



Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas,
Agrárias e da Saúde
ISSN: 1415-6938
editora@uniderp.br
Universidade Anhanguera
Brasil

Tavares de Araújo, Ronaldo; Bernardino, Julia; Pinheiro de Magalhães, Juliana
CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO NATURAL DA
MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRINHA, SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO, ESTADO DE
SÃO PAULO

Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, vol. XII, núm. 1, 2008, pp. 91-111
Universidade Anhanguera
Campo Grande, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26012806007>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

**Ensaio e Ciência:
C. Biológicas, Agrárias e
da Saúde**

Vol. XII, Nº. 1, Ano 2008

Ronaldo Tavares de Araújo

Centro Universitário Anhanguera
unidade Leme

araujort@yahoo.com.br

Julia Bernardino

Centro Universitário Anhanguera
unidade Leme

juliacatu@yahoo.com.br

Juliana Pinheiro de Magalhães

ju.pinha@gmail.com

Anhanguera Educacional S.A.

Correspondência/Contato
Alameda Maria Tereza, 2000
Valinhos, São Paulo
CEP. 13.278-181
rc.ipade@unianhanguera.edu.br

Coordenação

Instituto de Pesquisas Aplicadas e
Desenvolvimento Educacional - IPADE

Artigo Original

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS
FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO NATURAL
DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA
CACHOEIRINHA, SANTA CRUZ DA
CONCEIÇÃO, ESTADO DE SÃO PAULO**

**CHARACTERIZATION AND ANALYSIS OF FRAGMENTS OF
NATURAL VEGETATION OF CACHOEIRINHA WATERSHED,
SANTA CRUZ DA CONCEIÇÃO CITY, STATE OF SÃO PAULO**

RESUMO

Os ambientes naturais são responsáveis pelas funções ambientais, que contribuem para manter o ambiente saudável às necessidades humanas. A análise da estrutura da paisagem é uma ferramenta essencial para o planejamento e manejo de sua integridade ecológica. Desta forma, foi realizada a caracterização e análise dos fragmentos de vegetação natural da microbacia da Cachoeirinha (Santa Cruz da Conceição - SP), por meio de métricas da paisagem, em relação à forma, tamanho e configuração espacial, para dois momentos diferentes: 1962 e 2002. Essa análise demonstrou que a paisagem atual apresenta uma melhor condição ambiental se comparada ao ano de 1962, pois a área total de habitats naturais aumentou com o aumento relativo do tamanho dos fragmentos. Além disso, os fragmentos, em geral, passaram de uma forma "alongada" para uma forma mais "arredondada", diminuindo assim o efeito de borda sobre os mesmos.

Palavras-Chave: Ecologia da paisagem, planejamento ambiental, microbacia hidrográfica.

ABSTRACT

The natural environments are responsible for environmental functions, which help maintain the healthy environment to human needs. The analysis of the structure of the landscape is an essential tool for planning and management of its ecological integrity. Thus, the characterization was performed and analysis of fragments of natural vegetation of the Cachoeirinha watershed (Santa Cruz da Conceição - SP), through the landscape metrics, on the form, size and configuration space, for two different times: 1962 and 2002. This analysis showed that the current landscape is more environmental condition as compared to the year 1962, because the total area of natural habitats increased with the increase on the size of the fragments. Moreover, the fragments, in general, fell from a "long" for a more "rounded", thus reducing the effect of edge on them.

Keywords: Landscape ecology, environmental planning, watershed.

1. INTRODUÇÃO

O bem estar humano, em longo prazo, depende das mesmas funções ambientais que os ecossistemas têm proporcionado desde os primórdios da origem do homem na Terra (PIRES; SANTOS; PIRES, 2003). Essas funções ambientais se referem à capacidade dos ecossistemas fornecerem “bens e serviços” que satisfaçam as necessidades humanas; como a capacidade de regulação dos processos ecológicos e dos sistemas de suporte à vida direcionada à manutenção do ambiente saudável, providenciando ar, água e solo limpos, além da capacidade dos ecossistemas proporcionarem recursos (alimentos, matéria-prima para a indústria, fonte de energia e material genético) e espaço para atividades humanas como moradias, cultivo e recreação (DE GROOT, 1992 *apud* PIRES, 1995).

Os interesses econômicos da sociedade direcionados a apenas algumas espécies e processos dos ecossistemas tendem a reduzir a complexidade estrutural dos mesmos, a qual é configurada pela diversidade dos ecossistemas e é um importante fator para a manutenção da integridade ecológica e das funções ambientais. Portanto, a manutenção da integridade ecológica dos ecossistemas implica na manutenção de áreas naturais em condições satisfatórias de tamanho e de qualidade ambiental (PIRES; SANTOS; PIRES, 2003).

A extração de recursos naturais e o estabelecimento de atividade humana em uma paisagem, geralmente resulta em um retalho de pequenas e isoladas áreas naturais em um “mar” de área desenvolvida pouco compatível à manutenção da biodiversidade (MEFFE; CARROL, 1994). A fragmentação de habitats tem dois componentes: redução da quantidade total de habitat natural e configuração do habitat restante em manchas pequenas e isoladas (SAUNDERS et al., 1991 *apud* MEFFE; CARROL, 1994). Os efeitos da fragmentação podem ser vistos nos diversos níveis de organização biológica, desde mudanças na freqüência dos genes de uma população, até mudanças na distribuição de espécies e ecossistemas (MEFFE; CARROL, 1994).

Além de causar extinções locais imediatas e afetar as populações ao longo prazo através de mudanças nos processos ecológicos e na biodiversidade, a fragmentação também aumenta a proporção de zonas de efeito de borda (RANTA et al., 1998).

O efeito de borda é indicado pelo contraste estrutural entre a mancha de habitat e a matriz e é uma zona de influência que varia em extensão, dependendo da variável ambiental (MEFFE; CARROL, 1994). As zonas de borda são áreas de habitat mais

expostas às perturbações externas e são fisicamente e biologicamente diferentes do interior do habitat, permitem uma maior penetração dos raios solares e do vento aumentando a temperatura e a evapotranspiração, possuem as umidades do ar e do solo reduzidas criando condições favoráveis à ocorrência de stress hídrico, apresentam mudanças substanciais nas comunidades biológicas e processos ecológicos, entre outras formas de alteração (MEFFE; CARROL, 1994; METZGER, 1999). De um ponto de vista funcional, as bordas são áreas que modificam a intensidade dos fluxos biológicos entre unidades da paisagem, sendo essa semi-permeabilidade a responsável por controlar a intensidade e o tipo de fluxo (METZGER, 1999). Quanto maior for o contraste estrutural entre habitats adjacentes, mais intenso será o efeito de borda (MEFFE; CARROL, 1994).

