

MAPEAMENTO DO CRESCIMENTO URBANO EM ÁREAS DE VÁRZEA NA PASSAGEM DO RIO CORUMBATAÍ POR RIO CLARO/SP*

Andréia Medinilha PANCHER

Geógrafa, Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental
Doutoranda em Geografia, na Análise da Informação Espacial - UNESP/Rio Claro
Av. 62 A, nº 141, Jardim América, CEP 13.506-056, Rio Claro - SP
Fone: (19) 3535-4708 e-mail: medinilha@linkway.com.br

Maria Isabel Castreghini de FREITAS

Engenheira Cartógrafa. Profa. Dra. do Departamento de
Planejamento territorial e Geoprocessamento - IGCE/UNESP
Av. 24 A, nº 1515, Bela Vista, CEP 13.506-900, Rio Claro - SP
Fone/Fax: (19) 3524-9622 e-mail: ifreitas@rc.unesp.br

Resumo – Este artigo apresenta a influência do crescimento urbano do município de Rio Claro/SP, em direção à mata ciliar do rio Corumbataí, através de um mapeamento dos aspectos físicos e antrópicos da área urbana, utilizando recursos de cartografia digital. Tomando por base o programa AutoCAD R.14, realizou-se a digitalização das cartas existentes. O mapeamento da mata ciliar foi feito utilizando-se técnicas de interpretação de fotografias aéreas em meio digital através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) IDRISI for WINDOWS 32. Dentre os resultados, destaca-se que a área coberta por mata ciliar em 1995 era de 603.586m², contra 1.616.470m² correspondente à área de preservação estabelecida pela legislação ambiental brasileira. Portanto, a mata ciliar existente correspondia a apenas 37% da proporção legal, denotando forte intervenção da expansão dos loteamentos da cidade e sérios danos ao meio ambiente e à população local.

Palavras-chave: Expansão Urbana; Cartografia Digital; Mata Ciliar; IDRISI; SIG.

Abstract - This paper presents the influence of the urban growth of the municipality of Rio Claro/SP, in the riparian vegetation along Corumbataí river. In this way, a mapping of the physical and antropics aspects of the municipality's urban area, specifically in the neighborhoods along the river, was done using digital cartography aerophotogrammetry. The digitalizing of existent maps was done through AutoCAD R.14 and the mapping of riparian vegetation through interpretation of aerial photographs in a digital environment using Geographic Information System (GIS) IDRISI for WINDOWS 32. As results, it is highlighted that the area with riparian vegetation, in 1995, was of 603.586m² against 1.616.470m² correspondent the area of preservation established through brazilian environmental legislation. Therefore, the vegetation riparian extant correspond only 37% of the legal proportion. This value, although significant, hides a strong intervention of the surrounding neighborhoods expansion, causing serious damage to the environment and the local population.

Key-words: Urban Expansion; Digital Cartography; Riparian Vegetation; IDRISI; GIS.

Resumen- Este artículo presenta la influencia del crecimiento urbano del municipio de Rio Claro/SP, en dirección a la mata ciliar del río Corumbataí, a través de un mapeamiento de los aspectos físicos y antropicos del sitio urbano, utilizando recursos de cartografía digital. Teniendo como base el programa AutoCAD R.14, se realizo la digitalización de las cartas existentes. El mapeamiento de la mata ciliar fue hecha utilizándose técnicas de interpretación de fotografías areas en el medio digital a través del Sistema de Información Geografía (GIS) IDRISI for Windows 32. Entre los resultados, se destaca que el sitio cubierto por la mata ciliar en 1995 era de 603.586m², contra 1.616.470m² correspondiente al sitio de preservación establecida por la legislación ambiental brasileña. Por lo tanto, la mata ciliar existente corresponde solo a 37% de la proporción legal, señalando la fuerte intervención de la expansión de los loteamientos de la ciudad y graves daños al medio ambiente y la población local.

Palabras de explicación: Expansión Urbana; Cartografía Digital; Mata Ciliar; IDRISI; SIG.

Terra Livre	São Paulo	Ano 19, v. 2, n. 21	p. 263-279	Jul/dez. 2003
-------------	-----------	---------------------	------------	---------------

*O presente artigo faz parte da Dissertação de Mestrado intitulada: "A degradação da mata ciliar e os impactos nos recursos hídricos desencadeados pela expansão urbana de Rio Claro/SP no entorno do rio Corumbataí", defendida no dia 22 de outubro de 1999, CRHEA/EESC/USP - São Carlos/SP

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil, assim como na maioria dos países subdesenvolvidos, teve origem com o desenvolvimento industrial e com a mecanização do campo. A invasão das modernas máquinas e equipamentos gerou o aumento da produtividade agrícola, porém, dispensou um elevado contingente populacional, desencadeando o *êxodo rural*, ou seja, a saída do homem do campo em direção às cidades.

Com isso, o crescimento da grande maioria das cidades brasileiras ocorreu de forma rápida e desordenada, sem qualquer planejamento. Tais cidades não estavam preparadas para o repentino crescimento populacional e as indústrias não conseguiram absorver este elevado número de trabalhadores, sem contar que a população rural não estava tecnicamente preparada para exercer a atividade industrial. Como conseqüência desse processo, a população carente, sem acesso às áreas residenciais já instaladas e com infra-estrutura, passou a ocupar áreas de risco ou de preservação ambiental devido ao seu baixo valor imobiliário, disseminando moradias precárias e desrespeitando totalmente a legislação de ocupação do solo, de proteção à mata ciliar, de rios e córregos.

Dentre as leis destaca-se a nº 898, de 18/12/75 que regulamenta o uso do solo para proteção dos mananciais da área metropolitana de São Paulo e visa a preservação dos recursos hídricos da área. Suas disposições levaram em consideração a necessidade de corrigir as inadequações profundas e crescentes entre o processo de desenvolvimento populacional e da produção e o meio ambiente. Através do disciplinamento do uso do solo, visa proteger a água de maneira harmônica e como fator de indução do desenvolvimento.

No caso da mata ciliar, faz-se necessário abordar o artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, do Código Florestal, modificada pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989, o qual considera que são áreas de preservação permanente "as florestas e demais formações de vegetação natural localizadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja de:

- 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura;
- 50 metros para os cursos d'água de 10 a 50 metros de largura;
- 100 metros para os cursos d'água com 50 a 200 metros de largura;
- 200 metros para os cursos d'água de 200 a 600 metros de largura;
- 500 metros para os cursos d'água com largura superior a 600 metros;
- ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de águas naturais ou artificiais;
- nas nascentes, incluindo as intermitentes, e nos chamados olhos d'água, em qualquer situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura";

A Constituição da República Federativa do Brasil, com base na Lei nº 7.754, de 14 de abril de 1989, artigo 1º, considera de preservação permanente, respaldada pela Lei nº 4.771, as florestas e qualquer outra forma de vegetação natural nas nascentes dos rios.

Para a Legislação Estadual, na seção I, cap. IV, artigo 193, a promoção e manutenção do inventário e do mapeamento da cobertura vegetal nativa, visa adotar medidas especiais de proteção, como também promover o reflorestamento, principalmente às margens de rios e lagos, garantindo a sua perenidade. O artigo 197 estabelece que são áreas de proteção permanente as nascentes, os mananciais e as matas ciliares.

Quanto aos recursos hídricos, a Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, estabelece um sistema de classes de qualidade para as águas doces, com base no uso preponderante a que se destinam, e define como enquadramento dos corpos d'água o estabelecimento do nível de qualidade (classes) a ser atingido e/ou mantido em um segmento do corpo d'água ao longo do tempo. As classes são:

- *Classe Especial*, destinada principalmente ao abastecimento sem prévia ou com simples desinfecção;
- *Classe 1*, destinada principalmente ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- *Classe 2*, destinada essencialmente ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- *Classe 3*, destinada especialmente ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

➤ *Classe 4*, destinada à navegação, dentre outros.

