

USO DE INDICADORES NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA EXPANSÃO URBANA SOBRE A ESTRUTURA DA PAISAGEM: UM ESTUDO DE CASO

Marco Aurélio Pereira Horta¹
Fabrício Thomáz de Oliveira Ker²
Aldo Pacheco Ferreira³

INTRODUÇÃO

A ação humana leva a uma contínua mudança na paisagem, principalmente nas áreas altamente urbanizadas. A paisagem é um espaço que, quando visto ou descrito em suas características fisiográficas e ambientais, relacionadas com os impactos antropogênicos, é de grande importância nos estudos de planejamento urbano e regional. Forman e Godron (1986) definem a paisagem como uma superfície geográfica heterogênea, constituída por um grupo de ecossistemas que se repetem, apresentando padrões semelhantes. Pires (1993) afirma que os estudos da paisagem compreendem desde uma mera descrição até uma tipificação ou classificação em unidades homogêneas e desde estudos de percepção visual até a determinação da qualidade e fragilidade visuais, com uso intenso de técnicas estatísticas.

O termo "ecologia de paisagens" foi empregado pela primeira vez com abordagem influenciada pela geografia humana, fitossociologia e biogeografia, relacionada ao planejamento do espaço. A ecologia de paisagens, com um enfoque ecológico, adaptou as teorias de biogeografia de ilhas para o planejamento de reservas naturais (METZGER, 2001). Metzger (2001) propôs uma visão integradora do conceito de paisagens: "um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação". A ecologia de paisagens seria assim uma combinação de uma análise espacial da geografia com um estudo funcional da ecologia, cuja problemática central é o efeito da estrutura da paisagem nos processos ecológicos, os quais envolvem a expansão urbana e a fragmentação de habitats.

Atualmente, o estudo da paisagem está integrado ao planejamento regional em diversos países sendo, inclusive, fator determinante para a implantação ou não de um projeto ou obra de engenharia, e seu emprego pode revelar informações intrínsecas ao mapa temático, gerado a partir de uma imagem orbital, como o empobrecimento da qualidade visual de uma região, em consequência da implantação de uma obra de engenharia ou da ocorrência de um desmatamento. Dessa forma, a valoração da paisagem pode ser considerada um recurso que permite avaliar a qualidade visual ou cênica de uma região, com rapidez e eficácia, quando aliada às técnicas de sensoriamento remoto, podendo, ainda, ser viável econômica e tecnicamente, nas questões de planejamento urbano e regional e de uso racional do solo (LANDOVSKY et al.,2006).

A análise dos componentes da paisagem, ou seja, os diferentes arranjos possíveis entre os mosaicos formados pela combinação de formas superficiais do terreno, aspectos bióticos e intensidades diferenciadas de antropização podem fornecer informações valiosas a respeito da ocupação do solo e dos efeitos do crescimento urbano sobre fragmentos de matas. A obtenção de imagens permite a realização de estudos temporais das tendências de ocupação da terra. Porém, o que se tem de mais evidente são as regiões que tiveram sua cobertura alterada, seja, por exemplo, pelo crescimento em dimensão das áreas agrícolas ou de reflorestamento ou pela mudança no estágio de desenvolvimento da vegetação. Hoje em dia, além dos mapas temáticos em diversas escalas, outras fontes de informação cartográfica são preconizadas para a avaliação da paisagem, como as imagens obtidas por sensores a bordo de satélites, as fotografias aéreas, os sistemas de informações geográficas (SIG), a modelagem e os modelos fractais (PORTO, 1999).

Atualmente, com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, observa-se um intenso processo de substituição das paisagens naturais por outros usos do solo. Essas interferências convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, cercados por áreas de reflorestamentos, pastagens, cultivos e edificações, afetando a disponibilidade e a qualidade de

recursos naturais importantes à população de uma região (MISSIO, 2003; VALENTE, 2001).

É importante a conservação das paisagens naturais e urbanas, visto que há uma intensa interação quando a falta de organização urbana interfere negativamente nos processos naturais, afetando a qualidade destes recursos. Tendo em vista a aplicabilidade da ecologia de paisagens, constata-se que no município de Coronel Fabriciano não há um planejamento urbano eficiente e, por fatores históricos de ocupação, sofre com graves problemas ambientais. A necessidade de se compreender a paisagem é de grande importância para buscar a integração da racionalidade ambiental e social à econômica, na ocupação e organização do espaço, visando priorizar a qualidade ambiental. Com base no diagnóstico ambiental, é possível sugerir políticas, programas e projetos de desenvolvimento, priorizar as ações mais importantes no julgamento e avaliação dos problemas ambientais e definir os programas de ação para corrigi-los ou preveni-los (MISSIO, 2003). Atualmente, é necessário um planejamento de uso e ocupação da terra que concilie a conservação dos remanescentes naturais com a expansão urbana, respeitando o entorno das áreas naturais (Missio, 2003).

O foco não está somente na conservação e proteção, mas também no desenvolvimento sustentável, no planejamento espacial e no manejo da paisagem. Burgi et al. (2004) consideram que os quatro maiores desafios na pesquisa das mudanças na paisagem seriam: estudar os processos em relação aos padrões espaciais, extrapolar os resultados no espaço e no tempo, fazer o *link* entre as diferentes variáveis estudadas, além de considerar os aspectos culturais como transformadores da paisagem. Dessa forma, a crescente necessidade de inventariamento, avaliação e monitoramento da paisagem demanda o desenvolvimento de indicadores da paisagem que podem ser úteis nas políticas públicas e podem, da mesma forma, ser utilizados como objeto de gestão na avaliação da saúde ambiental dos ecossistemas.

Haines-Young e Chopping (1996) propuseram que mudanças estruturais entre paisagens passadas e presentes pudessem ser identificadas por meio de

índices de paisagens. Diversos autores vêm explorando a análise dos componentes da paisagem por meio das métricas de paisagem (DRAMSTAD et al, 2006; HAINES-YOUNG, 2000; UUEMAA et al., 2007), e tais métricas, por meio de seus indicadores, representam uma potente ferramenta para o manejo e o planejamento urbano (EETVELDE; ANTROP, 2009).