A manutenção em longo prazo da integridade ecológica de sistemas naturais em uma paisagem, requer áreas naturais em tamanho e em condições suficientes. Uma paisagem muito alterada não mantém uma estrutura ambientalmente saudável que permita sustentar as atividades humanas (PIRES et al., 2002).

Devido à importância dos ecossistemas naturais para a manutenção das comunidades humanas é que se confere cada vez maior importância ao que se chama de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável pode ser definido como “desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de satisfazer as suas necessidades” (CMMAD, 1988 *apud* PIRES, 1995). Em outras palavras, a meta fundamental do desenvolvimento sustentável consiste em orientar decisões, visando à utilização adequada dos recursos naturais, a fim de manter as condições favoráveis para a qualidade de vida das gerações futuras (MISSIO, 2003).

Para se alcançar o objetivo do desenvolvimento sustentável, propõe-se a realização de ações locais, porém com pensamentos globais. Ou seja, “melhorar o gerenciamento dos recursos naturais e a conservação dos sistemas ecológicos em nível local e, com a soma das localidades, atingir a esfera global” (PIRES, 1995).

Para o gerenciamento ecologicamente adequado dos recursos disponíveis em uma região, torna-se essencial a identificação e a compreensão de como as estruturas ambientais estão dispostas e interagem na paisagem para a manutenção da integridade regional (PIRES; SANTOS; PIRES, 2003).

2. OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho foram analisar os fragmentos de vegetação natural em relação à forma, tamanho e configuração espacial na microbacia da Cachoeirinha (município de Santa Cruz da Conceição - SP) nos anos de 1962 e 2002; analisar as ameaças aos componentes bióticos em relação à estrutura da paisagem e à configuração dos fragmentos de vegetação natural referentes aos anos de 1962 e 2002; e elaborar um cenário para a microbacia, visando diminuir as ameaças ambientais ao componente biótico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o Município de Santa Cruz da Conceição, no Estado de São Paulo, situado entre os paralelos 22° 08' 26" de latitude Sul, 47° 27' 11,9" de longitude Oeste. Possui uma altitude média de 635 m e sua área corresponde aproximadamente a 162 km².

A escolha da microbacia que serviu como área de estudo seguiu os seguintes critérios: (i) a microbacia está integralmente contida dentro do município alvo de estudo; (ii) toda a área da microbacia é coberta por fotografias aéreas e (iii) parte da área contém fragmentos de vegetação natural. A delimitação manual da microbacia através das cartas topográficas foi baseada nos principais divisores de águas.

A microbacia utilizada para a realização deste trabalho está situada ao norte do município (Figura 1). Essa microbacia tem uma área de 1304 hectares, que corresponde a 8,04% da área total do município. Seu relevo é ondulado e sua matriz é ocupada principalmente por pastagens.

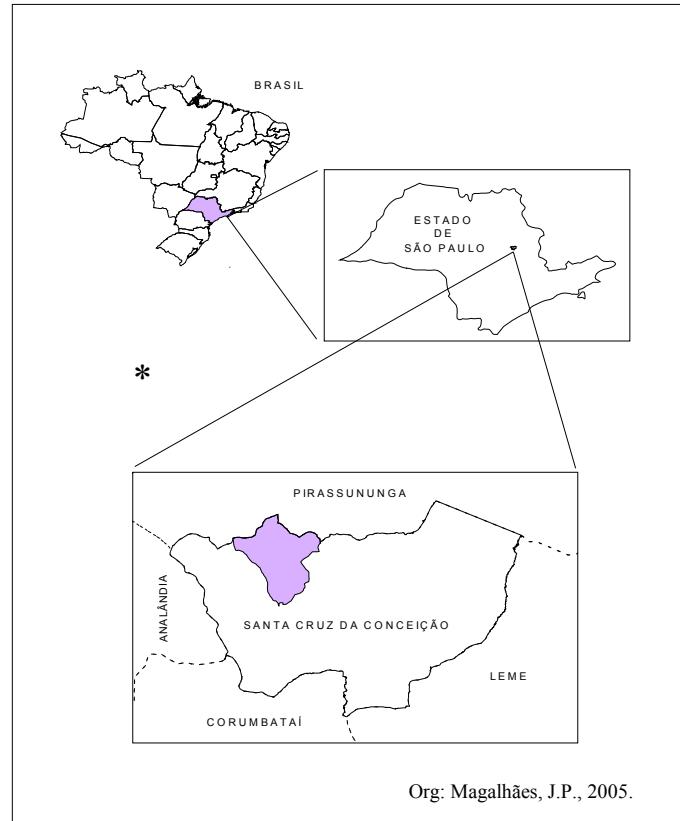


Figura 1. Localização geográfica do Município de Santa Cruz da Conceição, SP, ressaltando os municípios limítrofes e a microbacia da Cachoeirinha.

3.2. Procedimentos metodológicos

Foram utilizados os equipamentos disponíveis no Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental da Universidade Federal de São Carlos (LAPA/UFSCar), dentre os quais estão a rede de computadores e os softwares MapInfo 7.5, IDRISI 32, SPRING 4.1 e Adobe Photoshop 7.0.

A Figura 2 apresenta a descrição sumária das etapas metodológicas.