Apesar da existência de leis, a expansão urbana irregular, intensificada a partir da década de 1970, tem causado o desmatamento da mata ciliar, que atua como protetora das margens dos rios, interferindo diretamente na dinâmica dos recursos hídricos, comprometendo a quantidade e a qualidade das águas.

O planejamento urbano é fundamental para reverter a situação de degradação das matas ciliares e dos rios e córregos, considerando-se a realidade existente e suas interações no desenvolvimento futuro, sob a perspectiva do meio físico, social e econômico. Para isso, deve-se "planejar o uso e a ocupação das terras em comum acordo com a preservação das características topográficas, de solo, de drenagem da água e da vegetação natural do local". (MOTA, 1980)

Segundo LILLESAND et al. (1987), é comum o uso de fotografias aéreas e imagens orbitais para mapear a cobertura vegetal e o uso do solo de grandes extensões territoriais. O uso de fotografias aéreas de escala média tem sido uma prática consagrada desde a década de 40.

Também, o uso de sistemas computacionais facilita muito a tarefa de gestão territorial, sob a perspectiva do planejamento e da execução dos planos de trabalho, pois possibilita, de maneira interativa e rápida, a análise de informações indispensáveis às decisões político-administrativas concernentes ao gerenciamento dos recursos naturais renováveis de uma bacia hidrográfica. (FERRAZ, 1996)

Para FONSECA (1996), a habilidade dos Sistemas de Informações Geográficas para armazenar, integrar, analisar e exibir atributos sócio-econômicos e dados ambientais tem levado os mesmos a uma crescente aplicação para avaliação de impactos ambientais.

Diante destas considerações, o presente artigo teve por objetivo fundamental analisar a interferência da expansão urbana do município de Rio Claro/SP em direção à mata ciliar do rio Corumbataí-SP. Nos últimos anos a expansão urbana de Rio Claro/SP tem se desenvolvido próxima às margens deste rio causando forte pressão sobre a mata ciliar. Assim, efetuou-se um mapeamento destacando-se as diferentes características da área de estudo, a fim de se perceber como ocorreu a expansão urbana de Rio Claro e as repercussões deste crescimento.

Para este propósito, utilizou-se material cartográfico analógico, correspondente à área urbana de Rio Claro/SP para a digitalização dos aspectos físicos e antrópicos da área de estudo, através do programa AutoCAD R.14, da empresa Autodesk. Segundo BORGES e FONSECA (1995), os sistemas de Computer-Aided Design (CAD) representam um recurso essencial para a criação e manipulação de informações cartográficas em computador. Tais informações foram fundamentais para a análise da evolução urbana do município, destacando-se os bairros Conjunto Habitacional Boa Vista, Novo Jardim Wenzel, Jardim Bom Sucesso, Jardim Maria Cristina, Nova Veneza, Jardim Nova Rio Claro e Jardim das Palmeiras, que estão invadindo a área de várzea do rio e provocando o desmatamento da mata ciliar.

Para o mapeamento da vegetação, utilizou-se fotografias aéreas da área, as quais foram transformadas em arquivos digitais para que fosse possível o mapeamento da vegetação através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) IDRISI, versão 32. Segundo EASTMAN (1995), o Idrisi, introduzido desde 1987, é um Sistema de Informação Geográfica e um software de processamento de imagem, baseado na forma *raster* de representação de dados, desenvolvido pela escola de graduação de Geografia, a Clark University, Massachussets.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e Caracterização Geral da Área de Estudo

O município de Rio Claro/SP, com área de 498,7km², é o mais desenvolvido da bacia do rio Corumbataí e localiza-se na Média Depressão Periférica Paulista, entre as coordenadas 22°21' S e 22°27' S, 47°32' W e 47°36' W (figura 1).

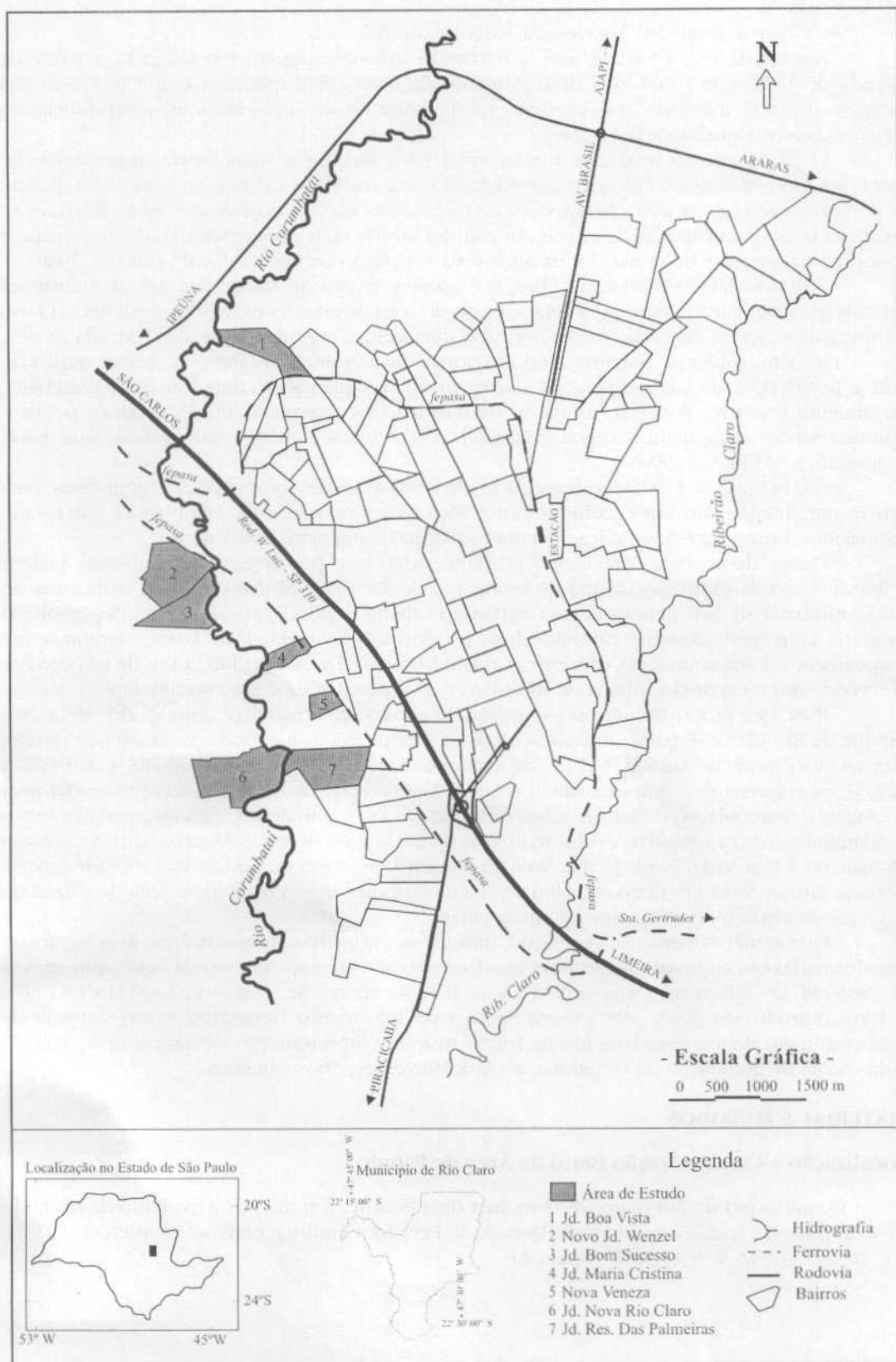


Figura 1 - Localização da área de estudo e setor urbano de Rio Claro/SP na várzea do Rio Corumbataí

As características geomorfológicas correspondem a colinas tabuliformes levemente convexas e patamares suavemente inclinados. Quanto aos aspectos geológicos, o interflúvio onde se situa a maior parte da cidade e o Distrito Industrial é constituído pela Formação Rio Claro.