Existem diferentes noções de escala: escala espacial, geográfica, temporal e de percepção das espécies, as quais influem sobre o valor das métricas da paisagem e, logo, sobre a interpretação biológica que faríamos delas (METZGER, 2004). As ortofotos constituem uma excelente fonte de dados históricos para a compreensão do uso do solo em uma paisagem (RODRIGUES et al., 2004). Para levantamento e caracterização do uso e ocupação do solo são necessárias técnicas de geoprocessamento para quantificação e qualificação da estrutura e definição dos padrões da paisagem. A escolha da utilização de ortofotos neste estudo possui uma razão: não existem registros históricos e detalhados de sensores digitais para a área de estudo, de modo que o uso de ortofotos de 1989 foi aliado à tecnologia do GPS. Este estudo teve como objetivo descrever a estrutura da paisagem, por meio da obtenção de imagem morfológica discriminando as unidades componentes desta paisagem, a partir de fotografias aéreas verticais pancromáticas, na escala 1:10.000, detectando as mudanças ocorridas no município de Coronel Fabriciano, no intervalo de 20 anos, e analisando suas implicações ambientais como consequência do processo de crescimento urbano.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi conduzido no município de Coronel Fabriciano, Minas Gerais (19° 31' 07" S; 42° 37' 44" W). O município está situado na bacia do rio Piracicaba e integra a região Metropolitana do Vale do Aço, na região Leste do estado, que também conta, principalmente, com as cidades Ipatinga e Timóteo. O município estende-se por uma área de 221 km². Sua população, estimada pelo IBGE em 2007,

é de 100.805 habitantes. Coronel Fabriciano é sede regional de importantes órgãos do Estado, como a Gerência Regional de Saúde (GRS). A região do Vale do Aço destaca-se por abrigar um dos maiores polos produtores de aço do Brasil e pela presença de empresas reflorestadoras de eucalipto, as quais empregam milhares de pessoas e ocupam uma grande parte da região com área plantada. (Fig.1).

O município destaca-se também no quadro da saúde pela enorme quantidade de casos notificados de dengue nos últimos anos, uma típica doença bastante influenciada pela qualidade urbana e de uso do solo. É uma cidade com uso intensivo dos solos, devido à grande área urbana e às monoculturas. Caracteriza-se por altas temperaturas médias anuais, com clima Tropical de verões quentes, com temperatura média de 28,90° e, no inverno, médias de 17,10°. O índice médio pluviométrico anual é de 1.580mm. Todas estas variáveis juntas fornecem um grande palco para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, cujo reflexo está nos casos de dengue notificados.

No município de Coronel Fabriciano percebe-se falta de planejamento urbano eficiente, de forma que a cidade apresenta diversos problemas ambientais que atingem a sociedade, como: a ocupação desordenada de áreas de risco, como encostas íngremes e planícies de inundação; o desabamento de casas por deslizamentos de terra e inundações na época de chuvas; a exposição do solo, ficando inviável para construções e agricultura; o assoreamento de cursos d'água; alteração do micro-clima do vale e a presença de doenças como dengue, dengue hemorrágica, febre maculosa, leishmaniose e esquistossomose. Como outro fator impulsionador do grande número de casos de dengue na região, estudos destacam as cidades brasileiras de tamanho médio com população em torno de 100 mil habitantes como as principais mantenedoras da dengue no país (BRASIL, 2007). Estudo realizado na região noroeste do Estado de São Paulo, incluindo o município de São José do Rio Preto, confirmou essa tendência cíclica e a importância das cidades médias, como locais com maior probabilidade de ocorrência da doença, exercendo o papel de irradiadores da transmissão (MONDINI et al., 2005).

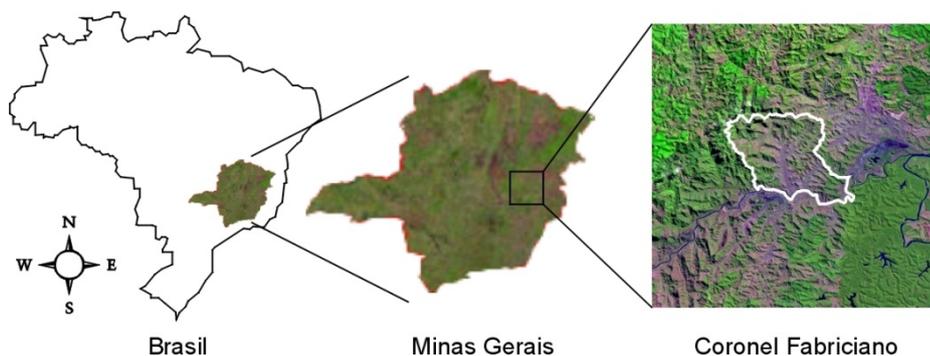


Figura 1: Imagem de estudo. Em destaque, a área urbana dos 221 km² totais do município de Coronel Fabriciano. Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

Amostragem

Foram obtidas ortofotos datadas de 1989 em quatro cartas na escala de 1:10.000. Estas cartas foram digitalizadas com definição de 400dpi e montadas para análise das imagens. Em um segundo momento, foi visitado e georreferenciado todo o perímetro do município, incluindo a área urbana, as áreas naturais e de cultivo. Com o auxílio de GPS, foram obtidas as coordenadas geográficas do entorno destas áreas, formando polígonos das áreas de interesse. Estas áreas formam as unidades de paisagem e os dados obtidos a partir da análise destas áreas forneceram subsídios para a criação de mapas de uso e ocupação do solo de 1989 e 2009. A análise espaço-temporal da paisagem foi realizada através da comparação do mapa temático de uso e cobertura do solo, de 1989, gerado a partir da confirmação dos dados georreferenciados, análise de textura, interpretação visual da ortofoto, do conhecimento prático da área, com uma imagem atual Ikonos (figura 2).

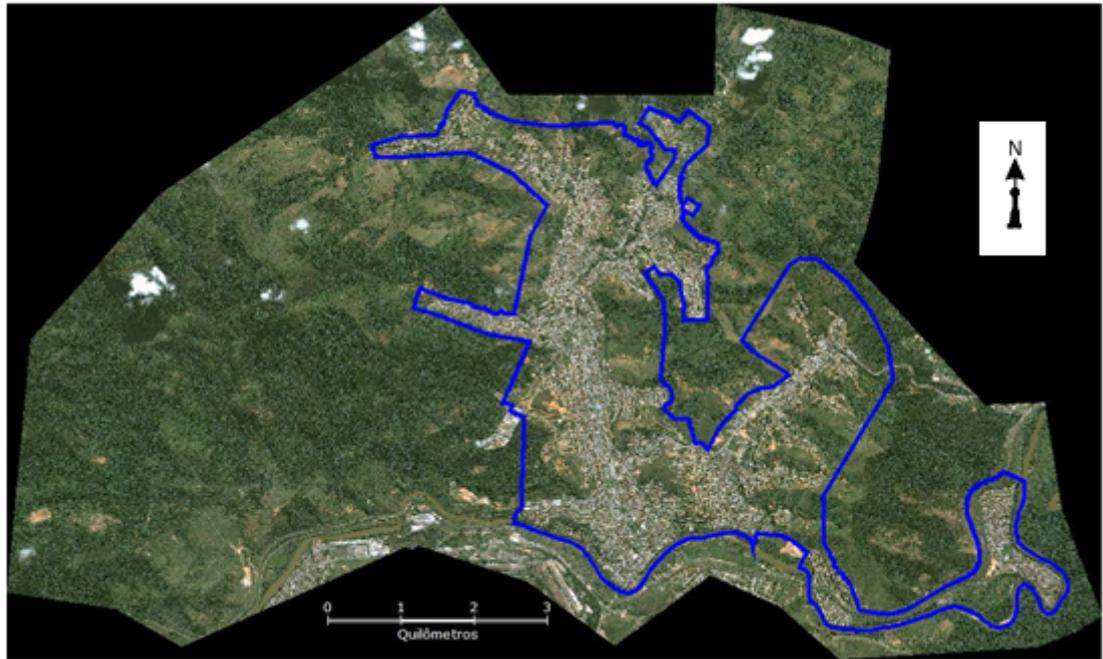


Figura 2. Imagem atual do Município de Coronel Fabriciano, com demarcação do perímetro urbano. Imagem Ikonos. Org.: Marco Aurélio Pereira Horta (2010).