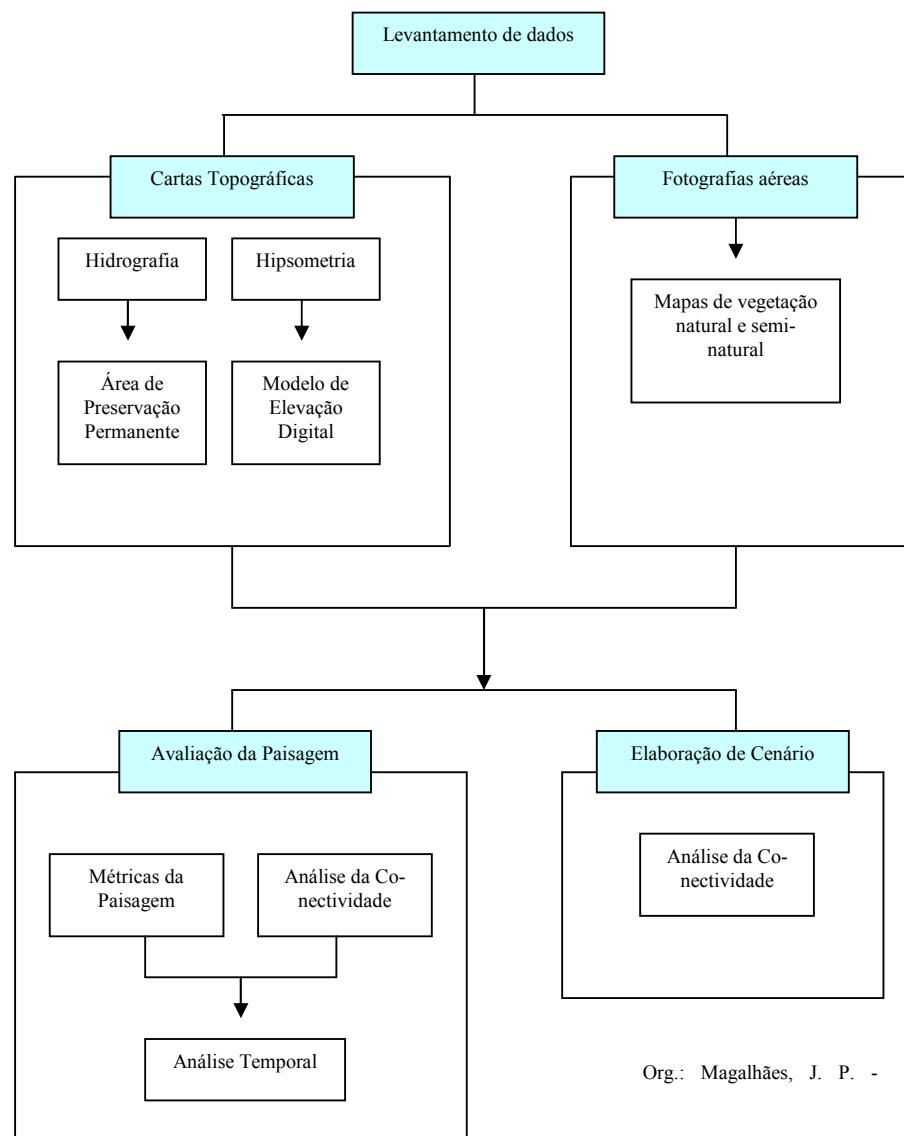


Figura 2. Descrição sumária das etapas metodológicas.

3.3. Caracterização da área de estudo

A caracterização dos componentes naturais da paisagem foi baseada em fontes documentais (cartas topográficas e fotos aéreas).

Os planos de informação de hidrografia (rios, nascentes e represas) e hipsometria (curvas de nível e pontos culminantes) foram digitalizados através do SIG Mapinfo 7.5. As cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC) referentes a Córrego da Cachoeirinha - SF-23-Y-A-I-2-NE-F e Bairro Barrocão - SF-23-Y-A-I-NE-D, na escala de 1:10.000, que deram origem aos mapas temáticos de hidrografia e hipsometria, foram anteriormente scanerizadas e então, no Mapinfo 7.5, foram registrados para posterior digitalização.

A partir do mapa de hipsometria, elaborou-se modelos digitais de elevação (DEM) nos SIG's IDRISI e SPRING.

O plano de informação sobre Área de Preservação Permanente (APP), foi elaborado a partir do mapa de hidrografia, com base na legislação vigente (Resolução CONAMA 303) que constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

- em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para curso d'água com menos de dez metros de largura;
- ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que projeta, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte.

As fotografias aéreas verticais do município (vôo BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A., de 17 e 18 de Julho de 2002 e Acervo fotográfico da Casa da Agricultura de Santa Cruz da Conceição referente a 1962) foram tratadas no software Adobe Photoshop 7.0, no qual o mosaico de fotografias aéreas foi editado. As imagens foram georreferenciadas no Mapinfo 7.5 a partir de pontos coletados em campo com GPS GARMIM. O mapeamento digital dos fragmentos de vegetação natural e seminatural, dos anos de 1962 e 2000 foi baseado na interpretação visual do fotomosaico, dando origem a novos planos de informação (mapas de vegetação natural). Os fragmentos de vegetação natural e seminatural digitalizados foram classificados nos seguintes tipos fitofisionômicos: mata ripária, mata mesófila, campo e área alagada. Cada fragmento recebeu um identificador (ID) específico e então foram calculados os seguintes parâmetros para cada um: área (ha), perímetro (m), área do borda (ha) e área de interior (ha). Para tanto foi utilizado o SIG Mapinfo 7.5. A faixa de 30 metros da borda para o interior foi considerada como “área de borda”, sendo o restante do fragmento considerado

como “interior”. É importante ressaltar que a extensão dos efeitos de borda varia em função das condições do meio, assim como das espécies e dos fatores ecológicos. Mesmo considerando-se apenas um fator ecológico, a extensão dos efeitos de borda não é constante, tornando complexa a estimativa da extensão das bordas.

4. AVALIAÇÃO DA PAISAGEM

4.1. Métricas da Paisagem

Como a ecologia da paisagem lida com a relação entre padrões espaciais e processos ecológicos, é necessário quantificar os padrões espaciais e uma das formas para se fazer isso é através das chamadas “métricas de paisagem” ou “índices da paisagem” (METZGER, 2003). Todos os índices foram calculados a partir dos mapas categóricos de tipos de vegetação natural. As métricas utilizadas nesse trabalho para análise dos riscos ambientais foram:

Área (m² e ha)

O cálculo da área de cada fragmento, através do SIG Mapinfo 7.5, possibilitou o cálculo da área total dos remanescentes naturais da paisagem e a proporção deste na microbacia.

Número de fragmentos

A fragmentação pode ser entendida como o grau de ruptura de uma unidade da paisagem e pode ser medido pelo número de fragmentos (METZGER, 2003).

