

## Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP

## Landscape structure analysis of the Corumbataí River Basin, SP

Roberta de Oliveira Avena Valente  
Carlos Alberto Vettorazzi

---

**RESUMO:** A Bacia do Rio Corumbataí, localizada em uma porção do território paulista de grande importância econômica, sob o ponto de vista do desenvolvimento agrícola e industrial, sofre com um desordenado processo de uso e ocupação do solo e com a conseqüente redução de sua biodiversidade. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a estrutura florestal dessa bacia, levando em consideração sua divisão em sub-bacias, definindo o padrão de fragmentação florestal de sua paisagem. Para essa análise foi produzido o mapa de uso e cobertura do solo e aplicados índices de Ecologia da Paisagem em nível de classe de uso e cobertura do solo (Floresta Estacional Semidecidual e cerrado). O mapa de uso e cobertura do solo foi produzido pela classificação digital supervisionada de imagens orbitais digitais (SPOT e LANDSAT). Os índices de Ecologia da Paisagem foram determinados por sub-bacias, sendo utilizados grupos de índices de área, de densidade, de tamanho, de área nuclear, de forma, de proximidade e de dispersão e justaposição. Com base no mapa de uso e cobertura do solo e nesses índices, pode-se constatar que as sub-bacias do Passa-Cinco e do Alto Corumbataí são as porções da bacia onde se tem a maior área de floresta nativa e os maiores fragmentos dessa vegetação. De maneira contrária, tem-se nas sub-bacias do Ribeirão Claro, do Baixo Corumbataí e, principalmente, do Médio Corumbataí, os menores valores para tamanho médio de fragmentos da bacia e também um menor percentual de paisagem com floresta nativa. O cerrado, por sua vez, está presente nas sub-bacias do Alto Corumbataí, do Passa-Cinco e do Ribeirão Claro. Ele influencia diferentemente no grau de isolamento e na estrutura florestal dessas três sub-bacias, mas tem maior influência no Alto Corumbataí, onde está preferencialmente concentrado. Dessa maneira, pode-se concluir que os índices de Ecologia da Paisagem, em nível de classe de uso e ocupação, quando avaliados conjuntamente, permitiram a análise da estrutura florestal da bacia de maneira satisfatória; a bacia teve sua cobertura florestal fragmentada e que essa fragmentação foi mais intensa nas sub-bacias do Baixo Corumbataí, do Ribeirão Claro e do Médio Corumbataí; o cerrado é a formação florestal que mais sofreu com as ações antrópicas ocorridas na Bacia do Rio Corumbataí; e a fragmentação florestal dessa bacia está intrinsecamente relacionada ao processo inadequado de uso e ocupação do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecologia da paisagem, Bacia do rio Corumbataí, Fragmentação florestal

**ABSTRACT:** The Corumbataí River Basin, in the State of São Paulo, Brazil, presents a high fragmentation level of its original forest cover, as a consequence of an inadequate process of occupation. This fact has affected deeply its biodiversity. The objective of this work was to perform the landscape structure analysis of this area. The analysis was based on the land use / land cover map (taking into consideration the sub-basins) and landscape ecology indices at the class level (Seasonal Semideciduous Forest and Cerrado). The land use / land cover map was produced through a supervised digital classification of satellite images (SPOT and LANDSAT). Landscape ecology indices were determined for each sub-basin. The following index groups were determined: area, density, size and variability metrics, core area, shape, proximity, and interspersion and juxtaposition. Based on land use / land cover map and those indices one can assert that the Passa-Cinco and Alto Corumbataí are the sub-basins with the largest area of native forest and the largest native fragments. The sub-basins of Ribeirão Claro, Baixo Corumbataí, and Médio Corumbataí present the smallest values of mean fragment size and the smallest area of native forest of the Corumbataí River Basin. The cerrado is present in the Alto Corumbataí, Passa-Cinco, and Ribeirão Claro sub-basins. This vegetation influences differently the landscape structure of these sub-basins, mainly in the Alto Corumbataí where it is concentrated. The main conclusions of this work were: by using the landscape indices (at a class level), it was possible to analyze the landscape structure of the Corumbataí River Basin; the native forest is highly fragmented, mainly in the Baixo Corumbataí, Ribeirão Claro, and Médio Corumbataí; the fragmentation affects more the Cerrado than the native forest in this basin; the forest fragmentation is related to the inadequate process of land occupation of this area.

**KEYWORDS:** Landscape ecology, Corumbataí river basin, Forest fragmentation

## INTRODUÇÃO

Na atualidade, com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, observa-se um intenso processo de substituição das paisagens naturais por outros usos do solo e a conversão das áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ao meio ambiente e, em muitos casos, afetando a disponibilidade e a qualidade de recursos naturais importantes à população de uma região.

Nessas condições, encontra-se a Bacia do Rio Corumbataí, que está localizada em uma porção do território paulista de grande importância econômica, sob o ponto de vista do desenvolvimento agrícola e industrial. Originalmente, essa bacia era coberta principalmente por Floresta Estacional Semidecidual e, em áreas menores, por cerrado (Koffler, 1993). Seu processo de degradação florestal teve início no começo do século XX, com a implantação das culturas agrícolas.

O Rio Corumbataí assume importância regional pelo seu potencial hídrico, capaz de

abastecer municípios importantes, como Rio Claro e Piracicaba, e outros menores como Analândia, Charqueada, Ipeúna etc.

A importância regional dessa bacia tem levado à necessidade do entendimento da estrutura de sua paisagem, o que fundamenta a análise dos processos relacionados à conservação e à preservação de sua cobertura florestal.

O entendimento das relações espaciais entre fragmentos florestais, das interações e das mudanças estruturais de uma paisagem, tem sido objeto de estudo da Ecologia da Paisagem.

A Ecologia da Paisagem avalia os atributos da terra como componentes de ecossistemas e também os processos que influenciam estes componentes, incluindo um estudo especial de variáveis-chave controladas pela inteligência humana (Naveh e Lieberman, 1994).

Turner e Gardner (1990) citam que, para as caracterizações quantitativas dessa ciência, têm sido empregados os índices de Ecologia da Paisagem. Esses índices permitem a compara-

ção entre paisagens, a identificação das principais diferenças e a determinação das relações entre os processos funcionais e os padrões das paisagens. Isto porque eles possibilitam a quantificação da composição e da configuração dessas paisagens.

A composição refere-se às feições associadas à presença ou à ausência dos elementos na paisagem, enquanto que a configuração está relacionada à distribuição física desses elementos na paisagem (McGarigal e Marks, 1995).

A variedade de índices existentes na Ecologia da Paisagem, levou autores como McGarigal e Marks (1995) a agruparem esses índices em algumas categorias, como os índices de área, os índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica, os índices de borda, os índices de área nuclear, os índices de distância, e os índices de dispersão e justaposição, entre outros.