Para o processo de transformação da imagem em pixels, as unidades de paisagem sofreram expansões de 20 metros, respectivas ao efeito de borda. As unidades sobrepostas geraram novas subunidades: bordas e convergências. Esta nova imagem foi subdividida em mosaicos (pixels) de 20x20 metros. As diferentes unidades foram identificadas por cores de acordo com as unidades de paisagem encontradas (Fig. 3). A partir da identificação, separação e contagem dos pixels, foram determinados os índices de métrica para análise qualitativa e quantitativa da paisagem (METZGER, 2004), objetivando a descrição da paisagem e sua evolução temporal. O método de classificação utilizado foi adaptado a partir de Metzger e Muller (1996) e Metzger (2004).

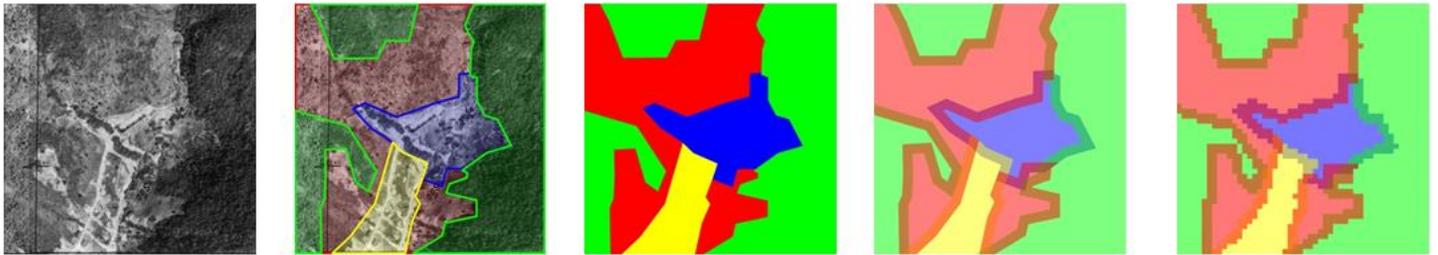


Figura 3. Transformação Foto-Mosaico: a) estudo da ortofoto; b) definição do perímetro das unidades (interpretação da foto para 1989, e plotagem de coordenadas sobre o mapa para 2009); c) geração do mapa temático a partir dos perímetros; d) expansão e/ou dilatação das bordas das unidades em 20 metros; e) conversão de mapa temático para mosaico.

Foram escolhidos índices de análise de paisagens baseados em Metzger e Muller (1996), Metzger (2004) e Viana e Pinheiro (1998). Os seguintes índices foram utilizados: área e proporção (área total, área e proporção por unidade de paisagem, área central, borda e convergência); riqueza de unidades (n , número de unidades de paisagem); diversidade da paisagem ($H_0 = -\sum (p_i \cdot \ln p_i)$, onde p_i = proporção de área ocupada pela unidade "i"); equabilidade da paisagem ($E_0 = H_0 / H_{\max}$, onde $H_{\max} = \ln n$); dominância da paisagem ($D_0 = H_{\max} - H_0$, onde $D_0 = 1 / H_0$); diversidade espacial da paisagem ($HL = \sum -q_k \cdot \ln 2q_k$, onde q_k = proporção de NB e n); proporção dos pontos de convergência ($C = Bc/A$, onde Bc = número de pixels em pontos de convergência (pixels de borda apresentando 3 ou mais unidades nos 9 pixels do seu entorno), e A = número total de pixels da paisagem); número de fragmentos (NF = número de fragmentos de uma paisagem); proporção de contatos ($B_{i,j} = \sum e_{i,j} \cdot l$, onde $e_{i,j}$ = número de interfaces horizontais ou verticais entre pixels das unidades "i" e "j". e l = comprimento da interface de um pixel ($l = 20$ metros)); frequência relativa x área proporcional (frequência relativa é a porcentagem do número de fragmentos por classe de área (em hectare) e área proporcional é a proporção da área ocupada por classe de tamanho).

A rede de drenagem foi traçada nas fotos aéreas e nas imagens orbitais. Para o reconhecimento das proporções das unidades que compõem a mata ciliar, cada margem dos principais cursos d'água foi dilatada em 30 metros, e também dividida em pixels de 20x20 metros (400m²), identificados e contados. Para verificar se houve alteração dos valores obtidos em 1989 para os atuais, o mapa foi subdividido em quadrantes de 1 por 1 km, sendo cada quadrante considerado uma amostra, que apresentava uma proporção para cada unidade da paisagem encontrada. Foi

realizado um teste t onde foram comparadas as proporções de cada quadrante nos anos de 1989 e atualmente, para as unidades de paisagem urbana e matriz, separadamente. As demais unidades de paisagem não foram comparadas, pois não haviam sido encontradas diferenças nos seus valores.

RESULTADOS

A área total no município de Coronel Fabriciano, aqui estudada, corresponde a 63,667 km². As unidades de paisagem identificadas neste estudo foram as seguintes: *matriz*: a maior unidade da paisagem (PICKETT; CADENASSO, 1995), considerada aqui como a área utilizada principalmente como pastagem ou áreas abertas, abandonadas a partir deste uso, geralmente cobertas por gramíneas, herbáceas e arbustivas, podendo apresentar-se também em início de sucessão ou com solo exposto; *urbano*: área edificada, com alguma infraestrutura como água, esgoto, luz e calçamento; *semiurbano*: áreas de loteamento com cortes no solo e/ou com infraestrutura sobre a matriz; *eucalipto*: área de reflorestamento e/ou plantio para fabricação de celulose e carvão; *floresta*: áreas naturais, como fragmentos de Mata Atlântica em vários estágios de sucessão e afloramentos rochosos; *borda*: 20 metros para o interior da unidade, definidos em função da definição utilizada (1 pixel = 20x20 metros) e por não considerar a percepção de nenhum táxon; *convergência*: área de encontro entre 3 ou mais unidades (Fig. 4).