As encostas do ribeirão Claro e do rio Corumbataí se assentam sobre a Formação Corumbataí, ao passo que os vales são formados por sedimentos holocênicos. Estas formações geológicas deram origem aos solos Latossolo-Vermelho-Amarelo (fase arenosa), no interflúvio; Latossolo-Vermelho-Escuro (fase arenosa), nas encostas do ribeirão Claro e do rio Corumbataí, e Hidromorfo nos vales fluviais (TROPMAIR, 1978).

Com base em CASTRO (1995), a maior parte da área urbana de Rio Claro está situada no interflúvio tabuliforme entre o rio Corumbataí e o ribeirão Claro, cuja topografia varia de 600 a 625 metros de altitude, incluindo toda área central. A porção Leste da cidade localiza-se na encosta do ribeirão Claro, abrangendo 575 a 600 metros, e no interflúvio, entre 625 a 650 metros. A Sudeste, distante aproximadamente um quilômetro, encontra-se o "sill" de diabásio recoberto pelo Horto Florestal Navarro de Andrade alcançando 723 metros de altitude.

As áreas Sul, Oeste e Noroeste da cidade situam-se sobre o interflúvio, entre 600 e 625 metros de altitude, estendendo-se rumo aos vales fluviais. Na porção Oeste, existem alguns bairros entre as altitudes 535 e 550 metros, no vale do rio Corumbataí. Ao Norte, a altitude varia entre 610 e 625 metros, aumentando gradativamente em direção ao Distrito Industrial (625 a 650 metros). Ainda na porção Noroeste, entre o interflúvio e as encostas do ribeirão Claro e do córrego Cachoeirinha, as altitudes oscilam entre 550 e 610 metros (CASTRO, 1995).

Com relação as águas do rio Corumbataí, podem ser classificadas como da classe 2, para uso doméstico após tratamento convencional. Em escala local o alto curso é de classe 1, ao passo que em alguns pontos, após o lançamento de esgotos domésticos e industriais, principalmente nas proximidades da cidade de Rio Claro, é de classe 3 e até 4. Em decorrência deste despejo, há a poluição em alguns trechos, locais onde ocorre a destruição ou alteração dos ecossistemas fluviais com o desaparecimento de numerosas espécies vegetais e de peixes. Quanto à demanda, Rio Claro, retira do ribeirão Claro e rio Corumbataí 1.200 l/s para uso urbano. (TROPMAIR, 1992)

Dentre as principais fontes de poluição das águas do rio Corumbataí destaca-se: o lançamento de esgotos domésticos "in natura" por todas as cidades da bacia; o parque industrial de Rio Claro, embora algumas indústrias tenham tratamento parcial de seus efluentes, o desaparecimento da mata galeria que desempenha papel filtrante entre o corpo d'água e as atividades agrícolas praticadas nas margens e vertentes. (TROPMAIR, 1992)

Quanto à ocupação urbana, Rio Claro/SP apresenta alta densidade de edificações, principalmente na área central. A expansão urbana, desordenada e sem planejamento eficaz, levou a população de baixa renda a habitar áreas próximas ao rio Corumbataí, desencadeando o desmatamento da vegetação ciliar. Portanto, evidencia-se que a manutenção e recomposição das matas ciliares da cidade de Rio Claro/SP, no entorno do rio Corumbataí, representam medidas de fundamental importância, a fim de garantir às futuras gerações da bacia do rio Corumbataí, água em qualidade e quantidade compatíveis com a demanda crescente.

Material

Visando o mapeamento através de técnicas de cartografia digital e SIG, selecionou-se o seguinte material para a execução deste trabalho:

- Nove cartas topográficas da área urbana de Rio Claro/SP - IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico), de 1979, escala 1:10.000, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM);
- Uma planta cadastral da área urbana de Rio Claro/SP baseada na Carta IBGE (restituição aerofotogramétrica de 1978), atualizada para o ano de 1998 pela coordenadoria de Cadastro Técnico da Prefeitura Municipal de Rio Claro/SP, escala 1:10.000, projeção UTM;
- Dez plantas cadastrais do setor urbano de Rio Claro/SP - DAAE - Cadastro Técnico, edição de 1993, escala 1:2.000, projeção UTM, selecionadas para o georeferenciamento das fotos;

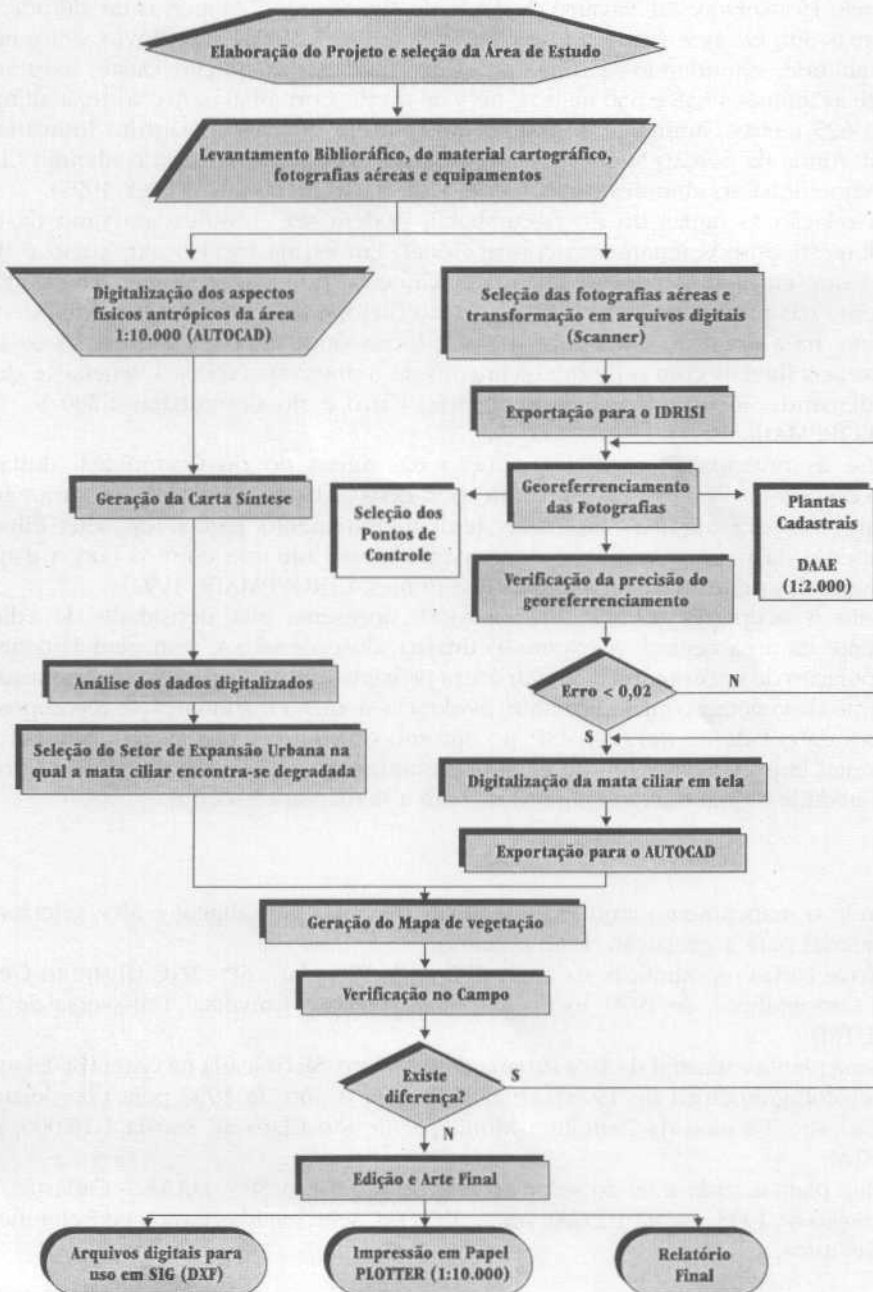
- Nove fotografias aéreas, escala 1:5.000, geradas pela empresa Base Aerofotogrametria em 1995;

Além disto, foram utilizados os programas computacionais AutoCAD R.14; Corel Draw 9.0; Photo Paint 7.0; o SIG IDRISI for Windows 32; bem como um computador Pentium 200 com Mesa Digitalizadora Digigraf, modelo Velasquez, tamanho A0; Scanner ScanJet 4c (600 dpi) e acessórios.

Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho serviu de base para analisar as características do setor da área urbana localizada no entorno do rio Corumbataí-SP. Considerando-se que este trecho do rio ainda apresenta áreas consideráveis de mata ciliar, faz-se necessário um planejamento urbano adequado adotando medidas para preservá-la e para recompor as áreas degradadas.

As etapas de trabalho adotadas visando a aplicação da metodologia estão destacadas no fluxograma à seguir.



DIGITALIZAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS

A área urbana de Rio Claro/SP, que inclui a área de estudo deste projeto de pesquisa, abrange 8 cartas topográficas do IGC, 1:10.000, 1979, entre as coordenadas E= 230.000m a 237.000m e N= 7.515.000m a 7.527.000m. Estas cartas serviram de base para a digitalização das feições de Drenagem, da Ferrovia e o traçado da grade UTM.

Para a digitalização das feições da Malha Urbana e das Estradas, optou-se por utilizar a Planta Cadastral do município, atualizada até fevereiro de 1998. Com base neste material cartográfico e com o auxílio do programa computacional AutoCAD R.14 e de mesa digitalizadora, foi possível digitalizar cada feição de interesse, num mesmo arquivo, separadas por níveis de informação ("layers") distintos.

Para GUIMARÃES et. al. (1998), a técnica de digitalização permite a extração das feições de interesse, a qual é realizada por um operador analista por meio de funções que possibilitam a geração de pontos, linhas e polígonos a serem inseridos no mapa atualizado. Todas estas funções são utilizadas com base num sistema de coordenadas do próprio mapa. A partir daí, os resultados de uma atualização são registrados num arquivo de entidades gráficas de forma que podem ser visualizados no monitor de um computador ou então exportados num arquivo de formato público (por exemplo, o DXF do AutoCAD).

De acordo com o exposto, os mapas foram fixados na mesa e digitalizados separadamente. Para a calibração da mesa selecionou-se primeiramente as coordenadas do extremo inferior à esquerda e, em seguida, o par do extremo superior à direita. Este tipo de calibração é o que apresenta menor desvio-padrão na análise das medidas de interseções, distribuídas uniformemente no quadrícula UTM e no sistema CAD. (MENEGUETTE et al., 1995)

As principais etapas da digitalização de Cartas Topográficas utilizando-se o programa AutoCAD são apresentadas à seguir:

a. Digitalização das Feições

A digitalização foi efetuada por nível de informação, utilizando-se critérios de desenho (pline), continuidade (endp), visualização (zoom), modificação das características da feição, como por exemplo a cor (change).

b. Edição dos Mapas

Após a digitalização de todas as feições, efetuou-se a edição dos mapas, utilizando-se critérios para juntar ou quebrar linhas (pedit), fechar ou abrir polígonos com função de aproximação (snap), a fim de corrigir erros da digitalização e preencher polígonos (hatch) como, por exemplos áreas de represas, rios, etc.

Além disso, foram feitos dois recortes na área digitalizada, visando selecionar um setor que abrange o bairro Conjunto Habitacional Boa Vista, entre as coordenadas UTM, em metros, $(E_1, N_1) = (232.496, 7.522.450)$ e $(E_2, N_2) = (233.417, 7.523.510)$, pois ao longo do rio o mesmo encontra-se isolado, e outro que engloba os bairros Novo Jardim Wenzel, Jardim Bom Sucesso, Jardim Maria Cristina, Nova Veneza, Jardim Nova Rio Claro e Jardim das Palmeiras, correspondendo às coordenadas $(E_1, N_1) = (231.510, 7.516.391)$ e $(E_2, N_2) = (234.413, 7.520.364)$, à medida em que esses apresentam uma continuidade espacial. Tais recortes foram necessários pois essa pesquisa considera a influência da área urbana na mata ciliar e no rio Corumbataí, portanto, somente foram selecionados os bairros localizados no entorno do rio.

c. Interpretação da Carta Topográfica

Concluída a digitalização e a edição, obteve-se o registro, em meio digital, de Carta Topográfica contendo aspectos físicos e antrópicos da área de estudo. Com base na Carta, foi possível analisar esses aspectos e seu confronto com a posterior interpretação da vegetação ciliar.

Assim, a drenagem da área dos sete bairros analisados, abrange uma extensão de 8.197,06m do rio Corumbataí e 13.617,11m de comprimento total de seus afluentes. Vale ressaltar, que a

mata ciliar está intimamente vinculada à drenagem, portanto este aspecto é muito importante para identificação dessa vegetação.

Com relação à Malha Urbana, observa-se que este foi um dado extremamente relevante para este trabalho, pois mostrou a recente configuração urbana do município, a direção da expansão da cidade e, essencialmente, permitiu visualizar o desenvolvimento dos bairros rumo à várzea do rio Corumbataí.

Com base nos dados fornecidos pelo setor de Cadastro da Prefeitura Municipal de Rio Claro/SP, foi possível elaborar um cenário (figura 2) com o objetivo de analisar a direção da expansão urbana ao longo das décadas, apresentando portanto, a configuração da área urbana de Rio Claro/SP. Tais dados abrangem o ano ou a década de fundação de cada bairro da cidade. Para a elaboração desse cenário os bairros foram agrupados de acordo com os seguintes períodos: até 1939; de 1940 a 1949; de 1950 a 1959; de 1960 a 1969; de 1970 a 1979; de 1980 a 1989 e; após 1990. Assim, cada período recebeu uma cor, visando diferenciar os grupamentos.