Os índices de área quantificam a composição de uma paisagem. Forman e Godron (1986) citam que a área de um fragmento é uma das mais importantes informações de uma paisagem, não somente porque é a base para o cálculo de outros índices, como também porque é, por si só, uma informação de grande valor.

Ranta et al. (1998), em seu estudo sobre o tamanho, a forma e a distribuição dos fragmentos, numa área de 1500 ha de Floresta Atlântica brasileira, observaram que 48% dos fragmentos têm área menor que 10 ha e que somente 7% dos fragmentos dessa formação têm área maior que 100 ha. Os autores constataram ainda que 30% do total de vegetação, dessa área, é constituída de vegetação de borda.

Os índices de tamanho e de variabilidade métrica, por serem medidas da configuração da paisagem, contribuem para o entendimento da espacialização dos fragmentos de floresta e do processo de fragmentação florestal. Oliveira (2000), na avaliação de uma paisagem com Floresta Atlântica Semidecidual, altamente fragmentada, obteve valor de densidade de fragmentos

de 3,3 frags/100 ha, com tamanho médio de 1,7 ha.

Os índices de forma são responsáveis pela configuração da paisagem. McGarigal e Marks (1995) citam que a quantificação dessa variável é extremamente complicada, sendo necessário adotar-se uma paisagem padrão, para efeito de comparação.

Jorge e Garcia (1997), no estudo da fragmentação das formações de floresta mesófila e de vegetação de cerrado na região de Botucatu, SP, encontraram valores de 1,61 e 1,53, respectivamente, para o índice de forma dessas classes de vegetação.

Os índices de área nuclear refletem tanto a composição quanto a configuração de uma paisagem e, na maioria dos casos, dependem de outros índices (densidade, índices de borda e forma) para serem melhor interpretados (McGarigal e Marks, 1995). Os autores citam, ainda, que são um melhor indicativo da qualidade dos fragmentos do que sua área total, sendo afetados diretamente pela forma e borda dos fragmentos.

A borda é a região do fragmento sob maior influência da matriz e, por consequência, das ações antrópicas que contribuem para o processo de fragmentação florestal, dentre as quais podem se citar os incêndios florestais. Vettorazzi et al. (2000), no mapeamento de risco de incêndios florestais na Bacia do Rio Corumbataí, encontraram aproximadamente 38% da área dessa bacia com alto risco de incêndios.

Os índices de distância são calculados com base na distância euclidiana, tendo por base as suas bordas. São medidas da configuração da paisagem.

Hargis et al. (1998), avaliando o comportamento dos índices comumente empregados em Ecologia da Paisagem, relatam que o índice de distância é sensível ao tamanho dos fragmentos.

A importância de conhecer o grau de proximidade entre fragmentos também foi relatada

por Metzger (1997). O autor cita que a conectividade entre fragmentos foi um importante fator físico relacionado às variações na riqueza de espécies arbóreas, nos fragmentos de Floresta Atlântica estudados.

Os índices de dispersão e justaposição são, por sua vez, medidas da configuração da paisagem e possibilitam avaliar a extensão na qual os fragmentos estão agregados ou dispersos em uma paisagem e, ainda, quantificar a distribuição espacial de um tipo de fragmento nessa paisagem.

Para a aplicação prática dos conceitos de Ecologia da Paisagem, é necessária, contudo, uma prévia caracterização da paisagem. Neste sentido, as técnicas de geoprocessamento, em especial o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas, vêm assumindo papel estratégico nesse ramo da ciência.

O sucesso da aplicabilidade do sensoriamento remoto deve-se principalmente às suas características de multiespectrabilidade, de visão sinóptica, de repetitividade, que permitem

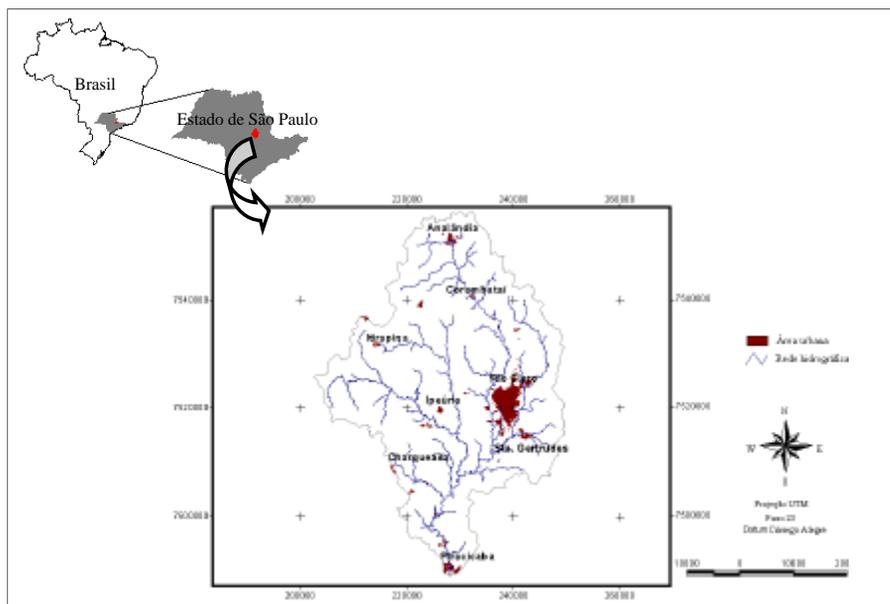
uma melhor caracterização dos atributos de uma paisagem. Os sistemas de informações geográficas têm-se destacado pela sua capacidade de interação e análise dos diferentes planos de informações que caracterizam as paisagens.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo analisar a estrutura florestal da Bacia do Rio Corumbataí, levando em consideração sua divisão em sub-bacias, definindo o seu padrão de fragmentação florestal, com base nos índices de Ecologia da Paisagem, em nível de classe.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A Bacia do Rio Corumbataí (Figura 1), localizada na porção centro-oeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22° 04' 46" S e 22° 41' 28" S e os meridianos 47° 26' 23" W e 47° 56' 15" W, tem aproximadamente 170.000 ha, sendo que a maior parte de sua área se encontra na Depressão Periférica Paulista.



**Figura 1**  
Localização da Bacia do Rio Corumbataí  
(Location of the Corumbataí river basin)

Tradicionalmente, a bacia é dividida nas seguintes sub-bacias: Alto Corumbataí (31801,68 ha), Passa-Cinco (52757,60 ha), Médio Corumbataí (29316,60 ha), Ribeirão Claro (28174,90 ha) e Baixo Corumbataí (28724,84 ha).

As características dos solos e do clima condicionaram, no passado, a vegetação natural que originalmente recobria toda a sua área, constituída por florestas, cerrados e campos cerrados (Koffler, 1993).

Na atualidade, seu uso e cobertura do solo têm predominância das culturas agrícolas, sendo, segundo Valente (2001), 43,68% de sua área ocupada por pastagem e 25,57% por cana-de-açúcar. A floresta nativa, ainda segundo a autora, recobre somente 11,11% de sua área e o cerrado “*lato sensu*” 1,25%. Seus remanescentes de floresta nativa pertencem às seguintes formações: floresta estacional semidecidual, florestas ripárias, florestas paludosas e floresta estacional decidual. O cerrado “*lato sensu*” compreende o cerrado “*stricto sensu*” e também os cerradões.