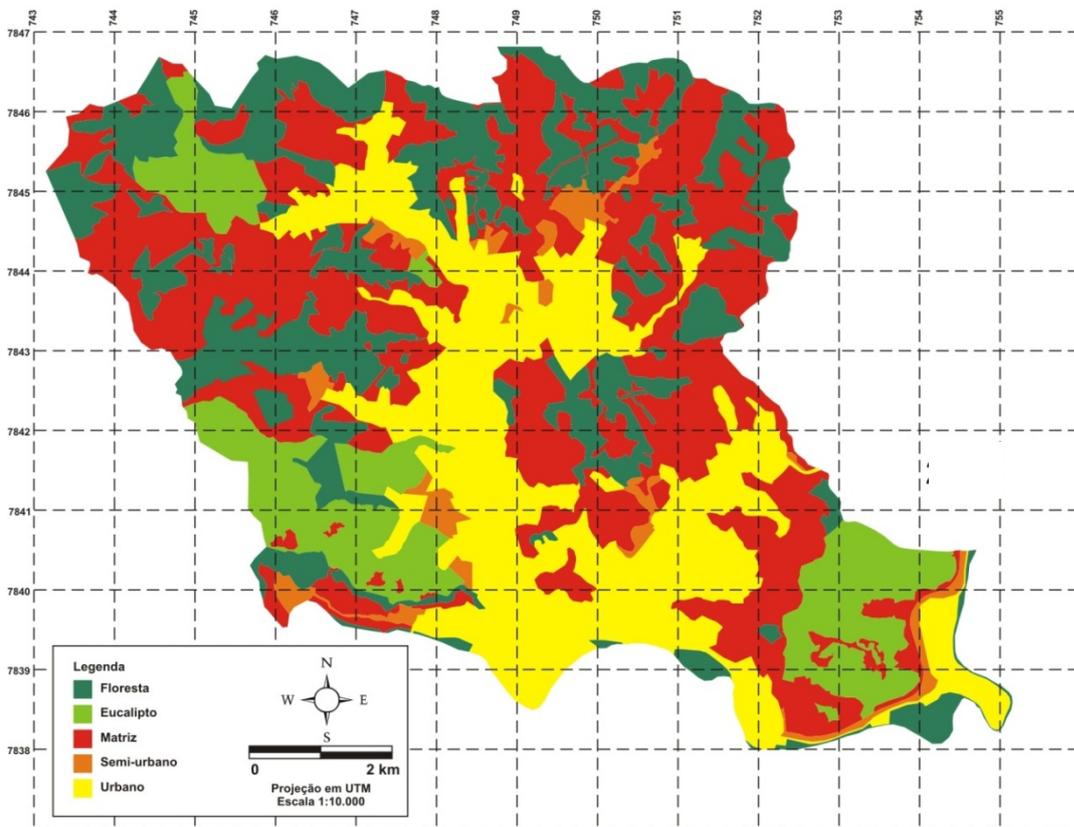
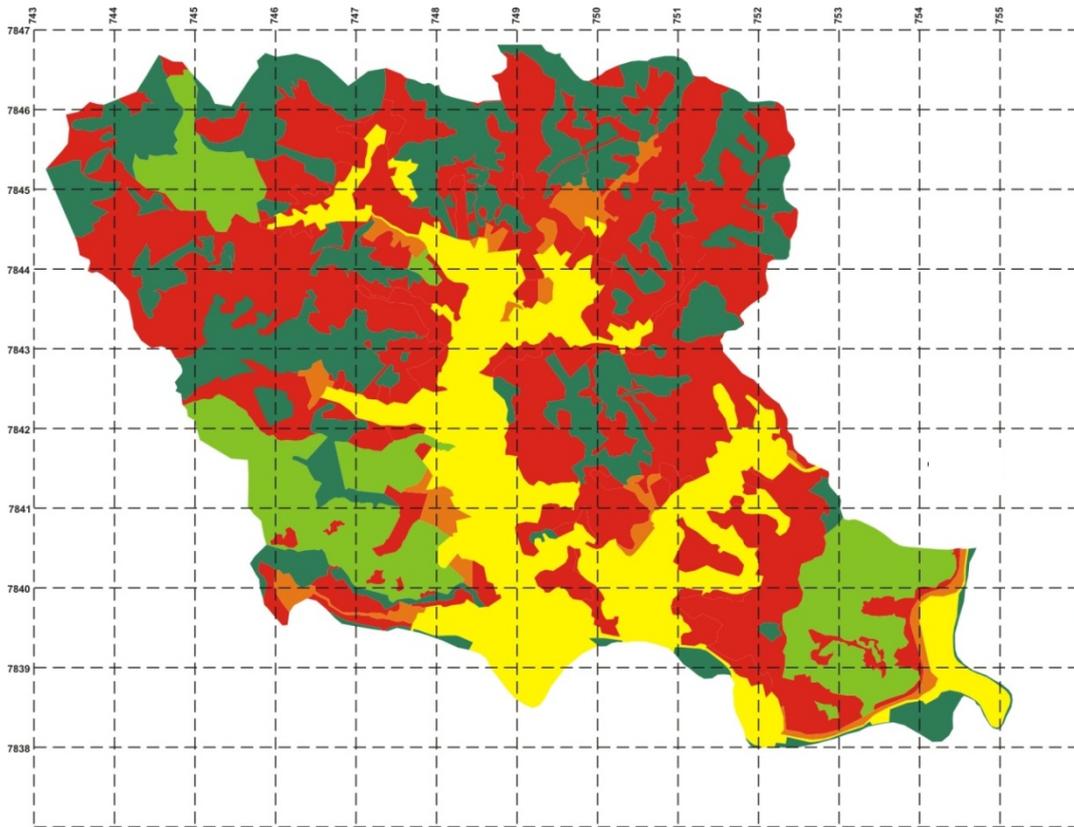


Figura 4. Unidades de paisagem encontradas no município de Coronel Fabriciano em 1989 (acima) e 2009 (abaixo). Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

As áreas de centro das unidades de paisagem ocupam atualmente 81,39% da área de estudo, sendo que sua maioria é composta pela matriz (35%), urbano (27,1%), floresta (22,5%) e eucalipto (12,3%). Não houve diferenças quanto às áreas das unidades de Floresta, Eucalipto e Semiurbano, mas foram observadas diferenças nas áreas de matriz e urbano. Ocorreu um aumento na área urbana entre os anos de 1989 e 2009 (de 19,1% para 27,1%) ($t=-5,309$; $gl=85$; $p<0,001$) e uma redução na área de matriz neste mesmo período (de 43% para 35%) ($t=5,276$; $gl=85$; $p<0,001$) (Tab. 1).

Tabela 1: Comparação temporal entre as áreas das unidades de paisagem (em km²).