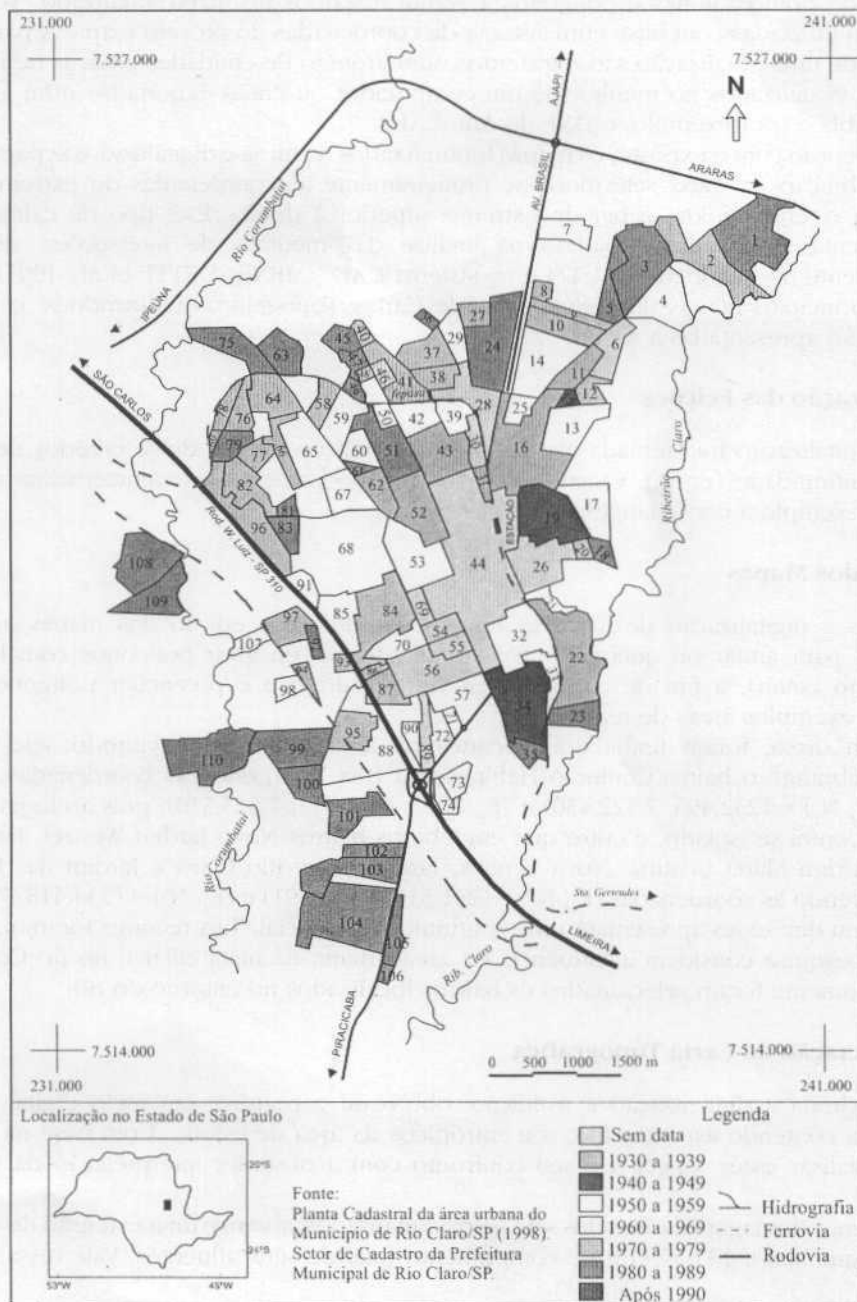


Figura 2 - Expansão urbana de Rio Claro/SP

De modo geral, de 1930 a 1979 a cidade cresceu, gradativamente, no entorno da área central. Após 1979, houve uma ampliação mais esparsa, à medida que os bairros passaram a se localizar em diversos pontos, distantes do núcleo central. Esta nova disposição representou mais custos em termos de saneamento básico, transporte e outros serviços urbanos. Além disto, a população dos bairros mais longínquos acabou ficando à margem da área mais desenvolvida, dificultando a locomoção de suas casas até o local de trabalho e à zona central.

Um fato que agrava ainda mais a situação é o crescimento de bairros na margem oposta do rio, ocupando áreas ilegais e causando sérios impactos. Considerando-se que a área urbana é dinâmica e o crescimento é contínuo, muitas vezes sua expansão escapa ao previamente planejado pela administração pública. Certamente os bairros que estão se formando ao longo do rio Corumbataí se ampliarão, estimulando o aparecimento de novos loteamentos. Com isto, as áreas que ainda apresentam considerável densidade de mata ciliar poderão ficar comprometidas caso a administração municipal não depreenda enérgica ação de controle à ocupação destas áreas.

FOTOINTERPRETAÇÃO VISUAL DA MATA CILIAR

A Mata Ciliar no entorno do rio Corumbataí, dentro da área urbana de Rio Claro/SP, foi digitalizada no SIG – IDRISI, com base nos seguintes procedimentos:

a. Digitalização das Fotografias Aéreas

De acordo com PORTUGAL et al. (1995), os dispositivos de aquisição destinam-se à transformação de imagens analógicas em digitais. Tais dispositivos têm a finalidade de discretizar a imagem analógica em um conjunto de pequenas células, fornecendo a cada uma destas um atributo numérico, de modo que possam ser armazenadas em meio magnético. Quanto aos atributos numéricos, estes são relacionados a uma tabela de cores ou tons de cinza tornando possível a reprodução da imagem original.

Para CINTRA e SANTIAGO (1995), o produto no formato digital agiliza a manipulação, manutenção, pesquisa, armazenamento e atualização dos dados cartografados.

No caso do presente trabalho, a transformação das fotografias aéreas em arquivos digitais foi efetuada através do *scanner* de mesa, com resolução de 600 dpi, cuja leitura da imagem é realizada automaticamente, gerando arquivos de dados em estrutura *raster*. O mesmo lê a imagem analógica, colocada sobre uma superfície plana, através do detector eletrônico que varre a imagem em duas direções ortogonais (X, Y).

b. Georreferenciamento das Fotografias Aéreas

"A operação do registro geométrico tem como objetivo compatibilizar dados espaciais que se referem à mesma região geográfica. Com isto, os conjuntos de dados registrados estarão referenciados ao mesmo sistema de coordenadas. As operações de registro mais comuns são realizadas entre IMAGEM X MAPA e IMAGEM X IMAGEM" (GUIMARÃES et al., 1998).

No procedimento de georreferenciamento, recomenda-se coletar pontos de controle em escala superior a do mapeamento. Neste sentido, para a realização do georreferenciamento das fotografias aéreas utilizou-se plantas da área urbana de Rio Claro/SP (1993), na escala 1:2.000, fornecidas pelo DAAE (Departamento Autônomo de Água e Esgoto) do Município. Vale ressaltar que os bairros analisados situam-se em áreas de expansão urbana e de precária infra-estrutura, dificultando a obtenção dos pontos de controle.

Para o propósito, coletou-se pontos de controle, como cruzamentos de ruas, pontes sobre os rios e cantos de quadras, que garantissem a qualidade do georreferenciamento. Além disto, buscou-se na seleção dos pontos a melhor distribuição possível, visando uma geometria interna mais adequada. Foi possível selecionar para cada foto 8 pontos de controle que foram relacionados com a planta, buscando visualizá-los precisamente. Calculou-se as coordenadas de carta para cada ponto, através da interpolação.

Nesse momento, é essencial citar o Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, o qual estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Assim, no que

diz respeito à exatidão, o artigo 8º coloca que as cartas devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão dos trabalhos cartográficos, onde 90% dos pontos de controle bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao padrão estabelecido.

Também, foram selecionados 8 pontos de verificação em cada fotografia para se avaliar o grau de precisão do georreferenciamento. Para a transformação utilizou-se a função de mapeamento *linear* (primeira ordem) e o interpolador *vizinho mais próximo*. A operação de registro foi efetuada entre IMAGEM (foto digital) X MAPA (Planta Cadastral), onde os pontos foram localizados nas fotos, diretamente na tela do computador, com o auxílio do mouse e paralelamente medidos com uma régua nas cartas, visando calcular as coordenadas x e y dos mesmos. Em seguida, utilizaram-se as equações 1 e 2 para calcular o Erro Médio Quadrático (EMQ) das coordenadas x e y, respectivamente.

$$EMQ_y = \sqrt{\sum y^2/n} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$EMQ_x = \sqrt{\sum x^2/n} \quad \text{Eq. (2)}$$

Os valores obtidos para o EMQ das coordenadas x e y foram de 3.22m e 3.94m, respectivamente. Considerando-se que o Padrão de Exatidão Cartográfica do Decreto nº 89.817 para a escala 1:10.000 é de 5m, verifica-se que os valores obtidos foram adequados à escala utilizada na pesquisa.

c. Mapeamento da vegetação Ciliar

Para a fotointerpretação das feições de vegetação é necessário que se considere os elementos como a cor ou tonalidade, textura, altura e forma. No caso das fotografias aéreas a tonalidade da mata é predominantemente cinza médio sendo que a variedade das espécies vegetais, com alturas diversas, fornece à mata uma textura grosseira, diferenciando-a, por exemplo, de um reflorestamento de eucaliptos. Apesar da altura das árvores permitir maior visibilidade, este não é um elemento essencial para a identificação. Quanto às matas ciliares, a forma sinuosa acompanhando os cursos d'água representa o principal elemento para sua identificação. (CERON e DINIZ, 1966)

Vale a pena acrescentar que, segundo VERGARA e KURKDJIAN (1998), com a utilização de ferramentas de digitalização dos Sistemas de Informação Geográfica facilita-se a identificação e a digitalização exata de grande parte das feições e amplia-se a quantidade de informação extraída das imagens, quando se compara com a fornecida pelos dados originais. Contudo, este procedimento não descarta as fontes de dados complementares, que são oriundos do processo de fotointerpretação de imagens.