#### Descrição quantitativa da estrutura florestal da bacia

A descrição quantitativa da estrutura florestal foi realizada por sub-bacia, com o software FRAGSTATS 2.0 para DOS, e teve por base o mapa de uso e cobertura do solo da bacia, do ano de 2000, produzido por Valente (2001), a partir da classificação digital supervisionada (algoritmo de máxima verossimilhança) de imagens digitais dos satélites SPOT-4 (passagens de 22/09/1999 e 18/07/1998) e LANDSAT-5 (passagem de 02/09/1999) que, juntas, recobriam toda a área da bacia. A exatidão de classificação foi de 91,10%, com um índice Kappa (K) global de 0,9516. Esse valor de exatidão foi superior ao tido como mínimo aceitável (85%), por autores como Anderson et al. (1979) e Eastman (1995). Quanto ao valor do índice Kappa, tendo por base os intervalos propostos por Landis e Koch (1977), a classificação pode ser considerada como excelente.

O mapa de uso e cobertura do solo das sub-bacias foi reclassificado, de maneira a se obterem somente três categorias: a floresta nativa, o cerrado e outras. A categoria “outras” contemplou as classes que não são florestas naturais. Desse modo, os índices referentes a classe forneceram as descrições quantitativas das classes de vegetação floresta nativa e cerrado. Foram utilizados os seguintes índices:

(1) Índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica

✓ Número de fragmentos (NP): quantifica o número de fragmentos existentes em cada classe.

$$NP = n_i$$

$n_i$  = número de fragmentos da classe.

Unidade: número de fragmentos de um tipo de classe.

Limite:  $NP \geq 1$ , sem limite.

✓ Densidade de fragmentos (PD): expressa o número de fragmentos por unidade de área. Nesse caso, a unidade de área é de 100 ha.

$$PD = \frac{n_i}{A} \times 10000 \times 100$$

$n_i$  = número de fragmentos da classe;

$A$  = área total da paisagem.

Unidade: número de fragmentos por 100 ha.

Limite:  $PD > 0$ , sem limite.

✓ Tamanho médio dos fragmentos (MPS): é calculado com base na área total da classe e de seu respectivo número de fragmentos.

$$MPS = \frac{\sum_{j=i}^n a_{ij}}{n_i} \times \left( \frac{1}{10000} \right)$$

$a_{ij}$  = área do fragmento  $i$  na classe  $j$ ;

$j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos;

$n_i$  = número de fragmentos da classe.

Unidade: hectare (ha).

Limite:  $MPS > 0$ , sem limite.

✓ Desvio padrão do tamanho médio de fragmentos (PSSD): é uma medida de variação absoluta. Para o tamanho médio expressa, em

média, o quanto os valores observados variam em relação à sua média.

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[ a_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right]^2}{n_i}} \times \left( \frac{1}{10000} \right)$$

$a_{ij}$  = área do fragmento  $i$  na classe  $j$ ;  
 $j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos; e  
 $n_i$  = número de fragmentos da classe.

Unidade: hectare (ha)

Limite:  $PSSD > 0$ , sem limite.

✓ Coeficiente de variação do tamanho médio de fragmentos (PSCV): é uma medida de variação relativa. Dessa maneira, quantifica a variação dos dados em função da média.

$$PSCV = \frac{PSSD}{MPS} \times 100$$

$PSSD$  = desvio padrão do tamanho dos fragmentos;

$MPS$  = tamanho médio dos fragmentos

Unidade: porcentagem (%).

Limite:  $PSCV > 0$ , sem limite.

## (2) Índices de forma

✓ Índice de forma médio (MSI): expressa a forma média dos fragmentos da classe avaliada, em função da razão média perímetro / área de seus fragmentos, comparada a uma forma padrão que assume valor de MSI igual a 1. Quando se utiliza o formato raster para os mapas, essa forma padrão constitui-se em um quadrado. Dessa maneira, quanto mais distante desse padrão, mais irregular é considerada a forma e mais o valor de MSI se distancia de 1.

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{0,25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{n_i}$$

$p_{ij}$  = perímetro do fragmento  $ij$ ;  
 $a_{ij}$  = área do fragmento  $i$  na classe  $j$ ;  
 $j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos; e  
 $n_i$  = número de fragmentos da classe.

Unidade: adimensional.

Limite:  $MSI \geq 1$ , sem limite.

✓ Índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI): é calculado de maneira semelhante ao índice de forma média, no entanto, a média é ponderada de acordo com a área dos fragmentos.

$$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{0,25p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right) \times \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$$

$p_{ij}$  = perímetro do fragmento  $ij$ ;  
 $a_{ij}$  = área do fragmento  $i$  na classe  $j$ ; e  
 $j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos.

Unidade: adimensional.

Limite:  $AWMSI \geq 1$ , sem limite.

## (3) Índices de área nuclear

✓ Índice de área nuclear total (TCAI): quantifica a porcentagem da classe ocupada com área nuclear, após a retirada da faixa referente ao efeito de borda. Para os índices de área nuclear foi considerada uma faixa com largura de 20 metros (efeito de borda).

$$TCAI = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^c}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \times (100)$$

$a_{ij}^c$  = área interior do fragmento  $ij$ ;  
 $j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos.

Unidade: porcentagem (%).

Limite:  $0 \leq TCAI < 100$ .

✓ Número de fragmentos com área nuclear (NCA): expressa o número de fragmentos que

possuem área nuclear, após a retirada do efeito de borda, para cada classe.

$$NCA = \sum_{j=1}^n n_{ij}^c$$

$n_{ij}^c$  = número de áreas interiores dos fragmentos; e

$j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos.

Unidade: adimensional.

Limite:  $NCA \geq 0$ , sem limite.

#### (4) Índices de proximidade

✓ Distância média entre fragmentos (MNN): quantifica a distância média entre fragmentos de mesma classe.

$$MNN = \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n'_i}$$

$h_{ij}$  = distância (m) do fragmento  $ij$  ao vizinho mais próximo de mesma classe;

$n' = n'_i$  = número de fragmento da classe  $i$  na paisagem, que tenha vizinho próximo.

Unidade: metros (m).

Limite:  $MNN > 0$ , sem limite.

✓ Desvio padrão para a distância média entre fragmentos (NNSD): indica o quanto os valores observados estão variando em relação ao valor obtido para a média de distância entre fragmentos de mesmo tipo.

$$NNSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n'} \left[ h_{ij} - \left( \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n'_i} \right) \right]^2}{n'_i}}$$

$h_{ij}$  = distância (m) do fragmento  $ij$  ao vizinho mais próximo de mesma classe;

$j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos; e

$n' = n'_i$  = número de fragmento da classe  $i$  na paisagem que tenha vizinho próximo.