Unidades	1989	% 1989	2009	% 2009
Centro	51,73	81,2	51,82	81,4
Borda	11,63	18,3	11,52	18,1
Convergência	0,31	0,5	0,34	0,5
TOTAL	63,67	100	63,67	100
Floresta	14,34	22,5	14,34	22,5
Eucalipto	7,83	12,3	7,83	12,3
Matriz	27,37	43	22,31	35
Semiurbano	1,90	3	1,90	3
Urbano	12,19	19,1	17,25	27,1
Corpos D'água	0,03	0,1	0,03	0,1
TOTAL	63,67	100	63,67	100

Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker e Marco Aurélio Pereira Horta (2010).

As margens dos cursos d'água representam aproximadamente 10% da área total, sendo que apenas 17,9% das margens são compostas por áreas naturais (Floresta) (Fig. 5). Foram encontradas todas as cinco unidades de paisagem, sendo a mais representativa a unidade Urbana (de 36% para 43,4%). Ocorreu o aumento da área urbana às margens dos cursos d'água, em geral, devido ao aumento da área urbana e diminuição da matriz (Tab. 2).

Tabela 2: Comparação temporal entre as áreas das unidades que compõem as margens dos cursos d'água (em km²).

Unidades	1989	% 1989	2009	% 2009
Floresta	1,1	17,9	1,1	17,9
Eucalipto	0,8	12,3	0,8	12,3
Matriz	1,9	29,6	1,4	22,2
Semiurbano	0,3	4,2	0,3	4,2
Urbano	2,3	36	2,7	43,4
TOTAL	6,3	100	6,3	100

Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

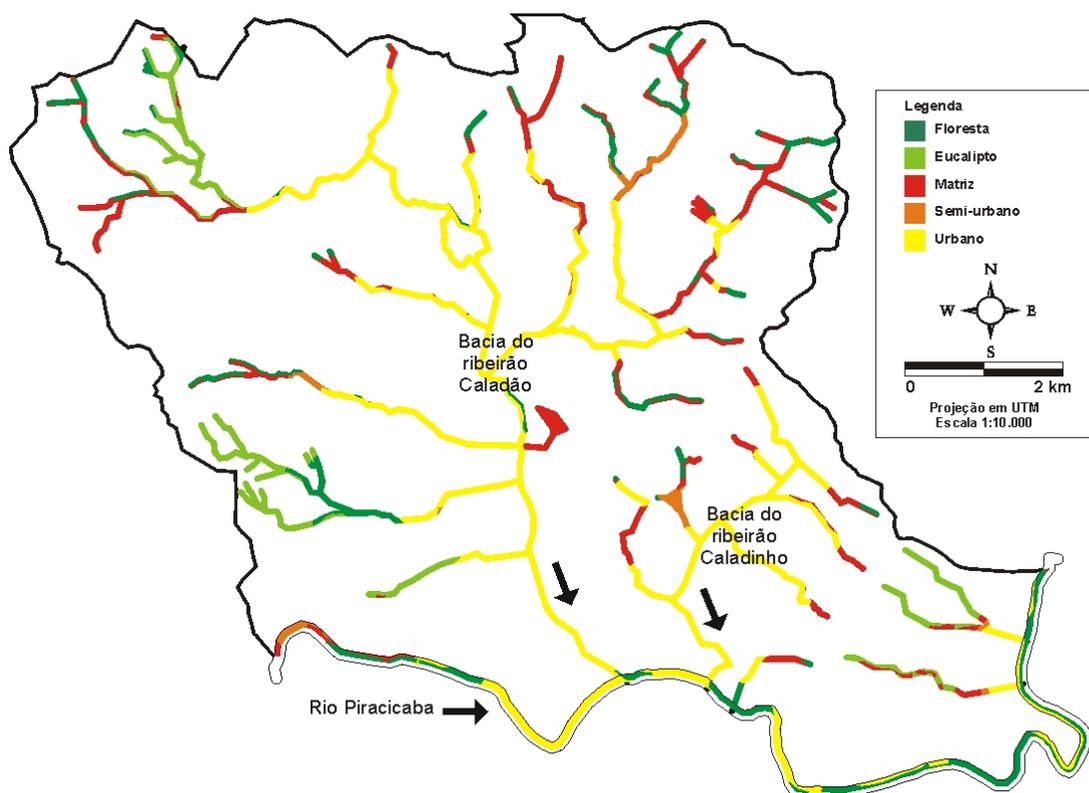


Figura 5. Disposição e composição das margens dos principais cursos d'água nas sub-bacias do rio Piracicaba (bacia do ribeirão Caladinho e bacia do ribeirão Caladão).
Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

As bordas representam, atualmente, 18,09% da área de estudo, equivalente a uma área de 11,63 km². São compostas basicamente por matriz (37% ou 4,26 km²), floresta (27% ou 3,06 km²) e urbano (23% ou 2,68 km²) (Tab. 3). Com a expansão urbana, alteraram-se as proporções de unidades de borda. As bordas da matriz diminuíram em aproximadamente 1/4 e a borda urbana praticamente duplicou. Foram encontrados 10 tipos diferentes de borda. A borda Floresta x Matriz diminuiu em 230 m² e Eucalipto x Matriz em 110 m². A borda Floresta x Urbano aumentou em quase 1/3, e a Eucalipto x Urbano teve aumento de exatamente 2/3 (Tab. 4).

Tabela 3: Comparação temporal entre as áreas das unidades que compõem a borda (em km²).

Bordas	1989	1989 (%)	2009	2009 (%)
Floresta	3,08	26	3,06	27
Eucalipto	0,84	7	0,84	7
Matriz	5,69	49	4,26	37
Semiurbano	0,66	6	0,66	6
Urbano	1,37	12	2,68	23
TOTAL	11,63	100	11,2	100

Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

Tabela 4: Comparação temporal entre as diferentes áreas que dividem borda em comum (em km²).

Bordas	1989	1989 (%)	2009	2009 (%)
Floresta x Matriz	5,17	44	4,94	43
Floresta x Eucalipto	0,43	4	0,43	4
Floresta x Urbano	0,44	4	0,64	6
Floresta x Semiurbano	0,12	1	0,12	1
Eucalipto x Matriz	1,13	10	1,02	9
Eucalipto x Urbano	0,06	1	0,18	2
Eucalipto x Semiurbano	0,06	1	0,06	1
Matriz x Urbano	3,09	27	2,99	26
Matriz x Semiurbano	0,73	6	0,73	6
Urbano x Semiurbano	0,40	3	0,40	3
TOTAL	11,63	100	11,52	100

Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

Foram encontrados 11 tipos de convergência em 1989, sendo que com a expansão urbana (2009) surgiram mais 2 novos tipos (Tab 5). A área de convergência corresponde, atualmente, a 335,2 m². A maior área de convergência, restrita entre Floresta x Matriz x Urbano, apresentou algum crescimento (de 31% para 37%), enquanto as outras unidades de convergência, compostas principalmente de matriz e semiurbano, cada uma com aproximadamente 15% da paisagem, apresentaram diminuições.