Índice de borda (InB)

O InB verifica o quanto a forma do fragmento se aproxima de uma circunferência, já que as circunferências possuem borda mínima de contato e as áreas que mais se assemelharem à essas formas terão menor influência do meio externo. A forma do fragmento determina o grau do efeito de borda e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre a biodiversidade (PIRES, 1995). Para o cálculo desse índice utilizou-se o programa Microsoft Excel , baseando-se na seguinte fórmula:

$$\text{InB} = L/2 \times \sqrt{\pi}A$$

InB=Índice de borda

L=perímetro

A=área do fragmento

Relação interior/borda (I/B)

Quanto maior a razão interior/borda, maior os fragmentos e menor a vulnerabilidade às ameaças externas. O índice I/B também foi obtido a partir do Microsoft Excel.

Com a finalidade de comparação dos índices InB entre os anos de 1962 e 2002, os valores dos índices foram separados em 9 classes e verificou-se a porcentagem de fragmentos que se encontravam em cada classe. O mesmo procedimento foi realizado para comparação do índice I/B entre os anos de 1962 e 2002. A determinação do número de classes e a amplitude de cada uma foram baseadas nas seguintes fórmulas:

$K = 1 + 3.2222 \times \log n$, onde K é o número de classes e n é o número total de amostras; e $h = A/K$, onde h é o intervalo de cada classe e A é a amplitude total das amostras.

Para o cálculo das métricas InB e I/B acima, os fragmentos adjacentes (que não são separados pela matriz) foram unidos formando um só fragmento e o tipo fitofisionômico “alagado” não foi considerado, pois é um tipo não arbóreo e está pouco representativo na paisagem.

4.2. Conectividade

A análise da conectividade da paisagem, ou seja, grau de isolamento dos fragmentos de área natural foi feito através do padrão de distribuição destes. Os fragmentos são agrupados à medida que a distância d entre eles é menor do que uma distância limiar. Para tanto foram utilizadas as seguintes distâncias pré-determinadas de borda expandida: 30, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 metros (RANTA et al., 1998). Um fragmento foi considerado isolado quando, a uma distância d , não houve sobreposição da borda expandida com outros fragmentos. Os fragmentos conectados a uma distância d formam um arquipélago e o número de fragmentos em cada arquipélago foi computado. Para essa etapa utilizou-se o SIG Mapinfo 7.5, através da técnica de sobreposição (buffer) (PIRES; PIRES; SANTOS, 2004).

A distância máxima de 350 metros foi assumida como sendo aquela na qual a maioria das espécies consegue se locomover em área sem cobertura vegetal na paisagem e, portanto somente indivíduos de espécies com maior plasticidade têm capacida-

de para atravessar áreas abertas com distâncias superiores a esta (PIRES; PIRES; SANTOS, 2004). Porém é importante ressaltar que o grau de conectividade de uma paisagem a uma dada distância varia entre as espécies, dependendo das habilidades de dispersão e do padrão de deslocamento dos indivíduos (METZGER, 2003).

Nessa etapa, os fragmentos adjacentes (que não são separados pela matriz) foram unidos formando um só fragmento e o tipo fitofisionômico “alagado” não foi considerado, pois é um tipo não arbóreo e está pouco representativo na paisagem.

4.3. Análise Temporal

Os parâmetros estruturais representados por índices obtidos por métodos quantitativos, além de relacionar padrões com processos ecológicos, permitem a comparação de diferentes paisagens e a identificação de mudanças ao longo do tempo (RANIERI, 2004).

O cálculo das métricas e a análise da conectividade através do método de borda expandida foram feitos para dois momentos diferentes: 1962 e 2002. Com isso foi possível a realização de uma análise temporal, comparando-se os riscos ambientais ao componente biótico entre esses dois momentos.

4.4. Elaboração de Cenários

A partir do cenário atual, foi simulado um cenário que, visando a melhoria da integridade ecológica da microbacia, conectou os arquipélagos formados a uma distância de 30 metros de borda expandida através de APP, a qual faz o papel de corredor. Para este cenário foram considerados apenas os fragmentos de vegetação arbórea (mata ripária e mata mesófila). Na elaboração do cenário foram sobrepostos em SIG Mapinfo 7.5 os planos de informação de Área de Preservação Permanente, áreas naturais (mata ripária e mata mesófila) e áreas com infra-estrutura (onde não existe possibilidade de recuperação da vegetação). Depois de concluído, calculou-se a área total de vegetação arbórea do cenário para comparação com a área existente no cenário atual e avaliação do quanto de área natural deve ser recuperada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Métricas da Paisagem

A distribuição dos tipos fitofisionômicos na microbacia correspondente aos anos de 1962 e 2002. A **Tabela 1** representa as áreas totais de cada tipo fitofisionômico e suas respectivas porcentagens em relação à área natural e seminatural total (250,04 ha).

Tabela 1. Área e proporção de cada tipo fitosionômico da microbacia, referentes aos anos de 1962 e 2002.

Tipo fitisionômico	1962		2002	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Mata Ripária	190,85	76,33	175,11	43,82
Mata Mesófila	16,03	6,41	61,84	15,47
Campo	20,54	8,22	145,56	36,47
Alagado	22,61	9,04	17,05	4,26

As áreas naturais e seminaturais, no ano de 1962, totalizavam 250,044 ha, correspondendo a 19,17% da área da microbacia (1304 ha). Já em 2002, essa proporção aumentou para 30,64% da área da microbacia, totalizando 399,578 ha de área natural e seminatural. Contudo, esse aumento aparentemente significativo, na verdade se deve ao aumento de campos, classe de vegetação que não apresenta vegetação arbórea, sujeita a vários fatores adversos como ventos e grandes amplitudes térmicas e que possui baixa riqueza em espécies de mamíferos (ESTRADA et al., 1994 *apud* METZGER, 1999).

Esse aumento da área de campo é visível na Tabela 1, que mostra um aumento da proporção desse tipo de habitat de 8,22% em 1962 para 36,47% em 2002. Quando se faz o cálculo sem o tipo fitofisionômico “campo”, temos em 1962 uma área de vegetação natural e seminatural de 234,010 ha, correspondendo a 17,94% da área da microbacia. Da mesma forma temos, em 2002, uma área de vegetação natural e seminatural de 253,821 ha, o que corresponde a 19,46% da área da microbacia. Portanto o aumento de área natural existe, porém se não considerarmos o aumento em relação aos campos, esse se torna menos significativo.