Unidade: metros (m).

Limite:  $NNSD \geq 0$ , sem limite.

✓ Coeficiente de variação para a distância média entre fragmentos (NNCV): quantifica a variação dos dados em função da média

$$NNCV = \frac{NNSD}{MNN} \times 100$$

NNSD = desvio padrão do vizinho mais próximo; e

MNN = distância média do vizinho mais próximo.

Unidade: porcentagem (%).

Limite:  $NNCV \geq 0$ , sem limite.

✓ Índice de proximidade média (MPI): quantifica a distância média entre fragmentos, de diferentes classes, tendo por base um raio previamente determinado, que nesse caso foi de 100 m.

$$MPI = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}}{n_i}$$

$s$  = número de fragmentos dentro de uma vizinhança específica;

$a_{ijs}$  = área ( $m^2$ ) do fragmento  $ijs$  dentro de uma vizinhança específica de fragmento  $ij$ ;

$h_{ijs}$  = distância entre fragmentos  $ijs$  e fragmentos  $ij$ ;

$j = 1$  a  $n \rightarrow$  número de fragmentos; e

$n_i$  = número de fragmentos da classe.

Unidade: adimensional.

Limite:  $MPI \geq 0$ .

É um bom indicativo do grau de isolamento de uma classe e foi calculado para as classes floresta nativa e cerrado, considerando todas as classes de uso e cobertura do solo existentes na paisagem. Dessa forma foi possível conhecer a disposição dos fragmentos de floresta em relação às outras classes de uso e cobertura.

(5) Índice de dispersão e justaposição (IJJ): possibilita ter o grau de agregação dos fragmentos

componentes das classes, na paisagem. Ele considera a adjacência de feições.

$$IJI = \frac{-\sum_{k=1}^{m'} \left[ \left( \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}} \right) \ln \left( \frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m'-1)} \times (100)$$

$m'$  = número de classe presentes em uma paisagem, incluindo a borda;

$e_{ik}$  = comprimento total da borda em uma paisagem entre as classes  $i$  e  $k$ ;

$i, k$  = classes avaliadas;

Unidade: porcentagem (%).

Limite:  $0 < IJI < 100$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia do Rio Corumbataí apresenta em todas as suas sub-bacias predominância de uso agrícola. De acordo com os dados de uso e cobertura do solo, obtidos por Valente (2001) e apresentados na Tabela 1, na sub-bacia do rio

Passa-Cinco a pastagem representa 51,72% de sua área, no Alto Corumbataí 48,21%; e no Médio Corumbataí 52,47%. Nas sub-bacias do Ribeirão Claro e Baixo Corumbataí, a cultura que domina a matriz é a cana-de-açúcar, ocupando 39,29% e 49,30%, respectivamente.

A predominância das culturas agrícolas, em uma paisagem, leva à diminuição da área ocupada por florestas nativas e contribui para o processo de fragmentação florestal. Na Bacia do Rio Corumbataí, onde originalmente predominavam as formações florestais e o cerrado, tem-se atualmente apenas 11,25% e 1,25% de sua área ocupada, respectivamente, por Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado “*lato sensu*” (Valente, 2001).

Nessa paisagem, as regiões com maior área de floresta nativa e cerrado são: o Passa-Cinco e o Alto Corumbataí. No Passa-Cinco têm-se 15,67% (8265,76 ha) de sua área ocupada com floresta nativa, no Alto Corumbataí 12,44% (3954,88), no Baixo Corumbataí 8,64% (2480,84 ha), no Ribeirão Claro 8,28% (2333,88 ha) e no Médio Corumbataí 6,60% (1934,04 ha).

**Tabela 1**

Uso e cobertura do solo: sub-bacias da Bacia do Rio Corumbataí.  
(Land use/land cover: sub-basins of the Corumbataí river basin)

Uso e cobertura do solo	Passa-Cinco		Alto Corumbataí		Médio Corumbataí		Ribeirão Claro		Baixo Corumbataí		Total
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Cana-de-açúcar	7455,80	14,13	3714,12	11,68	7261,32	24,77	11070,32	39,29	14161,6	49,30	43663,16
Pastagem	27286,88	51,72	15333,12	48,21	15382,64	52,47	7081,00	25,13	9507,88	33,10	74591,52
Floresta plantada	5670,48	10,75	3049,88	9,59	907,56	3,10	2816,96	10,00	72,36	0,25	12517,24
Floresta nativa	8265,76	15,67	3954,88	12,44	1934,04	6,60	2333,88	8,28	2480,84	8,64	18969,40
Cerrado	390,44	0,74	1667,4	5,24	0,24	0,00	73,12	0,26	0,00	0,00	2131,20
Fruticultura	874,72	1,66	2257,88	7,10	37,76	0,13	1646,40	5,84	0,00	0,00	4816,76
Cultura anual	245,52	0,47	58,36	0,18	280,00	0,96	812,60	2,88	344,20	1,20	1740,68
Mineração	64,32	0,12	91,28	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	155,60
Área urbana	275,24	0,52	393,92	1,24	2112,64	7,21	1275,24	4,53	675,08	2,35	4732,12
Outros	2228,44	4,22	1280,84	4,03	1400,40	4,78	1065,36	3,78	1482,88	5,16	7457,92
Total	52757,60	100,00	31801,68	100,00	29316,60	100,00	28174,88	100,00	28724,84	100,00	170775,60

Fonte: Valente (2001).

No que diz respeito à distribuição dessa floresta nativa, em número e tamanho de fragmentos, pode-se dizer, conforme apresentado nas Tabelas 2 e 3, que as sub-bacias que têm os menores tamanhos médios para fragmentos são as que apresentaram a maior densidade de fragmentos. São elas as sub-bacias do Médio Corumbataí (MPS = 2,1 ha; PD = 3,35 frag./100 ha), do Baixo Corumbataí (MPS = 3,2 ha; PD = 2,88 frag./100 ha) e do Ribeirão Claro (MPS = 3,5 ha; PD = 2,48 frag./100 ha). Esse valor da densidade de fragmentos, obtido para o Médio Corumbataí, foi semelhante ao observado por Oliveira (2000) em uma floresta altamente fragmentada.

A distribuição da área de floresta nativa, dessas três sub-bacias, em vários fragmentos, com tamanhos médios inferiores aos observados no Alto Corumbataí e no Passa-Cinco está, por sua vez, relacionada ao uso e ocupação do solo de suas paisagens, nesse caso, com predomínio da cana-de-açúcar.

Vettorazzi et al. (2000) classificaram como de alto risco para incêndios florestais as regiões, da Bacia do Rio Corumbataí, com predomínio dessa cultura agrícola. Dessa forma, além de contribuir para o processo de fragmentação florestal, o manejo dessa cultura agrícola, pode estar ocasionando a alteração da forma dos fragmentos de floresta existentes, aumentando consequentemente o efeito de borda.