Tabela 5: Comparação temporal entre as áreas das unidades de convergência (em m²).

Convergências	1989	2009
Floresta x Eucalipto x Matriz	0,152	0,122
Floresta x Eucalipto x Urbano	0,000	0,017
Floresta x Eucalipto x Semiurbano	0,012	0,011
Floresta x Matriz x Urbano	0,310	0,378
Floresta x Matriz x Semiurbano	0,151	0,138
Floresta x Urbano x Semiurbano	0,128	0,117
Eucalipto x Matriz x Urbano	0,031	0,018
Eucalipto x Matriz x Semiurbano	0,023	0,022
Eucalipto x Urbano x Semiurbano	0,025	0,023
Matriz x Urbano x Semiurbano	0,154	0,141
Floresta x Eucalipto x Matriz x Semi-urbano	0,004	0,004
Floresta x Urbano x Matriz x Semiurbano	0,010	0,010
Floresta x Eucalipto x Matriz x Urbano	0,000	0,001
TOTAL	307,2	335,2

Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker (2010).

A Tabela 6 mostra o valor dos índices quantitativos e qualitativos aplicados na análise da estrutura da paisagem. Estes resultados, apesar da pouca diferença encontrada nos valores dos índices, no intervalo de 20 anos, mostram o pequeno aumento da complexidade na paisagem. Não houve alteração no número e no

tamanho dos fragmentos nestes 16 anos. A área de estudo permaneceu com 53 fragmentos, sendo que seis deles são mata ciliar do rio Piracicaba.

Tabela 6: Comparação temporal entre os índices de estrutura da paisagem.

Índice	1989	2009
Riqueza de Unidades	5	5
Diversidade da Paisagem	1,38	1,42
Equabilidade da Paisagem	0,856	0,882
Dominância da Paisagem	0,231	0,189
Diversidade Espacial	1,011	1,084
Proporção dos pontos de convergência	0,48%	0,53%

Org.: Fabrício Thomaz de Oliveira Ker e Marco Aurélio Pereira Horta (2010).

DISCUSSÃO

As unidades de paisagem definidas neste estudo, pastagem (matriz), urbano, semiurbano, eucalipto, floresta, borda e convergência, são unidades que definem o uso do solo e a ocupação territorial do município de Coronel Fabriciano. Tendo como base uma abordagem histórica, o município, por localizar-se entre dois grandes polos metalúrgicos (Ipatinga e Timóteo), teve seu crescimento baseado no setor terciário, com sua economia voltada, basicamente, para os serviços. Sendo um município que abriga muitos trabalhadores destas duas outras cidades, a expansão urbana se deu em suas áreas periféricas, ao norte, sobre a unidade matriz ou pastagem.

Pode-se ainda considerar uma pressão moderada que a unidade eucalipto exerce sobre a paisagem. O reflorestamento por eucalipto, com a finalidade de produzir celulose, é uma atividade que exerce grande pressão sobre a paisagem na região leste do estado de Minas Gerais. Entretanto, somente 12,3 % da extensão territorial de Coronel Fabriciano são ocupados pelo eucalipto, um valor significativo mas pequeno, se considerarmos outros municípios da região. O eucalipto é fonte de renda para várias famílias da região, que participam principalmente na época do corte das árvores. Contudo, sem dúvida, por ser uma monocultura arbórea, sua ocupação limita a distribuição de um grande número de espécies animais, apesar de que áreas cultivadas com essas culturas podem ajudar no sequestro de carbono do

ambiente. Além disso, em boa parte do estado as paisagens mostram as unidades eucalipto ocupando uma extensão inferior àquela das pastagens.

Em conjunto com a área urbana, a principal unidade componente da paisagem neste estudo, a pastagem, denominada aqui como unidade matriz, ocupa 35 % do município e possui uma larga faixa de borda com a área urbana da cidade. Sendo formada principalmente por vegetação herbácea, sua participação nos limítrofes urbanos pode trazer inúmeras consequências para o município, como a erosão pela exposição do solo e desmoronamento de terras, principalmente na época de chuvas; o desgaste do solo, e ainda servir como corredor para a dispersão de organismos vetores de doenças parasitárias como mosquitos, moscas e carrapatos.

Foi sobre a área de pastagem que se deu o crescimento da área urbana entre 1989 e 2009 na cidade de Coronel Fabriciano, sendo que não houve mudanças significativas nas unidades de Floresta, Eucalipto e Semiurbano, durante este período. Dado que a área ocupada por reflorestamento de eucalipto não sofreu alterações nestes últimos 20 anos, dentro da paisagem de estudo, um aspecto positivo foi que as áreas de florestas, formadas principalmente por fragmentos pequenos e médios de Mata Atlântica, também não sofreram redução perceptível na escala utilizada. O local onde se insere hoje o município de Coronel Fabriciano foi outrora ocupado por uma grande extensão de Mata Atlântica, sendo que seus remanescentes podem ainda ser vistos em outros municípios do leste mineiro. Seu local de maior proteção está na área ocupada hoje pelo Parque Estadual do Rio Doce, localizado nos municípios de Marliéria e Timóteo.

A redução observada nas áreas de pastagem se deu principalmente devido ao crescimento da área urbana sobre estes locais, pois o aumento observado de área urbana foi acompanhado de redução na área de pastagem, sendo que esta ocupava 43% da paisagem do município em 1989 e hoje ocupa 35%. Os dados mostram que esse crescimento urbano ocasionou um novo fenômeno – a maior parte da extensão dos cursos de água do município está dentro da área urbana, com um aumento de 36% para 43,4%. Esses dados enfocam que o crescimento urbano,

ocorrido muito em função de novos loteamentos nas áreas periféricas do setor norte do município, segue os cursos de água. Esta nova pressão sobre estes pequenos ribeirões gera um maior aporte de resíduos domésticos, uma vez que estas novas ocupações não trazem consigo redes de esgotamento sanitário eficientes. O destino final para os rios da sub-bacia do Caladão e sub-bacia do Caladinho é o Rio Piracicaba, que corta o município ao sul. A bacia do ribeirão Caladão, a principal do município, possui sua extensão de cursos de água passando pela área urbana, mas também sofre pressão das zonas de eucalipto e pastagem nas suas periferias. A perda de diversidade faunística, além da perda das zonas ripárias constituídas por matas ciliares, é uma consequência da expansão urbana sobre estes cursos.

