

OS REFLEXOS DOS AVANÇOS DAS GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA

Andréia Medinilha Pancher
Universidade Estadual Paulista
medinilh@rc.unesp.br

EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

Resumo

O avanço das geotecnologias, especialmente a partir da década de 1990, tem refletido no desenvolvimento de pesquisas na área urbana, possibilitando a elaboração de mapas temáticos representativos da expansão das cidades e dos reflexos ao ambiente. Diante do exposto, o objetivo principal do presente artigo foi analisar a evolução das geotecnologias no estudo do crescimento urbano de Rio Claro/SP na direção da mata ciliar do rio Corumbataí. Para o propósito, foram analisados os métodos da Cartografia Digital, do Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizados na década de 1990, comparando-os com os procedimentos realizados na década de 2010. Como resultados, percebeu-se que no período analisado houve um avanço considerável na área da Cartografia Digital, facilitando o acesso às bases cartográficas digitais, agilizando a produção dos documentos cartográficos e melhorando a qualidade das informações gráficas; quanto ao sensoriamento remoto, destaca-se que os produtos sensores se modernizaram, enfatizando-se as fotografias aéreas, as quais eram confeccionadas no formato analógico e passaram a ser produzidas em meio digital, além das informações serem de alta resolução espacial, e representadas em cores; já os SIG também tiveram inovações na estrutura de armazenamento de dados, nos recursos de desenho e edição, na integração dos *layers* e no georreferenciamento. Deste modo, atualmente as geotecnologias auxiliam os mapeamentos temáticos dos elementos físicos e urbanos, servindo de subsídio à administração pública, com vistas ao adequado planejamento urbano e ambiental.

Palavras-Chave: Geotecnologias; Expansão Urbana; Mata Ciliar; Planejamento Urbano e Ambiental.

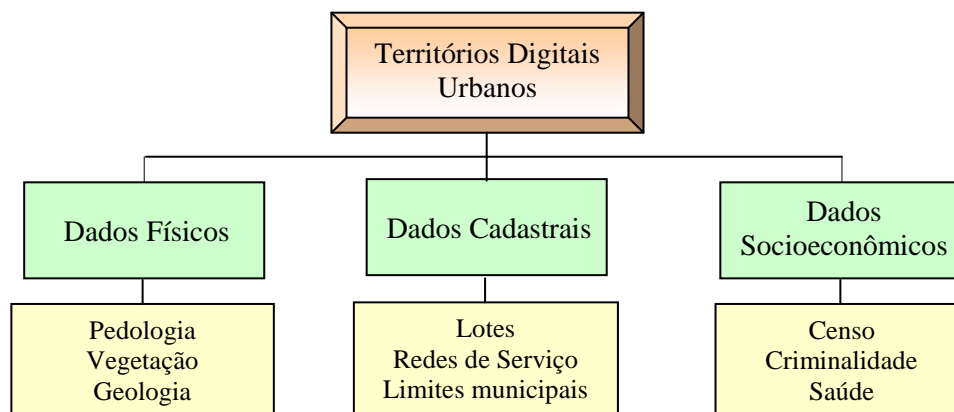
Abstract

The advancement of Geotechnology, especially from the 90's on, has reflected upon the development of urban research enabling the preparation of thematic maps covering the expansion of towns and its reflexes to the environment. Considering it this paper aims to analyze the evolution of Geotechnology in the study of urban growth toward the riparian forest of Corumbataí river of the city of Rio Claro (in São Paulo State - Brazil). For this we analysed the methods of Digital Cartography, Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) that were used in the 1990s, comparing them with the procedures carried out in 2010s. As a result, we realized in that period there was considerable progress in Digital Cartography area by facilitating access to cartographic databases, accelerating the cartographic documents production and improving the quality of graphical information; as regards remote sensing, it is noteworthy that the sensors are modernized, emphasizing aerial photographs, which were made in analog format and began to be produced on digital media, besides the high spatial resolution of information that are represented in color; the GIS also had innovations in data storage structure, features of drawing and editing, integration of layers and georeferencing. So Geotechnology nowadays assists the thematic maps of urban and physical elements, serving as a subsidy to public administration, regarding the appropriate urban and environmental planning.

Keywords: Geotechnology; Urban Sprawl; Riparian Forest; Urban and Environmental Planning.

JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

O conhecimento do território é fundamental para a identificação dos problemas sociais, econômicos e ambientais, com vistas ao adequado e justo uso e ocupação das terras. Para organizar este conhecimento, nas últimas décadas foram sendo elaborados os territórios digitais, ou seja, as variadas representações da realidade geográfica no ambiente computacional (RAMOS, CÂMARA e MONTEIRO, 2007). Segundo os autores, houve a necessidade de construir os territórios digitais urbanos subdivididos entre os elementos físicos, cadastrais e socioeconômicos (figura 1).