**Tabela 2**

Densidade de fragmentos florestais (PD) das sub-bacias. (Patch density (PD) of forest fragments in the sub-basins)

Sub-bacia	Densidade de fragmentos (NP/100ha)	
	Floresta nativa	Cerrado
Passa-Cinco	4,15	0,12
Alto Corumbataí	2,07	0,47
Médio Corumbataí	3,35	0,00
Ribeirão Claro	2,48	0,05
Baixo Corumbataí	2,88	0,00

No Médio Corumbataí tem-se como agravante do processo de antropização dessa paisagem a expansão da área urbana da cidade de Rio Claro.

O Passa-Cinco é uma exceção, no que se refere à densidade e ao tamanho de fragmentos, porque apesar de apresentar a maior densidade de fragmentos (4,15 frags./100 ha) dentre as sub-bacias, apresenta o segundo tamanho médio de fragmentos (4,0 ha). No Alto Corumbataí tem-se o maior tamanho médio (5,8 ha) e a menor densidade de fragmentos (2,07 frag./100ha).

Os valores de MPS obtidos para essas duas sub-bacias indicam, portanto, que nelas estão os maiores fragmentos de floresta nativa da Bacia do Rio Corumbataí. Isto, entre outros fatores, porque nessas regiões estão os solos mais sensíveis à erosão e as maiores declividades da bacia.

**Tabela 3**

Tamanho médio dos fragmentos florestais (MPS) e seus desvios padrão (PSSD) e coeficientes de variação (PSCV)

(Mean patch size (MPS), patch size standard deviation (PSSD), and patch size coefficient of variation (PSCV) of the forest fragments)

Sub-bacia	Floresta nativa			Cerrado		
	MPS (ha)	PSSD (ha)	PSCV (%)	MPS (ha)	PSSD (ha)	PSCV (%)
Passa-Cinco	4,0	25,2	629,0	6,4	13,6	213,0
Alto Corumbataí	5,8	38,1	647,6	5,4	18,0	335,9
Médio Corumbataí	2,1	8,1	383,7	—	—	—
Ribeirão Claro	3,5	14,5	408,8	4,9	10,0	205,4
Baixo Corumbataí	3,2	17,8	559,1	—	—	—

Não se pode deixar de observar, na Tabela 3, que elas também apresentam os maiores valores para coeficiente de variação (PSCV) e desvio padrão (PSSD) de tamanho médio de fragmentos, o que indica que suas paisagens são compostas por grandes e também por pequenos fragmentos de floresta.

No Passa-Cinco, a maior densidade de fragmentos (4,15 frags./100 ha), dentre as sub-bacias, indica que existe a presença de um grande número de fragmentos menores do que o tamanho médio (MPS) observado. Já no Alto Corumbataí, o menor valor de densidade de fragmentos (2,07 frags./100 ha) indica que sua área de floresta nativa está concentrada em fragmentos de maior tamanho que sua média, contudo também existe a presença dos pequenos fragmentos e, por isso, os altos valores de desvio padrão e coeficiente de variação para MPS.

Com esses dois índices, pode-se começar a ter um perfil do grau de fragmentação florestal das paisagens avaliadas. Para McGarigal e Marks (1995), as paisagens que apresentam baixos valores para tamanho médio de fragmentos devem ser consideradas como as mais fragmentadas. O tamanho médio dos fragmentos é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação por ser função do número de fragmentos e da área total ocupada por floresta nativa. Quando é avaliado juntamente com a densidade de fragmentos, permite o entendimento de diferentes aspectos da estrutura de uma paisagem, dentre eles a fragmentação florestal, porque possibilita avaliar a distribuição dos fragmentos por unidade de área.

Para melhor avaliar a estrutura florestal da bacia e conhecer seu padrão de fragmentação florestal é necessário ter-se, além do número e da densidade de fragmentos, o conhecimento da forma desses fragmentos, assim como da sua distribuição na paisagem e a interação com outros usos e coberturas do solo.

Com o índice de forma médio (MSI), apresentado na Tabela 4, pode-se constatar que os

fragmentos de floresta nativa das sub-bacias têm forma irregular, tendo o Passa-Cinco e Alto Corumbataí apresentado valor de 1,5 para esse índice, enquanto que o Médio Corumbataí, o Ribeirão Claro e o Baixo Corumbataí apresentaram valor de 1,4.

Para o índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI) (Tabela 4), a sub-bacia do Alto Corumbataí obteve maior valor (5,4) que as sub-bacias do Passa-Cinco (4,5), do Baixo Corumbataí (3,2), do Ribeirão Claro (2,6) e do Médio Corumbataí (2,4). Esses valores são superiores aos observados para os índices de forma médio (MSI), em todas as sub-bacias, indicando que os fragmentos de maior área têm forma mais irregular que a média (McGarigal e Marks, 1995). Essa relação existe porque, para o cálculo do índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI), os fragmentos recebem pesos em função de seu tamanho.

**Tabela 4**

Índice de forma médio (MSI) e índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI) para floresta nativa e cerrado.

(Mean shape index (MSI) and area-weighted mean shape index (AWMSI) for the native forest and cerrado)

	Floresta Nativa		Cerrado	
	MSI	AWMSI	MSI	AWMSI
Passa-Cinco	1,5	4,5	1,4	1,9
Alto Corumbataí	1,5	5,4	1,5	2,8
Médio Corumbataí	1,4	2,4	—	—
Ribeirão Claro	1,4	2,6	1,4	1,9
Baixo Corumbataí	1,4	3,2	—	—

Como consequência de se terem, para esse índice de forma, pesos relacionados aos tamanhos de fragmentos, foram obtidos os maiores valores de AWMSI para o Alto Corumbataí e Passa-Cinco que, conforme apresentado na Tabela 3, são as sub-bacias que possuem, respectivamente, os maiores valores para tamanho médio de fragmentos (MPS).

A análise da forma de um fragmento não pode ser feita de maneira isolada, pois está di-

retamente relacionada ao tamanho do fragmento e tem grande influência no efeito de borda a que esse fragmento está submetido. Forman e Godron (1986) citam que os fragmentos de floresta com forma mais próxima à circular estão menos sujeitos às intervenções da matriz, enquanto que aqueles com forma mais alongadas são os mais sujeitos a essas intervenções. Essa região sob influência da matriz é caracterizada, em um fragmento, como sua região de borda e tem composição diferente da sua área nuclear, justamente porque está sob maior influência da matriz.

A área nuclear de um fragmento de floresta é, segundo McGarigal e Marks (1995), um melhor indicativo da qualidade dos fragmentos do que sua área total. Dessa maneira, um fragmento pode ser largo o suficiente para conter algumas espécies, mas não ter área nuclear suficiente para suportar essas espécies e, sobretudo, manter a integridade de sua estrutura natural (Turner e Gardner, 1990).

