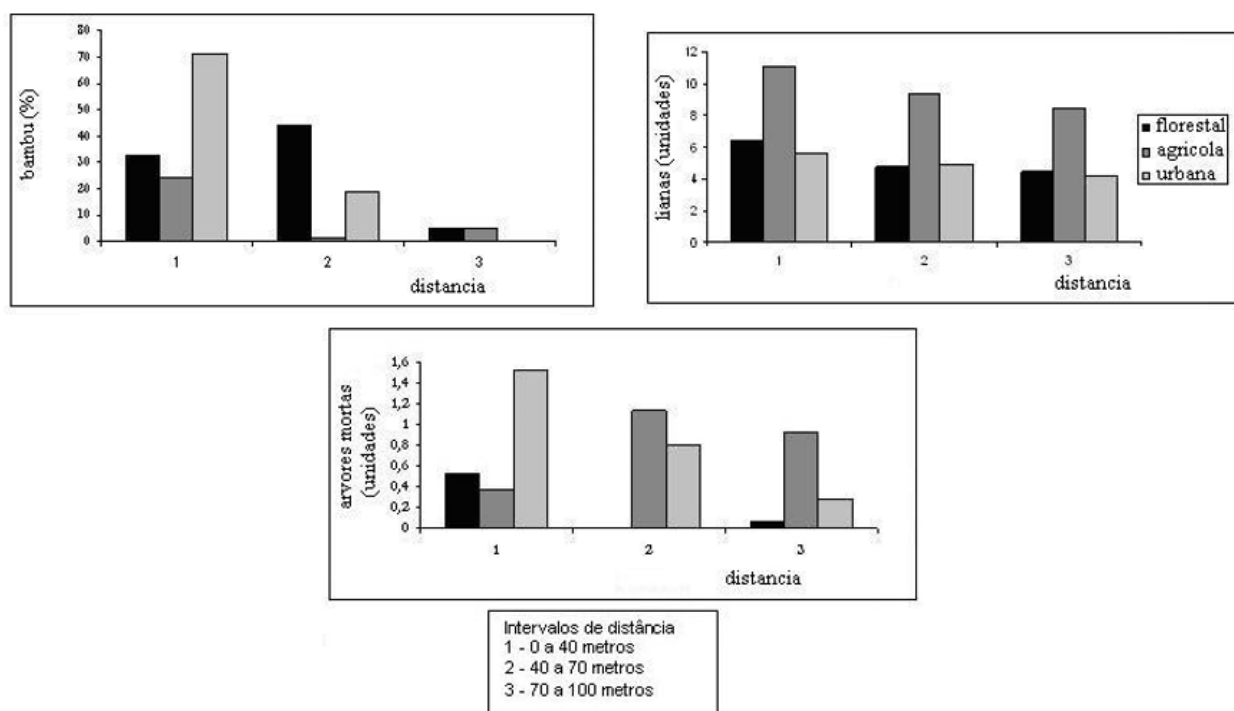


FIGURA 6: Valores médios: bambus, lianas e árvores mortas em 3 intervalos de distância (1 - 0 a 40 metros; 2 - 40 a 70 metros; e 3 - 70 a 100 metros).

FIGURE 6: Mean values for the numbers of bamboo, lianas and standing dead trees in three distance intervals (from 0 to 40 meters; from 40 to 70 meters; and from 70 to 100 meters).

(Figura 6), em geral a borda com a tipologia urbana apresentou maior aproximação aos dados da borda com a floresta do que com a borda de tipologia agrícola.