Diante destas premissas, as feições de mata ciliar das fotografias aéreas foram digitalizadas no IDRISI, através da interpretação visual em tela. A mata foi digitalizada ao longo do rio Corumbataí nas áreas de contato com os bairros Conjunto Habitacional Boa Vista, Novo Jardim Wenzel, Jardim Bom Sucesso, Jardim Maria Cristina, Nova Veneza, Jardim Nova Rio Claro e Jardim das Palmeiras.

A nitidez das fotografias aéreas e a escala de detalhe (1:5.000) contribuíram muito para distinguir os diferentes elementos. Um fato que auxiliou sobremaneira a interpretação das fotos foi o efeito da sombra, pois permitiu uma ampla percepção do formato das árvores, o que contribuiu para uma digitalização mais precisa.

d. Edição dos arquivos DXF no Programa computacional AutoCAD R.14

Os arquivos vetoriais foram inseridos no AutoCAD R.14, formando um mosaico único da vegetação ciliar. A partir daí, iniciou-se a edição das informações, a qual possibilitou a junção dos arquivos, o fechamento dos polígonos, eliminação de erros e sobreposições, bem como o preenchimento das manchas de mata através de hachuras. A edição permitiu também a elaboração de um nível de informação completo da mata ciliar, bem como a verificação de falhas ocasionadas na fase da digitalização. Concluída a edição, realizou-se a sobreposição desse nível de informação aos aspectos físicos e antrópicos da Carta Topográfica, o que permitiu verificar o avanço dos bairros em direção à mata ciliar.

c. Verificações de Campo

Os trabalhos de campo possibilitaram verificar a qualidade do mapeamento e as condições da mata ciliar da área, levando-se em conta que a expansão urbana é contínua e as fotografias aéreas de 1995 já apresentavam defasagem.

Assim, foram constatados graves problemas do ponto de vista da urbanização e a interferência deste processo na degradação da mata ciliar do rio Corumbataí. De modo geral, observou-se que a maioria dos bairros são constituídos por habitações precárias, sem infraestrutura adequada, denotando um processo de marginalização da população carente em áreas degradadas e distantes do centro da cidade. Em toda a área notou-se que os bairros foram instalados sem nenhum planejamento prévio.

Vale ressaltar, que durante a pesquisa (cerca de 3 anos) houveram sérias modificações na área, destacando-se a ampliação de loteamentos e construções próximas à vegetação ciliar do rio Corumbataí e afluentes existentes em alguns bairros, o cultivo de milho em alguns locais próximos à mata e a deposição de entulhos e lixos próximos à vegetação.

Com isto, houve forte pressão sobre a mata ciliar causando o desmatamento de extensas porções da vegetação. A mata ciliar original foi intensamente alterada para dar passagem às atividades de reflorestamento de eucaliptos, agropecuárias, etc. Hoje, estas áreas estão cedendo espaço para a expansão urbana que também está interferindo diretamente na vegetação e intensificando ainda mais a degradação. Apesar destas condições, ainda há setores da mata que apresentam considerável densidade e necessitam de medidas de recomposição, antes que esta vegetação, indispensável ao equilíbrio do rio, desapareça por completo.

f. Análise comparativa entre a Mata Ciliar real com a estabelecida pelo Código Florestal

As feições drenagem, mata ciliar e bairros foram exportadas do AutoCAD (na extensão DXF) e importadas no IDRISI. Posteriormente, os níveis de informação drenagem e mata ciliar foram convertidos de arquivos vetoriais para raster. A imagem drenagem serviu de referência para a geração de um buffer de 50 metros de largura para o rio Corumbataí, pois o mesmo apresenta-se com largura superior a 10 metros nas imediações dos bairros, e de 10 metros para os afluentes.

A superposição entre a largura de mata ciliar estabelecida pelo Código Florestal e a realidade (1995) foi efetuada através do comando OVERLAY do IDRISI, selecionando-se uma das operações booleanas, o dispositivo de soma. Essa operação matemática gerou um imagem com manchas de mata esparsas (real), que abrange 603.586m², contradizendo totalmente com a proporção de vegetação determinada pelo Código Florestal de 1.616.470m². Observando-se as figuras 3 e 4 percebe-se que a mata ciliar apresenta intensa alteração, sem contar que os dados são de 1995, portanto, o desmatamento pode estar ainda mais avançado. Vale ressaltar que para a manutenção dos recursos hídricos, bem como para a preservação da fauna, a mata ciliar deve ser contínua, aspecto comprometido na área considerada.