Pelo número de fragmentos com área nuclear (NCA), apresentado na Tabela 5, nota-se que o Alto Corumbataí e o Passa-Cinco, conforme os índices já discutidos, são as regiões onde se encontram os maiores fragmentos de floresta nativa da Bacia do Rio Corumbataí, tiveram maior percentual de seus fragmentos com área nuclear do que as demais sub-bacias. Elas apresentaram, respectivamente, 91,30% e 84,00% de seus fragmentos com área nuclear.

**Tabela 5**

Número de fragmentos de floresta nativa e de cerrado com área nuclear (NCA).

(Number of patches with core area (NCA) for the native forest and cerrado)

Sub-bacias	Floresta Nativa		Cerrado	
	NCA	%	NCA	%
Passa-Cinco	1837	84,00	41	67,20
Alto Corumbataí	669	91,30	256	78,77
Médio Corumbataí	733	74,60	—	—
Ribeirão Claro	557	79,60	10	71,43
Baixo Corumbataí	633	76,60	—	—

No Alto Corumbataí esse percentual (91,30%) de fragmentos com área nuclear, representa 69,81%, conforme TCAI (Tabela 6), de toda sua área de floresta nativa. Dessa maneira, o Alto Corumbataí constitui-se na sub-bacia onde se tem a classe floresta nativa com menor efeito de borda (aproximadamente 30%), mesmo tendo, segundo os índices de forma, fragmentos de maior tamanho com forma mais irregular que a média. O percentual de borda observado nessa sub-bacia foi semelhante ao encontrado por Ranta et. al. (1998).

**Tabela 6**

Índice de área nuclear total (TCAI) para floresta nativa e cerrado, nas sub-bacias do Corumbataí

(Total core area index (TCAI) for the native forest and cerrado fragments in the sub-basins)

Sub-bacias	TCAI (%)	
	Floresta Nativa	Cerrado
Passa-Cinco	67,08	77,40
Alto Corumbataí	69,81	72,85
Médio Corumbataí	60,45	—
Ribeirão Claro	68,00	73,09
Baixo Corumbataí	67,94	—

O Passa-Cinco, apesar de ter 84% de seus fragmentos com área nuclear, apresentou para o índice de área nuclear (67,08%), valor semelhante ao observado para as sub-bacias do Baixo Corumbataí (67,94%) e do Ribeirão Claro (68,00%). Essas duas sub-bacias têm sua estrutura florestal, no que se refere a área ocupada em sua paisagem por floresta nativa, a densidade, o tamanho e mesmo a forma, diferente do Passa-Cinco. Dessa maneira essa semelhança, quanto ao efeito de borda, é consequência da presença dos fragmentos de floresta com tamanho inferior ao tamanho médio, conforme indicaram os índices de tamanho e, principalmente, de densidade.

Para o Médio Corumbataí obteve-se 74,60% de seus fragmentos com área nuclear (Tabela 5); contudo, a área de floresta nativa (1934,04 ha) dessa sub-bacia é reduzida e está distribuí-

da, predominantemente, em pequenos fragmentos (MPS=2,1 ha; PD=3,35 frags/ha), o que condicionou um menor valor (60,45%) para o índice de área nuclear total (TCAI), dentre as sub-bacias. Pode-se assim dizer que essa é a sub-bacia que apresenta, para a classe floresta nativa, um maior efeito de borda.

Quando se desconsidera a área ocupada por vegetação de borda, o Médio Corumbataí continua sendo a sub-bacia com menor área de floresta nativa (1169,10 ha), seguida pelas sub-bacias do Ribeirão Claro (1587,00 ha), do Baixo Corumbataí (1685,50 ha), do Alto Corumbataí (2760,90 ha) e do Passa-Cinco (5544,70 ha). Mantém-se, dessa forma, a hierarquização das sub-bacias, no que diz respeito à área ocupada por floresta nativa, mesmo desconsiderando a vegetação de borda.

A respeito da proximidade entre fragmentos de floresta, pode-se constatar com o índice de proximidade média (MPI) entre fragmentos (considerando-se todas as classes de uso e cobertura do solo), para um raio de 100 m, e com o índice de distância média (MNN) entre fragmentos (considerando somente a classe floresta nativa), apresentados nas Tabelas 7 e 8, que o Passa-Cinco (MPI=369,36; MNN=79 m) e o Alto Corumbataí (MPI=328,98; MNN=100,2 m) são, dentre as cinco sub-bacias, as que possuem seus fragmentos com uma menor interação com os outros usos e coberturas do solo e que estão mais próximos entre si.

**Tabela 7**

Índice de proximidade média (MPI) para fragmentos de floresta nativa e de cerrado, considerado um raio de 100 metros.

(Mean proximity index (MPI) for the native forest and cerrado fragments, considering a 100m radius)

Sub-bacias	Floresta Nativa	Cerrado
Passa-Cinco	369,36	40,74
Alto Corumbataí	328,98	245,04
Médio Corumbataí	33,72	—
Ribeirão Claro	86,53	93,99
Baixo Corumbataí	147,25	—

Hargis et al. (1998) citam que o valor do índice de distância média (MNN) e de seus respectivos desvios padrão e coeficiente de variação, apresentam-se uniformemente baixos para paisagens em que os fragmentos de floresta estão agregados e que, em paisagens fragmentadas, tendem a diminuir à medida em que os distúrbios são controlados.

Pode-se assim dizer que a bacia teve sua floresta nativa fragmentada, mas que essa fragmentação foi mais intensa nas sub-bacias do Baixo Corumbataí, do Ribeirão Claro e do Médio Corumbataí, conforme já indicaram os índices de densidade, tamanho, forma, área nuclear e indicam os índices de distância que, por sua vez, descrevem fragmentos distantes uns dos outros (MNN) e mais sujeitos às influências do uso e cobertura dominante na paisagem em que estão inseridos (MPI). Foram observados para MPI (raio de 100 m) e MNN, respectivamente, os valores de 33,72 e 113,70 m para o Médio Corumbataí, de 86,53 e 123,10 m para o Ribeirão Claro e de 147,25 e 112,30 m para o Baixo Corumbataí.

As sub-bacias que apresentaram os menores valores de MPS, a maior densidade de fragmentos e o maior efeito de borda foram, portanto, aquelas com as maiores distâncias entre fragmentos e, conseqüentemente, sob maior influência da matriz. Dentre as três sub-bacias foi no Médio Corumbataí onde se observaram o menor valor de MPS, o maior de PD, o maior efeito de borda, a maior distância entre fragmentos e a maior interação com seus outros usos e coberturas do solo.

O efeito da distância entre fragmentos é difícil de ser estimado, contudo, Jarvinen (1982) cita que, quanto maior o grau de isolamento de um fragmento de floresta, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que podem chegar a ocupar todo o remanescente. Isto porque o grau de isolamento afeta diretamente a qualidade de um remanescente de floresta, em função de afetar a movimentação de organismos e a dispersão das espécies de floresta.

**Tabela 8**

Distância média (MNN) entre os fragmentos de floresta nativa e entre os fragmentos de cerrado, para as sub-bacias.