Em relação aos indicadores de presença antrópica (danos nas árvores, inscrições nas árvores, presença de lixo, entulho, indícios de manifestações religiosas, raízes expostas, indícios de fogo, sinais de coleta de plantas, árvores cortadas, pegadas humanas e de animais domésticos, presença de trilhas, presença de animais domésticos, ocorrência de clareiras abertas pelo homem, pisoteamento, bosqueamento e presença do homem), apesar

de serem aplicados em muitos trabalhos que tratam sobre efeitos de borda, muitos deles não apresentaram resultados satisfatórios. Deve-se supor que a metodologia empregada neste trabalho não é a mais adequada para a investigação destes parâmetros. Uma análise *a posteriori* evidenciou que os indicadores estavam presentes na área e, portanto, conclui-se que deveria ter sido utilizado um método que considerasse uma varredura mais ampla da área. Não foi passível de análise também a cobertura de gramíneas, que se manifestou apenas em duas parcelas iniciais da borda fronteira à tipologia urbana.

## CONSIDERAÇÕES

Este estudo evidenciou que diferentes tipos de vizinhança provocam manifestações de efeitos de borda em extensões e quantidades distintas em um fragmento de floresta. Concluiu-se que, diante dos métodos adotados, os indicadores abióticos ou de influência primária sobre o ecossistema fornecem resultados mais confiáveis, em especial, a temperatura. Eles apontaram a borda formada com a ocupação urbana como a mais distinta das demais. Os efeitos de borda relacionados aos indicadores abióticos se estendem, principalmente, até cerca de 70 metros, podendo-se reconhecer um gradiente em três faixas de distância da borda (0 a 40 metros; 40 a 70 metros e 70 a 100 metros), mais evidentes na borda de tipologia agrícola.

Os indicadores biológicos retrataram outro padrão de diferenciação. Eles distinguem melhor o comportamento da borda fronteira com a tipologia agrícola das demais. Em relação aos efeitos relacionados aos indicadores bióticos, o parâmetro mais apropriado para expressar diferenças entre tipologias foi o diâmetro das árvores, que apontou a borda formada junto à tipologia agrícola como a mais impactada e a presença de bambus como diferenciador entre distâncias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATHARINO, E. L. M. et al. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 6, n. 2, p. 1-28, 2006. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br>. Acesso em: 27 set. 2006

FIGUEIRÓ, S. A.; COELHO NETTO, A. L. Classificação de “zonas de tamponamento” (buffer zones) na interface floresta-cidade: área laboratório da bacia do canal do mangue, maciço da Tijuca (RJ). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10., 2006, Rio de Janeiro. *Anais...* Disponível em: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.3/172/172.htm>. Acesso em: 27 set. 2006.

GIMENES, M. R.; DOS ANJOS, L. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. *Acta Scientiarum*. Biological Sciences, Maringá, v. 25, p. 391-402, 2003.

HARPER, K. A. et al. Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented

Landscapes. *Conservation Biology*, New Jersey, v. 19, p. 768-782, 2005

HERRMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. *Floresta*, Curitiba, v. 35, N. 1, p. 13-22, 2005.

LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. *Habitat fragmentation and landscape change*. Londres: Island Press, 2006.

LOIS, E. *Variáveis relacionadas ao conforto térmico em áreas de vegetação ciliar*. 2001. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2001.

METZGER, J. P. Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/> Acesso em: 27 set. 2006.

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

NASCIMENTO, E. M.; LAURANCE, W. Efeitos de área de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 36, n. 2, p. 183-192, 2006.

RIES, L. et al. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. California, v. 35, p. 491-522, 2004.

RODRIGUES, E. et al. Conservação em paisagens fragmentadas. In: CULLEN JUNIOR, L. et al. (Eds.). *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Paraná: Editora da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2004.

SISK, T. D.; HADDAD, N. M. Incorporating the effects of habitat edges into landscape models: effective area models for crossboundary management. In: JINGO, L.; TAYLOR, W. W. *Integrating landscape ecology into natural resource management*. [s. l.: s. n.], 2002. p. 208-240.

TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.

ZENG, D.; CHEN, J. Edge effects in fragmented landscapes: a generic model for delineating area or edge influences (D-AEI). *Ecological Modeling*, Amsterdam, v. 132, p. 175-190, 2000.