As áreas totais de vegetação natural e seminatural em 1962 (250,044 ha) e em 2002 (399,578 ha) são divididas respectivamente em 121 e 54 fragmentos, entre mata ripária, mata mesófila, campo e alagado. Houve uma diminuição da fragmentação do ano de 1962 para o ano de 2002, quando medida pelo grau de ruptura da paisagem, is-

so porque existe uma quantidade significativamente menor de fragmentos que totalizam uma maior área de vegetação natural e seminatural,

Na comparação do grau de fragmentação desconsiderando-se o tipo fitofisionômico “campo”, tem-se em 1962 uma área total de 234,010 ha dividida em 118 fragmentos e em 2002 a área de 253,821 ha está dividida em 40 fragmentos. Existe uma diminuição da fragmentação, pois há uma quantidade significativamente menor de fragmentos em 2002 que totalizam uma maior área de vegetação natural e seminatural, apesar da diferença das áreas totais entre os anos ser menos significativa do que na comparação anterior.

É importante ressaltar que o ambiente deve ser examinado sobre as perspectivas qualitativa e quantitativa, já que ambas contribuem para o número de indivíduos das espécies em um fragmento. A quantidade refere-se ao número de habitats disponíveis para uma determinada população e a qualidade compreende qualquer coisa que determine a adaptabilidade de uma espécie em um local (quantidade de recursos, ausência de perturbações, etc.) (PIRES, 1995). Neste trabalho apenas a perspectiva quantitativa foi considerada para análise ambiental.

Uma das formas de analisar a fragmentação é através do índice de forma (InB), que indica a vulnerabilidade à perda de biodiversidade devido a fatores externos. O índice de forma, que verifica o quanto a forma de um fragmento se aproxima de uma circunferência, tem o valor mínimo de 1. Fragmentos com índice próximos a 1 são os mais arredondados e quanto maior o índice, mais alongados são os fragmentos (PIRES, 1995).

Na comparação entre 1962 e 2002 (Tabela 2), verifica-se que cerca de 1/3 dos fragmentos em ambos períodos estão incluídos na primeira classe, que contém valores de índice de 1,11 a 1,75. A segunda classe, que varia de 1,75 a 2,39, também engloba boa parte dos fragmentos, tanto em 1962 quanto em 2002. As diferenças se acentuam a partir da terceira classe, que abriga 1/4 dos fragmentos no ano 2002 e apenas 15,4% deles em 1962. Outra diferença marcante é a existência de fragmentos com valores relativamente altos em 1962, incluídos na última classe, a qual contém valores de índice de 6,23 a 6,87. Já em 2002, os fragmentos que possuem os maiores valores do índice em questão estão incluídos na sétima classe.

Portanto, houve uma melhora ambiental com relação ao índice de forma, pois os fragmentos em 2002 estão agrupados em sua maioria nas primeiras classes, que possuem menores valores de índice, indicando que as formas dos fragmentos têm maior

proximidade à forma de circunferência. Isso indica que os fragmentos em 2002 estão menos expostos aos efeitos de borda, os quais estão relacionados aos efeitos provocados por fatores ambientais e antrópicos (vento, luminosidade, agrotóxicos, fogo, etc) atuando na zona de fronteira de uma área. Existem três principais tipos de efeitos: efeitos abióticos (referentes às mudanças nas condições ambientais), efeitos biológicos diretos (referentes às mudanças na abundância e distribuição causadas pelas condições físicas locais) e efeitos biológicos indiretos (referentes às mudanças nas relações entre as espécies, como predação, parasitismo, etc.) (MURCIA, 1995 *apud* RANIERI, 2004). Quanto maior a distância entre as bordas e o centro do fragmento, mais protegidas estarão as espécies dentro dessa área (PIRES, 1995).

Tabela 2. Comparação do índice de forma entre 1962 e 2002 por meio do número de fragmentos presentes em cada classe de índice e suas respectivas proporções em relação ao número total de fragmentos.

Classes de índice	1962		2002	
	Nº fragmentos	% do total de fragmentos	Nº fragmentos	% do total de fragmentos
1,11 – 1,75	33	34,02	09	32,15
1,75 – 2,39	30	30,90	08	28,50
2,39 – 3,03	15	15,40	07	25,00
3,03 – 3,67	11	11,30	01	3,50
3,67 – 4,31	03	3,09	01	3,50
4,31 – 4,95	00	—	00	—
4,95 – 5,59	03	3,09	02	7,35
5,59 – 6,23	00	—	00	—
6,23 – 6,87	02	2,20	00	—
Total	97	100	28	100

A relação interior/borda é uma condicionante de tamanho que auxilia na análise da fragmentação e perda de habitat dos fragmentos naturais, indicando a vulnerabilidade à perda de biodiversidade devido a fatores intrínsecos. Fragmentos com razão I/B próxima de zero não possuem espécies de interior e são totalmente influenciados pelo efeito de borda, sendo mais vulneráveis aos impactos das áreas circundantes (PIRES, 1995).

Na comparação entre 1962 e 2002 (Tabela 3), verifica-se que a maioria dos fragmentos em ambos períodos está incluída na primeira classe de índice, muitos deles com valor zero, que indica a área muito reduzida desses fragmentos e, portanto uma alta vulnerabilidade à perda de biodiversidade. No entanto, apesar da maioria dos fragmentos em 2002 ainda se encontrar incluída na primeira classe de índice, houve

uma melhora em relação a 1962 e a porcentagem de fragmentos nessa classe caiu de 93,8 % para 71,4%. Em 1962, os 6,2 % de fragmentos restantes se distribuem entre as segunda, terceira, quarta e sexta classes de maneira pouco representativa. Já em 2002, na terceira classe se encontram 10,71 % dos fragmentos. Outro ponto relevante é a presença de um fragmento, em 2002, na última classe, representando o maior fragmento encontrado, com 114,53 ha.

Tabela 3. Comparação do índice de relação interior/borda entre 1962 e 2002 por meio do número de fragmentos presentes em cada classe de índice e suas respectivas proporções em relação ao número total de fragmentos.