(Mean nearest neighbor distance (MNN) between the native forest fragments and between the cerrado fragments, in the sub-basins)

Sub-bacias	Floresta Nativa			Cerrado		
	MNN (m)	NNSD (m)	NCCV (%)	MNN (m)	NNSD (m)	NCCV (%)
Passa-Cinco	79,4	85,7	107,9	148,7	267,0	179,5
Alto Corumbataí	100,2	104,3	104,1	156,6	330,5	211,0
Médio Corumbataí	113,7	118,2	103,9	—	—	—
Ribeirão Claro	123,1	145,6	118,2	35,8	21,8	61,1
Baixo Corumbataí	112,3	129,7	115,5	—	—	—

Nas sub-bacias do Passa-Cinco, do Alto Corumbataí e do Ribeirão Claro, a distribuição na paisagem dos fragmentos de floresta nativa tem ainda a influência dos fragmentos de cerrado.

O cerrado é um bioma que tem sido intensamente devastado no Brasil, para dar lugar às atividades agropecuárias. No Estado de São Paulo resta apenas 1% desse tipo de vegetação, que está distribuído, preferencialmente, na região centro-norte (Secretaria do Meio Ambiente, 1998). É uma formação com características ecológicas e fisiológicas que a diferem das formações florestais, tendo alto valor para a conservação da biodiversidade.

Na Bacia do Rio Corumbataí o cerrado ocupa, de acordo com Valente (2001), apenas 1,25% (2131,20 ha) de sua paisagem. Desse total de vegetação tem-se, conforme a Tabela 1, no Alto Corumbataí, 1667, ha (5,24% de sua área total), no Passa-Cinco, 390,44 ha (0,74% de sua área total) e no Ribeirão Claro, 73,12 ha (0,26% de sua área total).

A presença dos fragmentos de cerrado e de floresta nativa, preferencialmente no Passa-Cinco e no Alto Corumbataí, está condicionada a características relacionadas ao clima, ao tipo de solo e, principalmente, ao relevo, sendo que originalmente constituíam os tipos de vegetação predominantes na bacia (Koffler, 1993).

No Alto Corumbataí esses fragmentos de cerrado encontram-se espacializados, conforme a Tabela 2, com uma densidade de 0,47 frags./100 ha. As sub-bacias do Passa-Cinco e do Ribeirão Claro apresentaram, respectivamente, densidade de 0,12 frags./100 ha e 0,05 frags./100 ha (Tabela 2). Tem-se assim o Alto Corumbataí com a maior densidade de fragmentos de cerrado. Mesmo nessa porção da bacia, a densidade de fragmentos de cerrado foi inferior à da floresta nativa, já como consequência da sua reduzida área de domínio.

Quanto ao tamanho médio dos fragmentos de cerrado (Tabela 3), nota-se que o Passa-Cinco é a sub-bacia com maior valor (MPS = 6,4 ha), seguida pelas sub-bacias do Alto Corumbataí (MPS = 5,4 ha) e do Ribeirão Claro (4,9 ha). Do mesmo modo que ocorre com a floresta nativa, tem-se no Passa-Cinco e no Alto Corumbataí os maiores fragmentos de cerrado da bacia. Nesse caso, a sub-bacia com os maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação para MPS é o Alto Corumbataí (PSSD = 18,0 ha; PSCV = 335,9%), seguida pelo Passa-Cinco (PSSD = 13,6 ha; PSCV = 213%) e Ribeirão Claro (PSSD = 10,0 ha; PSCV = 205,4%).

Os valores de coeficiente de variação e desvio padrão indicam a variação de tamanho dos fragmentos de cerrado existentes nessas sub-bacias, principalmente no Alto Corumbataí, que é a porção da bacia com maior área de cerrado.

Comparando as duas formações florestais da bacia, ainda quanto ao tamanho médio de seus fragmentos, nota-se que o cerrado apresentou no Passa-Cinco e no Ribeirão Claro valores superiores aos observados para a floresta nativa. Quanto aos valores de PSSD e PSCV esses se apresentaram inferiores aos observados para a floresta nativa, isto em todas as sub-bacias, também como influência da menor área e do menor número de fragmentos de cerrado existentes.

A respeito da forma desses fragmentos tem-se, com o índice de forma média (MSI) e de forma média ponderada pela área (AWMSI) (Tabela 4), que os fragmentos de cerrado possuem, nas três sub-bacias, forma irregular e que aqueles com tamanho superior ao médio de cada região, têm forma mais irregular que a média dos fragmentos. Os valores de MSI foram de 1,5 para o Alto Corumbataí e de 1,4 para o Passa-Cinco e Ribeirão Claro e sendo seus valores de AWMSI respectivamente de 1,9; 2,8; e 1,9.

O Alto Corumbataí foi, portanto, a sub-bacia com maior valor de AWMSI, o que pode ser um indicativo de que, além de seus fragmentos de maior tamanho terem forma mais irregular do que o observado para o Passa-Cinco e Ribeirão Claro, podem-se ter, nessa porção da bacia, valores de área para os fragmentos de maior tamanho, superiores ao observado para as outras duas sub-bacias. Esses maiores fragmentos foram os responsáveis por se ter no Alto Corumbataí o maior valor, dentre as sub-bacias, para o tamanho médio de fragmentos (MPS).

Comparando os índices de forma (Tabela 4) dos fragmentos de cerrado e de floresta nativa, tem-se valores de MSI semelhantes para ambas e valores de AWMSI inferiores para o cerrado.

Avaliando a área nuclear da vegetação de cerrado obteve-se (Tabela 5) no Alto Corumbataí 78,77% de seus fragmentos com área nuclear, no Ribeirão Claro 71,43% e no Passa-Cinco

67,20%. Mesmo tendo o maior percentual de fragmentos com área nuclear, o Alto Corumbataí obteve, de acordo com o índice de área nuclear (TCAI) na Tabela 6, 72,85% de sua vegetação total com área nuclear, no Passa-Cinco o valor de TCAI foi de 77,40% e no Ribeirão Claro de 73,09%.

Desconsiderando-se a vegetação de borda, o Alto Corumbataí continua tendo maior área de cerrado (1217,20 ha) do que as sub-bacias do Passa-Cinco (300,64 ha) e do Ribeirão Claro (53,38 ha).

Com o índice de proximidade média (MPI) entre fragmentos (considerando-se todas as classes de uso e cobertura do solo), para um raio de 100 m (Tabela 7), tem-se que esses fragmentos de cerrado do Alto Corumbataí (245,04) interagem menos com os outros usos e coberturas do solo do que os fragmentos das sub-bacias do Ribeirão Claro (93,99) e do Passa-Cinco (40,74).