Outra consequência da expansão urbana observada neste estudo foi a modificação das proporções das bordas entre as diferentes unidades da paisagem. Um aspecto preocupante desta modificação foi que, com o aumento da área urbana, esta unidade se aproximou da unidade floresta, de forma que os fragmentos de Floresta Atlântica estão agora mais próximos da zona urbana. Os dados mostram que a área de borda Floresta x Urbano aumentou em quase 1/3 sua extensão. Como a área urbana pode exercer grande pressão em áreas naturais e fragmentos de florestas, o município deve incluir em seu plano diretor medidas cabíveis que protejam estes remanescentes, uma vez que os efeitos de borda exercidos pela área urbana sobre estes fragmentos florestais podem, em um curto período de tempo, reduzir a diversidade florística e faunística, além da própria redução do fragmento. A manutenção dos sistemas bióticos naturais é de fundamental importância para a saúde dos ecossistemas como um todo, mesmo para a área urbana. Além do que, a própria manutenção desses fragmentos florestais reduz os efeitos da poluição, exercidos pelas metalúrgicas locais, por meio do sequestro de carbono, além de suavizar os efeitos de aquecimento local, característico da própria região, e global.

A aproximação da área urbana com os fragmentos de mata na paisagem em estudo, nestes últimos 20 anos, também pode ser comprovada quando se analisaram as zonas de convergência da paisagem. A área de convergência Floresta x Matriz x Urbano mostrou um crescimento de 31% para 37%. Podemos considerar que estes pequenos ecótopos entre unidades naturais e artificiais são

componentes comuns em estudos de paisagem que abordam zonas de interseção no uso do solo por atividades humanas.

Os índices de Diversidade e Equabilidade da Paisagem demonstraram o aumento da homogeneidade na distribuição das áreas ocupadas, ao longo desses 20 anos. Para a Dominância da Paisagem, os valores demonstram uma diminuição na dominância da paisagem. O índice de Diversidade Espacial demonstrou o aumento da complexidade da paisagem. Das cinco unidades de paisagem encontradas, apenas nas unidades urbana e matriz foram observadas alterações em suas áreas. A avaliação temporal demonstrou que a expansão urbana alterou as áreas de unidades da paisagem. Em geral, as áreas de centro e convergência aumentaram e as áreas de bordas diminuíram.

Ocorreu o aumento da unidade urbana e a diminuição da matriz. As áreas que antes eram áreas de matriz foram sendo urbanizadas durante este período, mas as áreas semiurbanas permaneceram inalteradas. Deve-se levar em conta a ordem de áreas de ocupação semiurbano – matriz. Geralmente a matriz se apresenta abandonada e por isso apresenta riscos ambientais como, em alguns casos, exposição e lixiviação do solo, mesmo assim, foi ocupada primeiramente. Mas esta expansão deveria ter ocorrido primeiramente sob as áreas semiurbanas, visto que elas já apresentam alguma estrutura urbana e riscos ambientais maiores que a matriz, onde a tendência é de correção da exposição do solo, além de aproveitamento de sua estrutura.

Deve-se evitar a expansão próxima aos fragmentos, pois estes sofreram grandes pressões em suas bordas com a expansão aqui observada. Algumas destas áreas estão com seus projetos embargados por leis ambientais e, por isso, continuam gerando prejuízos ambientais, como é o caso de um loteamento localizado dentro da área deste estudo. Este loteamento apresenta exposição do solo, lixiviação e grandes erosões que, como consequência, assoreiam a lagoa e o ribeirão Caladinho, causando grandes enchentes.

As unidades de floresta e eucalipto não sofreram alterações nas áreas centrais, mas com a alteração da paisagem sofreram mudanças em suas bordas. Como consequência da expansão urbana, sua borda praticamente duplicou, levando a alterações principalmente nas bordas da matriz. Várias áreas de crescimento urbano atingiram as bordas da floresta e eucalipto. A alteração da borda da floresta e eucalipto é um resultado negativo, visto que a matriz exerce uma pressão menor que a urbana. As áreas de convergência também demonstraram a pressão da expansão urbana sobre a matriz e floresta.

A elaboração de planos diretores urbanos e planos plurianuais de investimento, em conjunto com a avaliação de impactos ambientais dos grandes projetos urbanos, são atividades que devem ser executadas levando-se em conta as necessidades da população e enfocando a saúde dos ecossistemas. Nos centros urbanos, a definição sobre volume e espacialização dos investimentos em infraestrutura de serviços urbanos, como a expansão das redes de abastecimento de água, esgoto, energia elétrica e pavimentação, a decisão sobre localização de novas escolas e postos de saúde e o planejamento da oferta e roteiro das linhas de ônibus e dos serviços de coleta de lixo são tarefas do planejamento e gestão urbana, que necessitam de conhecimento circunstanciado da dinâmica de crescimento das distintas zonas, bairros e distritos dos municípios (JANUZZI, 2007).

Além disso, projeções populacionais para os domínios municipais vêm sendo cada vez mais requeridas para permitir o monitoramento e a avaliação de programas sociais, já que constituem o denominador de vários indicadores sociais (JANUZZI, 2007). O presente estudo traz a possibilidade da utilização do geoprocessamento dentro da perspectiva da ecologia da paisagem como instrumento da prática profissional da vigilância em saúde e meio ambiente, especificamente para a elaboração de diagnóstico ambiental de uso comum aos gestores na atividade de planejamento e programação local em suas áreas de abrangência.

Os resultados aqui fornecem uma base geográfica de informações com possibilidade de subsidiarem estudos pertinentes ao campo da vigilância ambiental e saúde. A paisagem do município de Coronel Fabriciano apresentou mudanças nas

áreas das unidades urbana e matriz, no período entre 1989 e 2009. Houve uma expansão urbana sob a matriz pastagem, mas não foram ocupadas as áreas semiurbanas. Não ocorreram alterações na área de remanescentes de floresta e eucalipto, mas com a expansão urbana alteraram-se as bordas, sendo que os remanescentes passaram a sofrer maiores pressões da área urbana. As margens dos cursos d'água também apresentaram crescimento da área urbana. Devem ser realizadas ações estratégicas, baseadas no estudo da estrutura da paisagem para ações conservacionistas, tanto da biodiversidade quanto do próprio planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Balanco Dengue Janeiro a Julho, 2007**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BÜRGI, M.; HERSPERGER, A.M.; SCHNEEBERGE, N. Driving forces of landscape change — current and new directions. **Landscape Ecology**, v.19, p. 357-369, 2004.

DRAMSTAD, W.E. et al. Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure. **Landscape and Urban Planning**, v. 78, p. 465-474, 2006.

EETVELDE, V. V.; ANTROP, M. Indicators for assessing changing landscape character of cultural landscapes in Flanders (Belgium). **Land Use Policy**, v. 26, p. 901-910, 2009.

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

HAINES-YOUNG, R. Sustainable development and sustainable landscapes: defining a new paradigm for landscape ecology. **Fennia**, v. 178, p. 7-14, 2000.

HAINES-YOUNG, R.; CHOPPING, M. Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. **Progress in Physical Geography**, v. 20, p. 418-445, 1996.