Classes de índice	1962		2002	
	Nº fragmentos	% do total de fragmentos	Nº fragmentos	% do total de fragmentos
0,00 – 0,32	91	93,82	20	71,44
0,32 – 0,64	02	2,06	01	3,57
0,64 – 0,96	02	2,06	03	10,71
0,96 – 1,28	01	1,03	02	7,14
1,28 – 1,60	00	--	01	3,57
1,60 – 1,92	01	1,03	00	--
1,92 – 2,24	00	--	00	--
2,24 – 2,56	00	--	00	--
2,56 – 2,88	00	--	01	3,57
Total	97	100	28	100

5.2. Avaliação da conectividade

O isolamento dos habitats por barreiras que impeçam o movimento de indivíduos entre estes, é tão importante quanto à redução do tamanho das manchas de fragmentos, para a persistência das populações na paisagem.

A matriz inter-habitat inibe em geral os deslocamentos dos organismos através da paisagem e essa ação é mais ou menos intensa em função de sua permeabilidade e das capacidades de deslocamento das espécies (FRANKLIN, 1993 *apud* METZGER, 1999). O presente trabalho utilizou uma visão simplificada, decorrente da teoria da biogeografia de ilhas, na qual a paisagem é percebida como um conjunto de fragmentos de habitat dispersos numa matriz homogénea e inóspita (METZGER, 1999).

O grau de isolamento dos fragmentos de área natural e seminatural, em ambos os anos estudados, mostra um gradiente de conectividade conforme aumenta a distância entre eles (medida pela borda expandida) (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da análise da conectividade na microbacia para os anos de 1962 e 2002 em função das distâncias de borda expandida.

1	2		3		4		5		6		7	
	1962	2002	1962	2002	1962	200 2	1962	2002	1962	2002	1962	2002
30	88	20	90,72	71,42	9	8	11	4	216,10	373,67	95,00	97,69
50	91	21	93,81	75,00	6	7	6	4	221,26	373,77	97,27	97,72
100	94	24	96,90	85,71	3	4	3	3	225,51	376,17	99,14	98,34
150	96	27	98,96	96,42	1	1	1	2	226,25	381,35	99,46	99,70
200	96	27	98,96	96,42	1	1	1	1	226,25	381,35	99,46	99,70
250	96	27	98,96	96,42	1	1	1	1	226,25	381,35	99,46	99,70
300	96	27	98,96	96,42	1	1	1	1	226,25	381,35	99,46	99,70
350	96	27	98,96	96,42	1	1	1	1	226,25	381,35	99,46	99,70

(1) Distância de borda expandida (m)

(2) Nº de fragmentos conectados;

(3) % de fragmentos conectados;

(4) Nº de fragmentos isolados;

(5) Nº de arquipélagos;

(6) Área conectada (ha);

(7) % de área conectada.

Em 1962, o número de arquipélagos vai diminuindo conforme a distância da borda aumenta, pois estes vão se unindo e, consequentemente o número de fragmentos conectados nos arquipélagos vai aumentando.

A análise permite afirmar que a 30 metros existiam 11 arquipélagos, os quais vão gradualmente se unindo até formar um único arquipélago à distância de 150 metros. Desse modo, conforme aumenta a distância de borda expandida, diminui o número de fragmentos isolados. A 30 metros existiam 9 fragmentos isolados e a 150 metros esse número caiu para apenas 1 fragmento, o qual continuou isolado até a distância de 350 metros. A partir da distância de 150 metros, 98,96% dos fragmentos se tornaram conectados e assim permaneceram até a distância de 350 metros. Isso significa que todos os fragmentos, exceto um deles, estavam conectados a partir desta distância.

A área conectada, que corresponde à soma das áreas dos fragmentos que se encontram em arquipélagos, aumenta gradativamente conforme o aumento da borda expandida, sendo que a maior área conectada corresponde a 99,46% da área total dos fragmentos (a partir de 150 metros).

Em 2002, também existe uma diminuição gradual do número de arquipélagos, sendo que a 30 metros existem 4 arquipélagos e a 200 metros todos os arquipélagos se unem em um único. A diminuição do número de arquipélagos é acompanhada pela diminuição do número de fragmentos isolados. Existem 8 fragmentos isolados a 30 me-

etros e apenas 1 a 150 metros, o qual continua isolado até 350 metros. A partir da distância de 150 metros, 96,42% dos fragmentos se tornam conectados e assim permanecem até a distância de 350 metros. Isso significa que apenas um fragmento se encontra isolado a partir desta distância. O aumento gradativo da área conectada vai de 97,69 % da área total dos fragmentos a uma distância de 30 metros, até 99,70 % a 150 metros.

Comparando-se a conectividade entre os anos estudados, verifica-se que a porcentagem de fragmentos conectados é sempre maior em 1962, o que se deve ao maior número de fragmentos deste ano. Porém a área conectada, em hectares, é consideravelmente maior em 2002 em todas as distâncias de borda expandida consideradas. Por exemplo, a uma distância de 350 metros existiam aproximadamente 226,2506 ha de área conectada em 1962 e aproximadamente 381,3511 ha em 2002. Esse aumento da área conectada de 1962 para 2002 é resultado do aumento do tamanho médio dos fragmentos, que passou de 2,34 ha para 13,66 ha e que possibilitou uma maior conectividade da paisagem.

Porém, a comparação a partir da porcentagem de área conectada mostra grande semelhança entre os anos de 1962 e 2002. A alta porcentagem de área conectada, a qual varia entre 95,00% e 99,46% em 1962 e entre 97,69% e 99,70% em 2002, se deve às elevações do terreno que dificultam a ocupação humana, principal responsável pela ruptura da conectividade.

Uma diferença marcante entre os anos é verificada a distância de 30 metros, na qual existiam 11 arquipélagos em 1962 e apenas 4 em 2002, indicando um aumento da conectividade. A partir dos 50 metros verifica-se uma maior correspondência entre os anos no que se refere ao número de arquipélagos. A união dos arquipélagos em apenas um único se dá, em 1962, a distância de 150 metros e, em 2002, a 200 metros. O número de fragmentos isolados entre os anos é bastante semelhante em todas as distâncias.