Sabe-se, com o índice de distância média entre fragmentos (MNN) (considerando somente a classe cerrado), apresentado na Tabela 8, que os fragmentos do Alto Corumbataí distanciam-se em média, uns dos outros, em 156,6 m, enquanto que no Passa-Cinco esse valor é de 148,7 m e no Ribeirão Claro 35,8 m. Essa última sub-bacia apresentou os menores valores de desvio padrão e coeficiente de variação (NNSD = 21,8 m; NNCV = 61,1%), além da menor distância entre fragmentos, mesmo comparando com a floresta nativa. Seus fragmentos estão, portanto, concentrados em uma porção de sua paisagem. Nessas condições, o menor valor do índice de proximidade média (MPI=93,99) do que o observado para o Alto Corumbataí (MPI=245,04), é consequência da diferença de área ocupada por cerrado, nas duas sub-bacias.

Para o Passa-Cinco (NNSD = 267,0 m; NNCV = 179,5%) e, principalmente, para o Alto Corumbataí (NNSD = 330,5 m; NNCV = 211,0%), os valores de coeficiente de variação

e desvio padrão, para MNN, foram os maiores observados, mesmo quando se consideram os valores obtidos para a floresta nativa.

Com os índices de distância, pode-se dizer que os fragmentos de cerrado, com exceção daqueles da sub-bacia do Ribeirão Claro, estão mais distantes uns dos outros e sob maior influência dos outros usos e coberturas do solo, do que os fragmentos de floresta nativa. Pode-se constatar, assim, que foi o cerrado a formação que mais sofreu com as ações antrópicas ocorridas na Bacia do Rio Corumbataí.

Com o índice de dispersão e justaposição (IJI) (Tabela 9), foi possível conhecer, ainda, o grau de interação entre as duas formações: o cerrado e a floresta nativa. Pode-se constatar, com esse índice, que os fragmentos de cerrado encontram-se mais distribuídos entre os fragmentos de floresta nativa na sub-bacia do Alto Corumbataí (67,19%) do que nas sub-bacias do Passa-Cinco (12,28%) e Ribeirão Claro (11,81%).

**Tabela 9**

Índice de dispersão e justaposição (IJI), para a vegetação florestal nativa e de cerrado, das sub-bacias. (Interspersion and juxtaposition index (IJI) for the native forest and cerrado fragments, in the sub-basins)

Sub-bacias	IJI (%)
Passa-Cinco	12,28
Alto Corumbataí	67,19
Ribeirão Claro	11,81

A distribuição e a interação dos fragmentos de cerrado no Alto Corumbataí têm vantagens em relação às duas outras sub-bacias, por possuírem maior percentual de sua área com cerrado e, sobretudo, como indicado pelos índices de forma, por seus maiores fragmentos terem área superior ao observado para o Passa-Cinco e para o Ribeirão Claro.

A respeito da semelhança de valores, para o índice de dispersão e justaposição (IJI) encontrada entre as sub-bacias do Passa-Cinco e do Ribeirão Claro, não se pode desconsiderar que essas duas sub-bacias se diferenciam quan-

to à distribuição dos fragmentos de cerrado nas suas paisagens. No Ribeirão Claro os fragmentos de cerrado estão concentrados em uma porção de sua paisagem (MNN= 35 m), enquanto que no Passa-Cinco, encontram-se mais distribuídos por sua área (MNN= 148,7 m), o que caracteriza a distinção na configuração dessas duas paisagens.

Pode-se dizer, ainda que, o cerrado influencia diferentemente no grau de isolamento e na estrutura florestal dessas três sub-bacias, tendo maior influência no Alto Corumbataí.

## CONCLUSÕES

- ✓ Os índices de Ecologia da Paisagem, em nível de classe de uso e ocupação, permitiram analisar de maneira satisfatória a estrutura florestal da Bacia do Rio Corumbataí, assim como conhecer seu padrão de fragmentação florestal;
- ✓ Para definir esse padrão de fragmentação é necessário, contudo, que esses índices sejam avaliados de forma conjunta, para que, dessa maneira, seja melhor compreendido o efeito da alta diversidade que se tem, nessa paisagem, quanto às características (área, forma, área nuclear etc) dos fragmentos e sua distribuição;
- ✓ Avaliados conjuntamente, esses índices permitem afirmar que a bacia teve sua cobertura florestal fragmentada, mas que essa fragmentação foi mais intensa nas sub-bacias do Baixo Corumbataí, do Ribeirão Claro e do Médio Corumbataí e que, dessa maneira, as regiões com maior área e com os maiores fragmentos de floresta nativa e também de cerrado são o Passa-Cinco e o Alto Corumbataí;
- ✓ Pode-se constatar, ainda, que o cerrado foi a formação florestal que mais sofreu com as ações antrópicas ocorridas na Bacia do Rio Corumbataí; e
- ✓ A fragmentação florestal, dessa bacia, está intrinsecamente relacionada ao processo de uso e ocupação do solo.

## AUTORES

ROBERTA DE OLIVEIRA AVERNA VALENTE é Mestre em Recursos Florestais pela ESALQ/USP. E-mail: roavalen@esalq.usp.br

CARLOS ALBERTO VETTORAZZI é Professor Doutor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ / USP. Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: cavettor@esalq.usp.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.E. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**. Washington: USGS, 1979. 28p.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for windows user's guide**. Worcester: Clark University, 1995. 109p.
- FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley, 1986. 619p.
- HARGIS, C.D.; BISSONETTE, J.A.; DAVID, J.L. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. **Landscape ecology**, v.13, p.167-186, 1998.
- JARVINEN, O. Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves? **Oikos**, v.38, p.301-307, 1982.
- JORGE, L.A.B.; GARCIA, G.J. A study of habitat fragmentation in Southeastern Brazil using remote sensing and geographic information systems (GIS). **Forest ecology and management**, v.98, p.35-47, 1997.
- KOFFLER, N.F. Uso das terras da bacia do rio Corumbataí em 1990. **Geografia**, v.18, n.1, p.135-150, 1993.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.
- MCGARIGAL, K; MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122p.
- METZGER, J.P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of south-east Brazil. **Landscape and urban planning**, v.37, p.29-35, 1997.
- NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape ecology, theory and application**. 2. ed. New York: Springer Verlag, 1994. 360p.
- OLIVEIRA, L.T. **Fragmentos de floresta Atlântica semidecidual no município de Lavras: uma comparação ecológica entre a cobertura atual e a cobertura exigida pela legislação**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 103p. (Monografia de Graduação)
- RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; SIITONEN, E.J.M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and conservation**, v.7, p.385-403, 1998.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1998. 84p.
- TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. **Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Springer Verlag, 1990. 536 p.
- VALENTE, R.O.A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí**. Piracicaba, 2001. 144p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- VETTORAZZI, C.A.; VALENTE, R.O.A.; BALLESTER, M.V.R. Forest fire hazard mapping in a GIS environment for a river basin in the State of São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSPATIAL INFORMATION IN AGRICULTURE AND FORESTRY, 2, Lake Buena Vista, 2000. **Proceedings**. Ann Arbor: ERIM International, 2000. v.1, p.10-12.