JANUZZI, P. M. Cenários futuros e projeções populacionais para pequenas áreas: método e aplicação para distritos paulistanos 2000-2010. **Rev. Brasileira Pop.**, v. 24, n. 1, p.109-137, 2007.

LANDOVSKY, G. S.; BATISTA, D. B.; ARAKI, H. Análise da qualidade visual da paisagem da região de Tibagi, PR, aplicando o sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.188-195, 2006.

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.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 2, 2001.

METZGER, J. P. Estrutura da Paisagem: o uso adequado de métricas. In: JÚNIOR, L. C.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN C. (Ed). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR, 2004, p. 435-453.

METZGER, J. P.; MULLER, E. Characterizing the complexity of landscape boundaries by remote sensing. **Landscape Ecology**, v. 11, p. 65-77, 1996.

MISSIO, E. **Proposta Conceitual de Zoneamento Ecológico-Econômico para o município de Frederico Westphalen**. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2003.

MONDINI A, et al. Análise espacial da transmissão de dengue em cidade de porte médio do interior paulista. **Rev. Saude Publica**, v. 39, n. 3, p. 444-451, 2005.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. **Science**, v. 269, p. 331-334, 1995.

PORTO, M. L. **Ecologia da paisagem**. Porto Alegre: UFRG, CD ROM, 1999.

RODRIGUES E, et al. Conservação em Paisagens Fragmentadas. In: JÚNIOR, L. C.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN R. (Ed). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR, 2004, p. 435-453.

UUEMAA, E.; ROOSAARE, J.; MANDER, Ü. Landscape metrics as indicators of river water quality at catchment scale. **Nordic Hydrology**, v. 38, p. 125-138, 2007.

VALENTE, R. O. A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Brasil, 2001.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, p. 25-42, 1998.

RESUMO

A expansão urbana pode exercer efeitos negativos nos processos naturais. A análise de paisagem busca, nesse sentido, fornecer ferramentas para o melhor planejamento urbano, objetivando uma melhor qualidade de vida da população e a preservação das áreas naturais. O objetivo deste estudo é descrever a estrutura da paisagem do município de Coronel Fabriciano, MG, detectando as mudanças ocorridas entre 1989 e 2009. O estudo abrangeu a paisagem referenciada em ortofoto de 1989, sendo georreferenciados o perímetro urbano e os fragmentos naturais, para classificação e comparação temporal. As unidades de paisagem foram subdivididas para contagem e execução dos índices e testes estatísticos. A paisagem do município de Coronel Fabriciano apresentou mudanças nas áreas das unidades urbana e matriz, no período entre 1989 e 2009. Houve uma expansão urbana sobre a matriz pastagem, mas não foram ocupadas as áreas semiurbanas. Não ocorreram alterações na área de remanescentes de floresta e eucalipto, mas com a expansão urbana alteraram-se as bordas, sendo que os remanescentes passaram a sofrer maiores pressões da área urbana. As margens dos cursos d'água também apresentaram crescimento da área urbana. Os resultados deste trabalho fornecem uma base geográfica de informações, com possibilidade de subsidiar estudos pertinentes ao campo da vigilância ambiental e saúde.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem. Gestão Ambiental. Fragmentação. Expansão urbana. Conservação. Coronel Fabriciano.

ABSTRACT

Urban growth can have negative effects on natural processes when the landscape is fragmented. Landscape analysis provides tools for better urban planning, aiming a better quality of life and the preservation of natural areas. The aim of this study is to describe the structure of the landscape in the city of Coronel Fabriciano, Minas Gerais State, detecting the changes between 1989 and 2009. The study covered the landscape referenced orthophoto from 1989, the urban area and natural fragments were demarcated for classification and temporal comparison purposes. The landscape units were sub-divided for counting and implementation of indices and statistical tests. Five landscape units were obtained. The landscape of the city of Coronel Fabriciano showed changes in the units of urban area and matrix (pasture) in the period between 1989 and 2009. We observed an urban growth over the pasture matrix. No changes were observed in the areas of remaining forest and eucalyptus, but with urban growth, some changes were seen in the edges. Natural fragmented areas have become closer to the urban area and suffered pressure from urban areas. The margins of watercourses also showed growth in the urban area. The results here provide basic geographic information with the possibility of supporting relevant studies to the field of environmental monitoring and health.

Keywords: Landscape Ecology. Environmental Management. Fragmentation. Urban Growth. Conservation. Coronel Fabriciano.

RESUMEN

La expansión urbana puede ejercer efectos negativos sobre los procesos naturales. El análisis del paisaje sirve como herramienta para proveer una mejor planificación urbana, con objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y la preservación de las áreas naturales. La realización de esta encuesta tiene como objetivo describir la estructura del paisaje de la ciudad de Coronel Fabriciano, MG, detectando los cambios que ocurrieron entre 1989 y 2009. La encuesta abarcó la referencia del paisaje en ortofoto de 1989, siendo georreferenciados el perímetro urbano y los fragmentos naturales, para clasificación y comparación temporal. Las unidades de paisaje se subdividieron para recuento y aplicaciones de los índices y testes estadísticos. El paisaje de la ciudad de Coronel Fabriciano muestra los cambios en las áreas de las unidades urbanas y de la matriz en el

período entre 1989 y 2009. Se ha producido un crecimiento urbano en el pasto de la matriz, pero no fueron ocupadas las áreas semiurbanas. No hubo cambios en las áreas remanentes de bosques y eucaliptos, pero con la expansión urbana, se han alterado los bordes, mientras que los remanentes han sido objeto de una fuerte presión de las zonas urbanas. Los márgenes de los cursos de agua también muestran un crecimiento en el área urbana. Los resultados aquí proporcionan una base geográfica de informaciones con posibilidad de apoyar estudios relacionados con ámbito de la vigilancia del medio ambiente y salud.

Palabra clave: Ecología del Paisaje. Gestión Ambiental. Fragmentación. La expansión urbana. Conservación. Coronel Fabriciano.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CEMIG (Centrais Energéticas do Estado de Minas Gerais, Prefeitura Municipal de Coronel Fabriciano e ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde pública (ENSP / FIOCRUZ).

Informações sobre os autores:

¹Marco Aurélio Pereira Horta – <http://lattes.cnpq.br/7726572730331667>

Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca – Ensp; Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz

Contato: mhorta@ensp.fiocruz.br / entomologica@gmail.com

²Fabício Thomáz de Oliveira Ker – <http://lattes.cnpq.br/2942642005664286>

Secretaria Municipal de Saúde do Município de Coronel Fabriciano.

Contato: ker@saude.mq.gov.br

³Aldo Pacheco Ferreira – <http://lattes.cnpq.br/0942554454570321>

Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz.

Contato: aldoferreira@ensp.fiocruz.br



CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, Brasil – eISSN: 1980-654X – está licenciada sob [Licença Creative Commons](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Recebido: 2623-11-2010

Aceito: 05-04-2011