5.3. Avaliação do cenário elaborado

O cenário atual composto apenas dos fragmentos de vegetação arbórea (mata ripária e mata mesófila) apresenta, a uma distância de 30 metros de borda expandida, 20 fragmentos conectados em 6 arquipélagos e 10 fragmentos isolados (**Tabela 5**), os quais totalizam aproximadamente 237,0249 ha. Existem quatro áreas que poderiam ser consideradas “fontes”, as quais estão distribuídas em diferentes arquipélagos, não havendo

portanto conexão entre elas. Nesse trabalho, os fragmentos que possuem área igual ou maior à área de vida de *Atouatta caraya* (25 ha) foram considerados como área fonte.

Tabela 5. Comparação entre paisagem atual e cenário elaborado quanto a área de vegetação arbórea e quanto ao número de fragmentos.

Área de vegetação arbórea		Número total de fragmentos	
Paisagem atual	Cenário elaborado	Paisagem atual	Cenário elaborado
237,02 ha	406,39 ha	30 (10 isolados e o restante dividido em 6 arquipélagos)	Todos os fragmentos foram conectados pela APP

Com base na sobreposição dos planos de informação de área de vegetação arbórea e de APP's, foi possível verificar que todos os remanescentes florestais estão ligados por meio de APP's. Portanto, o cenário elaborado visou a conexão de todos os fragmentos por meio da recuperação de APP, possibilitando assim a conexão entre as sub-populações, essencial para a persistência da meta população na paisagem. Um aspecto a se destacar no cenário elaborado é a conexão das áreas fontes, que possibilita a dispersão e o fluxo gênico entre as populações dessas áreas.

A área total de APP a ser recuperada, considerando somente as áreas onde existe possibilidade de recuperação, é de 166,55 ha. Depois de simulada a recuperação de APP, eventuais falhas de vegetação no interior dos fragmentos também foram "preenchidas". O cenário elaborado totaliza uma área de vegetação arbórea de 406,39 ha, que corresponde a 169,36 ha a mais do que o cenário atual. No cenário elaborado, as áreas de vegetação arbórea correspondem a 1,16% da área total da microbacia, enquanto que no cenário atual essa proporção é de 18,17%.

Além de possibilitar o movimento dos indivíduos das sub-populações entre os fragmentos, a recuperação da APP aumenta a área total de vegetação arbórea e consequentemente aumenta a quantidade de recursos disponíveis. Uma das funções dos corredores é de constituir um suplemento de habitat na paisagem, assim como áreas de refúgio para a fauna no caso de perturbações (SAUNDERS et al., 1991 *apud* METZGER, 1999). No caso de *Alouatta caraya*, os corredores são especialmente importantes como suplementos de habitat, já que essa espécie mostra preferência para utilização de matas ripárias (DORNELLES, 2001). A preferência por matas associadas a corpos d'água pelos primatas está associada ao fato de que essas áreas provêm mais recursos durante todo ano. Portanto, a manutenção desses habitats é prioritária para o sucesso de primatas na paisagem (DORNELLES, 2001).

Nesse caso, a APP serve como corredor, aumentando a conectividade da paisagem. As zonas riparianas atuam como excelentes corredores em faixa, protegendo importantes habitats ao mesmo tempo (PIRES et al., 2000). Como já dito antes, corredores são estruturas de vegetação lineares que ligam pelo menos dois fragmentos. Os corredores são reconhecidos por serem facilitadores de fluxos hídricos e biológicos na paisagem (FORMAN & GODRON, 1986). A taxa de mortalidade e de predação no interior do corredor é mais baixa do que na matriz, permitindo assim um movimento mais intenso através do mesmo (SOULÉ & GILPIN, 1991 *apud* METZGER, 1999). Ao facilitarem os fluxos entre fragmentos, os corredores permitem reduzir os riscos de extinção local e favorecem as recolonizações, aumentando assim a sobrevivência das metapopulações (MERRIAM, 1991 *apud* METZGER, 1999).

Os corredores desempenham quatro funções principais: função de habitat para sobrevivência, reprodução e movimentação de organismos; função de facilitadores da movimentação de organismos, função de filtro ou barreira para o fluxo de energia, nutrientes e espécies; e função de fonte de efeitos bióticos e abióticos sobre o entorno (McGARIGAL et al., 2002 *apud* RANIERI, 2004).

A eficiência dos corredores na conexão das áreas naturais como forma de resolver o problema de isolamento e de diminuir as ameaças à biodiversidade ainda é discutida por diversos autores (NOSS, 1987, SOULÉ, 1991 *apud* PIRES et al., 2000). A efetividade ou não dos corredores está relacionada às características das espécies (área de vida, padrões de dieta e forrageamento e estrutura social), ao contexto da paisagem e a estruturas dos habitats (quantidade de espécies arbóreas, tamanho do rio, etc) (PIRES et al., 2000).

Comparando-se o cenário atual e o elaborado, houve uma significativa melhoria da qualidade ecológica, que aumenta a possibilidade de persistência de *Alouatta caraya* e consequentemente também de outras espécies na paisagem. Essa melhora é visualizada pelo aumento total da área de vegetação arbórea e da conectividade da paisagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem deste trabalho permitiu um diagnóstico da condição da microbacia do Córrego da Cachoeirinha, indicando as áreas críticas que deverão ser restauradas para

melhorar a integridade ecológica da paisagem, por meio da conexão entre os blocos de vegetação que contêm a biodiversidade.

A situação atual da microbacia da Cachoeirinha representa uma menor ameaça à biodiversidade se comparada ao ano de 1962, pois existem menos fragmentos, porém com maior área e que estão menos expostos ao efeito de borda. No entanto, essa paisagem não é capaz de manter as metas populacionais de espécies com baixa plasticidade ou com grandes áreas de vida, pois apesar da melhoria ambiental ainda existe uma extrema fragmentação da paisagem, onde os fragmentos são pequenos e isolados. Essa configuração tem implicações na integridade ecológica e consequentemente na capacidade de manter os serviços ambientais essenciais. A baixa conectividade entre os fragmentos e entre as áreas fontes impede parte do fluxo de espécies e material biológico, definindo um estado de aumento na extinção local.