A MATA CILIAR NO BAIRRO BOA VISTA, RIO CLARO/SP



Figura 3 - A Mata ciliar do rio Corumbataí, na área urbana de Rio Claro/SP

A MATA CILIAR NO SETOR URBANO DE RIO CLARO/SP

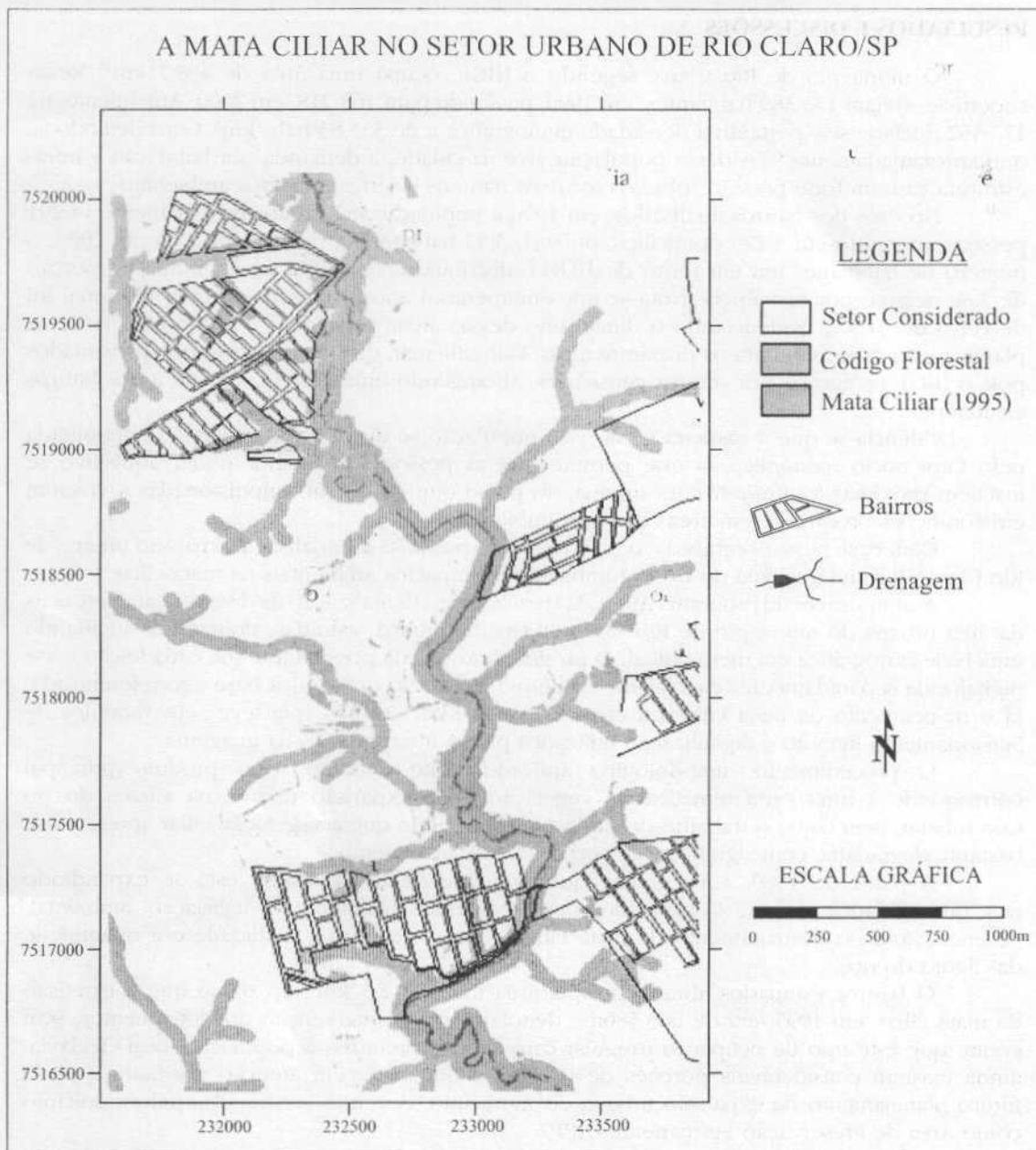


Figura 4 - A Mata ciliar do rio Corumbataí na área urbana de Rio Claro/SP

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Rio Claro, segundo o IBGE, ocupa uma área de 498,7 km². Nessa superfície, viviam 153.389 habitantes, em 1996, passando para 168.218, em 2000. Atualmente, há 177.452 rioclarenses, portanto a densidade demográfica é de 355,83 hab./km². Considerando-se que aproximadamente 97% dessa população vive na cidade, a demanda por habitação e infraestrutura causam forte pressão sobre os recursos naturais e sérios impactos ambientais.

No caso dos bairros analisados, em 1996 a população era de aproximadamente 14.291 pessoas, morando em 4.179 domicílios, ou seja, 3,42 habitantes por residência. Já em 2000, o número de habitantes era em torno de 18.844, distribuídos em 4.882 casas, numa proporção de 3,86 pessoas por residência. Nota-se que em apenas 4 anos o crescimento populacional foi de cerca de 31,9%, evidenciando o dinamismo dessas áreas periféricas e a importância de se planejar essa expansão para os próximos anos. Vale salientar, que esses dados são aproximados pois o IBGE os agrupa por setores censitários, abrangendo uma área maior que a dos bairros estudados.

Evidencia-se que a maneira como esta população se distribui no espaço é determinada pelo fator sócio-econômico, o que permite que as pessoas de melhor poder aquisitivo se instalem próximas à infra-estrutura urbana, ao passo que outras são impulsionadas a viverem em condições precárias e em áreas de risco ambiental.

Com base nessas premissas, o objetivo dessa pesquisa foi analisar a expansão urbana de Rio Claro/SP rumo à várzea do rio Corumbataí e os impactos ambientais na mata ciliar.

Assim, através do programa AutoCAD realizou-se a digitalização de diversas características da área urbana do município de Rio Claro/SP (malha urbana, estradas, drenagem) originando uma base cartográfica em meio digital. O programa AutoCAD possibilitou que cada feição fosse digitalizada separadamente (em "layers" distintos) formando uma única base georreferenciada. Já o mapeamento da mata ciliar foi efetuado no IDRISI, um SIG que teve seus módulos de Sensoriamento Remoto e digitalização utilizados para a interpretação da imagem.

O procedimento metodológico aplicado neste trabalho, cujo produto principal corresponde a uma carta temática de vegetação e da expansão urbana na várzea do rio Corumbataí, bem como o trabalho de campo, evidenciaram que a vegetação ciliar apresenta-se bastante degradada, com significativas porções de desmatamento.

A partir de 1980, constatou-se que a cidade de Rio Claro/SP está se expandindo nas proximidades do rio Corumbataí, desrespeitando totalmente a legislação ambiental, desencadeando o desmatamento da mata ciliar, comprometendo a qualidade e a quantidade das águas do rio.

O bairros estudados abrangem uma área total de 2,37km², ao passo que a extensão da mata ciliar, em 1995, era de 603.586m², denotando forte intervenção dos loteamentos, sem contar que este tipo de ocupação irregular causa sérios prejuízos à população local. Todavia, ainda existem consideráveis porções de vegetação que merecem atenção prioritária para o futuro planejamento de expansão urbana do município, devendo ser tratadas pelo município como Área de Preservação Permanente (APP).

Como resultado, ilustra-se através da Figura 5 a ocupação da várzea do rio Corumbataí.