A partir dos resultados deste trabalho, foi possível se verificar a modificação da paisagem através do tempo e, consequentemente, a elaboração de um diagnóstico da paisagem atual com o objetivo de verificar quais fragmentos de área natural são essenciais ou mais importantes na paisagem para a manutenção das populações. Além disso, esse trabalho pode servir de base para estudos futuros, que venham complementar e melhorar a compreensão da qualidade ambiental e consequentemente ajudar os tomadores de decisão.

Os cenários elaborados tornam-se uma ferramenta de manejo usada para aperfeiçoar a qualidade das tomadas de decisão e somente são válidos quando seus resultados e implicações são incorporados aos planos de ação. Importante lembrar que cenários não devem ser entendidos como prognósticos, pois eles apenas representam uma forma de aumentar a compreensão das consequências de eventos potenciais e políticas de longo prazo.

Os resultados e aplicações desses estudos podem auxiliar a ordenação territorial e a definição de políticas públicas regionais coerentes com o desenvolvimento sustentado, incluindo utilização racional dos recursos naturais, minimização dos impactos ambientais e conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, H. A.; SANTOS, M. P. S. Cenários: o estudo de futuros alternativos. *Ciência e Cultura*. v. 41. n. 3, 1989, p. 241-249.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD).
Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro: Ed. FGV. 430 p. 1988.

DE GROOT, R. S. **Functions is nature:** evaluation of nature in environmental planning, management and decision making. Wageningen, Netherlands: Wolters Noordhoff. 1992.

DORNELLES, S. S. **Censo e análise de habitat para conservação e manejo de primatas (Estações Ecológica de Jataí e Experimental de Luiz Antônio, SP).** 2001. Dissertação (Mestrado) - PPG-ERN, UFSCar. São Carlos.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R.; MERITT, D. Non flying mammals and landscape changes in the tropical rain forest region of Los Text as, Mexico. **Ecography.** n. 17, 1994, p. 229-241.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology.** New York: John Wiley & Sons. 1986.

FRANKLIN, J. F. Preserving biodiversity: species, ecosystems or landscape? **Ecol. Appi.** n. 3, 1993, p. 202-205.

MAGALHÃES, J. P. **Análise da paisagem da microbacia hidrográfica da Cachoeirinha no município de Santa Cruz da Conceição: Ameaças ambientais à biodiversidade de fragmentos de vegetação natural.** 2005. 87 p. Monografia (Conclusão do Curso em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. São Carlos.

McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE. E. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps.** (Computer software program produced by the authors). Amherst: University of Massachusetts. Disponível em:
<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> Acesso em: 2002.

MEFFE, G. K.; CARROLL, R. **Principles of conservation biology.** Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA. 1994.

MERRIAM, G. Corridors and Connectivity: Animal Populations in Heterogeneous Environments. In: SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R. J. (Orgs.). **Nature Conservation 2: The Role of Conidors.** Chipping Norton, Surrey Beatty & Sons. 1991. p. 133-142.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. In: **Acad. Bras. Ci.**, v. 71, n. 3-14, 1999, p. 445-463.

METZGER, J. P. **Métodos de estudo em biologia da conservação.** CUIIEN JR., L.; RUDRAN, R.; PÁDUA, C. V. (Orgs.). Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná. 2003.

MISSIO, E. **Caracterização, Diagnóstico e Proposta de Zoneamento Ambiental para o Município de Frederico Westphalen – RS.** 2003. Tese (Doutorado). PPG-ERN. UFSCar. São Carlos.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution (TREE),** v. 10, n. 2, 1995, p. 58-62.

NOSS, R. F. Corridors in Real Landscape: A Replay to Simberloff and Cox. **Conserv. Biol.** 11:159-164, 1987.

PIRES J. S. R.; SANTOS J. E.; PIRES, A. M. Z. C. R. Aspectos conceituais para a gestão biorregional. cap. 8, p. 118-131. In: **Áreas Protegidas: Conservação no Âmbito do Cone Sul.** Bager, A (Ed.). Pelotas: Universidade Católica de Pelotas. Ed. Pallotti. 2003.

PIRES, A. M. Z. C. R., PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. Avaliação da integridade ecológica em bacias hidrográficas. In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. Z. C. R. (Orgs.). **Faces da Polissemia da Paisagem:** Ecologia, Planejamento e Percepção. São Carlos: Editora Rima - FAPESP, 2004.

PIRES, J. S. R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural:** Abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio – SP. 1995. Tese (Doutorado) - PPG-ERN. UFSCar. São Carlos.

PIRES, J. S. R.; MATTEO, K. C.; CASTRO, M. B.; DEL PRETTE, M. E. Zoneamento ecológico-econômico e áreas protegidas: o caso do Baixo Parnaíba. **Anais do III Congresso Brasileiro de**

Unidades de Conservação. Fortaleza: Rede Nacional Pró- Unidades de Conservação: Fundação o Boticário de Proteção à Natureza: Associação Caatinga. v. 1, 2002. p. 124-134.

PIRES, J. S. R; SANTOS, J. E.; PIRES, A. M. Z. C. R.; MANTOVANI, J. E.; PAESE, A. Estratégia "Inter-Situ" de conservação: elaboração de cenários regionais para conservação da biodiversidade. **Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação.** Universidade Federal do Espírito Santo- Vitória- ES. v. 1: 6 1-69, Publicação ACIESP n. 109-1. 2000.

RANIERI, V. E. L. **Reservas legais: critérios para localização e aspectos de gestão.** 2004. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.

RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN. M. The Fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation.** n. 7, 1998, p. 385-403.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Consent. Biol.** n. 5, 1991, p. 18-32.

SOULE, M. E.; GILPIN, M. E. The Theory of Wildlife corridor capability. In: SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J., (Orgs.). **Nature Conservation 2:** the role of corridors. Chipping Norton, Surrey Beatty & Sons. 1991. p. 3-8.

WILSON, I. From scenarios thinking to strategic action. **Technological Forecasting and Social Change.** n. 65, 2000, p. 23-29.

Ronaldo Tavares de Araújo

Professor do Centro Universitário Anhanguera
- Unidade Leme.

Julia Bernardino

Professora do Centro Universitário Anhanguera
- Unidade Leme.

Juliana Pinheiro de Magalhães

Bacharel em Ciências Biológicas – UFSCar.