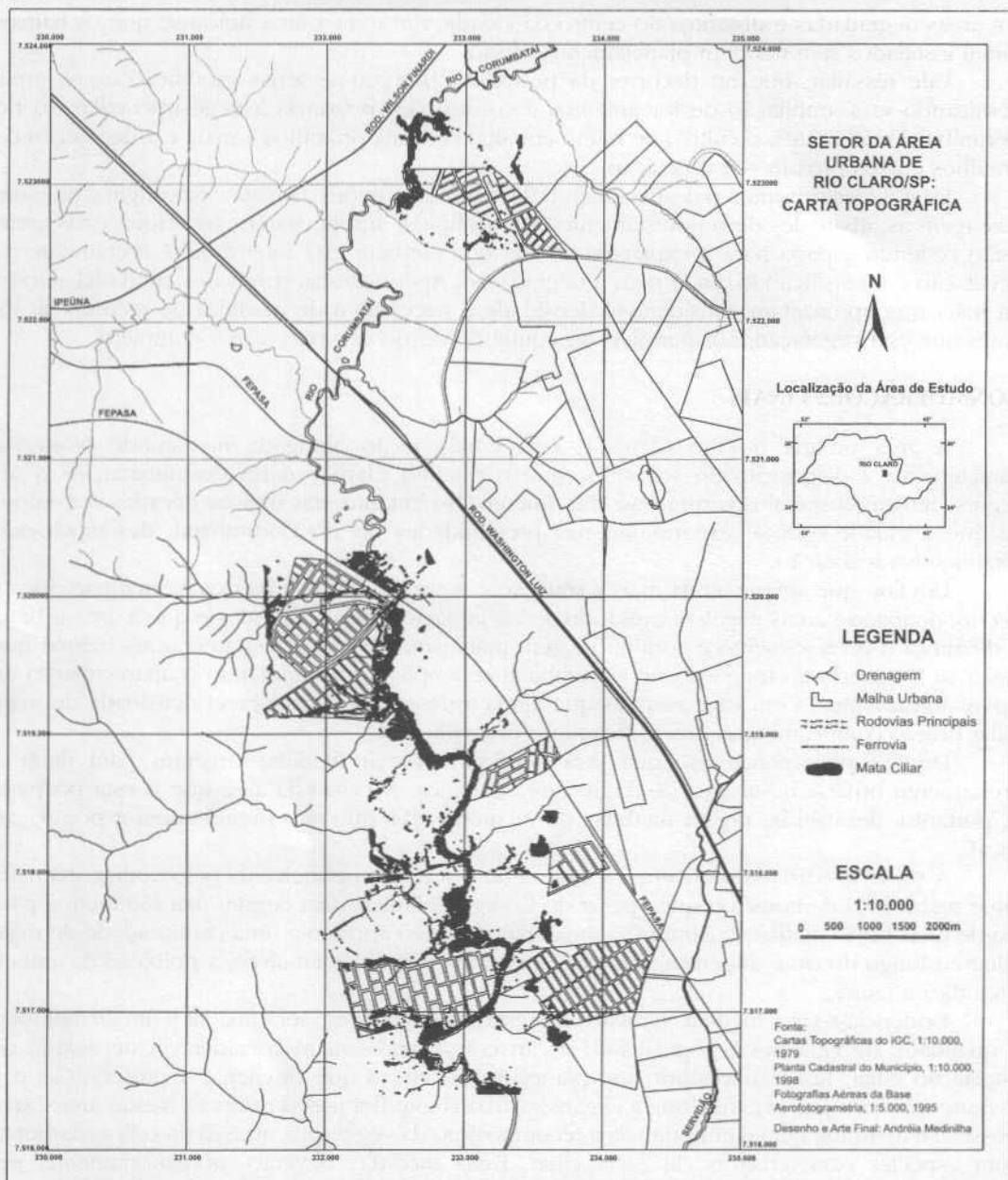


Figura 5 – Carta topográfica de um setor da área urbana de Rio Claro/SP

Com a sobreposição da mata ciliar aos dados da base cartográfica, foi possível identificar quais os bairros que estão invadindo a mata ciliar e a várzea do rio Corumbataí e a intensidade do desmatamento.

Constatou-se que dos 7 bairros analisados, 5 deles estão localizados junto ao rio Corumbataí - Jardim Boa Vista, Novo Jardim Wenzel, Jardim Bom Sucesso, Jardim Nova Rio Claro e Jardim das Palmeiras. No entanto, o Jardim Maria Cristina e o Nova Veneza, apesar de não se localizarem junto ao curso d'água, indicam uma tendência de se expandir rumo à várzea do rio Corumbataí, se nenhuma medida de planejamento de ocupação for tomada.

Ao longo dos trabalhos de campo, foram constatados graves problemas do ponto de vista da urbanização e a interferência deste processo na degradação da mata ciliar do rio Corumbataí. De modo geral, observou-se que a maioria dos bairros são constituídos por habitações precárias, sem infra-estrutura adequada, denotando um processo de marginalização da população carente

em áreas degradadas e distantes do centro da cidade. Em toda a área notou-se que os bairros foram instalados sem nenhum planejamento prévio.

Vale ressaltar, que no decorrer da pesquisa observou-se sérias modificações na área, destacando-se a ampliação de loteamentos e construções próximas à vegetação ciliar do rio Corumbataí e afluentes, o cultivo de milho em alguns locais próximos à mata e a deposição de entulhos e lixos próximos à vegetação.

Estas ações causaram o desmatamento de extensas porções da mata ciliar original para dar passagem às atividades de reflorestamento de eucaliptos, agropecuárias, etc. Hoje, estas áreas estão cedendo espaço para a expansão urbana que também está interferindo diretamente na vegetação e intensificando ainda mais a degradação. Apesar destas condições, ainda há setores da mata que apresentam considerável densidade e necessitam de medidas de recomposição, antes que esta vegetação indispensável ao equilíbrio do rio desapareça por completo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área urbana de Rio Claro/SP, cuja configuração alongada no sentido Norte-Sul caracterizava a disposição do seu sítio entre o ribeirão Claro e o rio Corumbataí, os quais representavam obstáculos naturais ao crescimento. No entanto, nas últimas décadas constatou-se que a cidade está se expandindo nas proximidades do rio Corumbataí, desrespeitando totalmente a legislação.

Um fato que agrava ainda mais a situação é o crescimento de bairros na margem oposta do rio, ocupando áreas ilegais e causando sérios impactos. Considerando-se que a área urbana é dinâmica e o crescimento é contínuo e sem planejamento eficaz, certamente os bairros que estão se formando ao longo do rio Corumbataí se ampliarão, estimulando o aparecimento de novos loteamentos. Com isto, as áreas que ainda apresentam considerável densidade de mata ciliar ficarão comprometidas, intensificando o desmatamento.

Desta forma, percebe-se que será necessário tomar medidas urgentes para deter o crescimento urbano nesta área de fragilidade ecológica. No caso da área que já está ocupada e, portanto, desmatada, urge medidas de recomposição que não prejudiquem a população local.

A superposição realizada entre a largura de mata ciliar estabelecida pelo Código e a mata ciliar real (1995) demonstrou que apesar do Código delimitar uma largura fixa (50 metros para rio de mais de 10 metros de largura) a área analisada não apresenta uma continuidade de mata ciliar ao longo do rio e afluentes, fato que acelera os processos erosivos, a poluição da água e prejudica a fauna.

Evidencia-se que medidas para reverter esta situação devem ser tomadas a fim de melhorar a qualidade de vida desta população. Nas áreas que apresentam considerável densidade de vegetação ciliar, faz-se necessário um planejamento eficaz que privilegie a preservação e a manutenção da mata, evitando que a expansão urbana interfira nestas reservas. Nestas áreas, será possível e de fundamental importância a recomposição da vegetação, através do reflorestamento com espécies características de mata ciliar. Estas medidas deverão, obrigatoriamente, ser implementadas nas nascentes, garantindo a qualidade e a quantidade das águas do rio.

O ideal seria recuperar totalmente a vegetação com espécies nativas de mata ciliar associando as características de densidade. No entanto, quando se trata de área urbana, torna-se muito complexo recompor as características originais da vegetação, pois a população já está vivendo às margens do rio e a recomposição da mata envolve o aspecto de segurança dos bairros.

Desse modo, torna-se necessário um planejamento urbano associado ao planejamento ambiental, para que os impactos sociais e ambientais não sejam intensificados ou reproduzidos em outras áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, K. A. V. & FONSECA, F. T. Sistemas de Informações Geográficas X Representação Cartográfica: uma visão do futuro. *Anais. XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*. Bahia, p. 899-902, 1995.

- CERON, A. O. & DINIZ, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, p. 65-77 abril-junho, 1966.
- CINTRA J. P. & SANTIAGO, L. A Informatização da carta de base do IGC. *Anais. XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*. Bahia. p. 1262-1268, 1995.
- DECRETO nº 89.817. *Normas Técnicas da Cartografia Nacional*. 20 de junho de 1984.
- EASTMAN, Ronald. *Idrisi for windows. User's guide, version 3.2*. Worcester, MA, may, 1995.
- FERRAZ, Angela R. G. *Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no estado de São Paulo*. São Paulo, 1996. 187p. (Dissertação de Mestrado).
- GUIMARÃES, R. G. et al. O. Sistema de atualização cartográfica apoiado por computador. *Cdroom*. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos (SP), 1998.
- LILLESAND, Thomas M. & KIEFFER, Ralph W. *Remote sensing and image interpretation*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto & Singapore: John Wiley & Sons, Inc., 2ª ed., 1987.
- MENEGHETTE, A. A. C. et al. Proposta metodológica para a elaboração de uma base cartográfica digital para utilização em Sistemas de Informações Geográficas. *Anais. XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*. Bahia, p. 1042-1051, 1995.
- MOTA, F. S. B. *Disciplinamento do uso e ocupação do meio ambiente*. São Paulo: USP, 1980, 254p. (Tese de Doutorado).
- PORTUGAL, J. L.; SÁ, L. A. C. M. de & CARNEIRO, A. F. T. Dispositivos de aquisição de dados e edição de informações. *Anais. XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Bahia, p. 1067-1075. 1995.
- SCHUMACHER, D. H.; LOCH, C. & LOCH, R. E. N. Metodologia para a produção de mapas a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. *Anais. XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Bahia, p. 1130-1138, 1995.
- VERGARA, O. R. & KURKDJIAN, M de L. N. de O. Fotointerpretação assistida por computador para atualização de Cartas Topográficas na escala 1:50.000. *Cdroom*. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos (SP), 1998.