Fonte: Ramos, Câmara e Monteiro (2007)

Elaboração: Medinilha Pancher (2012)

Figura 1 – Dados dos territórios digitais urbanos

Com base em Souza (2010), a informatização permite maior velocidade e precisão no armazenamento e na recuperação de dados cadastrais. Salienta também, que o geoprocessamento e os SIG consistem em suporte tecnológico para trabalho em planejamento urbano, com agilidade e precisão, podendo-se destacar as avaliações de impactos, monitoramento da evolução de fenômenos e a representação cartográfica. Para a administração pública, muitas tarefas antes rotineiras, monótonas e que demandavam muito tempo podem ser beneficiadas com a informatização.

Os avanços na área de informática permitiram o armazenamento e a representação de informações sobre a superfície terrestre em meio computacional, dando origem as geotecnologias. O geoprocessamento ou as geotecnologias consiste numa área do conhecimento que abrange técnicas matemáticas e computacionais, utilizadas para o tratamento da informação geográfica. Estas técnicas possibilitam a aquisição, processamento, análise e disponibilização de informação georreferenciada.

Na aquisição de dados, são utilizados os recursos da Cartografia Digital para a elaboração das bases cartográficas. Os produtos de sensoriamento remoto também servem de base, podendo-se destacar as imagens de alta resolução (fotografias aéreas, imagens orbitais, imagens de videografia, etc.) dados de GPS, dentre outras fontes.

Assim, através de *softwares* de desenho gráfico, que disponibilizam comandos de desenho, edição, armazenamento e apresentação são confeccionadas as plantas cadastrais digitais. No caso da área urbana, dentre as informações presentes nos documentos cartográficos, destacam-se os dados

altimétricos, representados pelas curvas de nível e pontos cotados; bem como os elementos planimétricos, especialmente a drenagem, a rede viária e ferroviária, o perímetro urbano, as quadras, os limites de bairros.

No caso das imagens de alta resolução, é possível discriminar os diferentes alvos presentes na superfície terrestre, especialmente àqueles que compõem as áreas urbanas, considerando-se a complexidade dos elementos no que diz respeito ao tamanho, textura, padrão, etc.

De maneira retrospectiva, até meados da década de 1990, o desenvolvimento de pesquisas científicas nessa área demandava do pesquisador a elaboração da base cartográfica da área analisada. Contudo, a adoção de normas e procedimentos, a fim de garantir a qualidade das bases dos dados gráficos, permitiu a conversão de dados para o formato digital, sem contar no preparo de mão-de-obra especializada no uso de *softwares* de desenho e de geoprocessamento, fato que possibilitou um aprimoramento técnico na produção da base de dados pelos mais diversos setores, inclusive pelas prefeituras.

Desse modo, o longo tempo que o pesquisador se dedicava ao mapeamento dos aspectos físicos e antrópicos da área urbana ou do município, foi otimizado e melhor aproveitado para a análise dos dados fornecidos pelo poder público ou por outros órgãos ou institutos (IBGE, por exemplo) e na elaboração de mapas temáticos, enriquecendo sobremaneira a pesquisa.

Com o aprimoramento dos *softwares* de desenho gráfico, como é o caso do AutoCAD e AutoCADMap, bem como dos SIG, destacando-se o IDRISI, ARCGIS e o SPRING, é possível integrar os produtos de Sensoriamento Remoto à base cartográfica, ampliando as possibilidades na elaboração de diversos mapas temáticos, armazenados num único arquivo e separados por níveis de informação.

Atualmente, para o mapeamento de alvos urbanos, enfatizando-se o estudo da expansão da cidade, as geotecnologias têm-se constituído excelentes possibilidades, especialmente com o advento das imagens de alta resolução, permitindo-se discriminar os elementos presentes no espaço urbano, haja vista a complexidade de alvos compreendidos por telhados de diversos materiais (metálicos, cerâmicos, amianto, etc.), superfícies de concreto e de asfalto, áreas de vegetação. Tradicionalmente as fotografias aéreas têm sido utilizadas para estudos urbanos. Contudo, nas últimas décadas, as fotografias aéreas em meio digital, coloridas e em grandes escalas, têm sido base para a elaboração de mapas temáticos. Estes produtos temáticos podem ser elaborados através da interpretação visual em tela do computador e mapeamento manual das feições de interesse; ou através da classificação digital das imagens.

OBJETIVOS

O objetivo fundamental deste artigo foi analisar os reflexos do avanço das Geotecnologias nos estudos urbanos. Através de uma análise comparativa, foram considerados os produtos cartográficos e de sensoriamento remoto, bem como os métodos empregados nas décadas de 1990 e de 2010, para

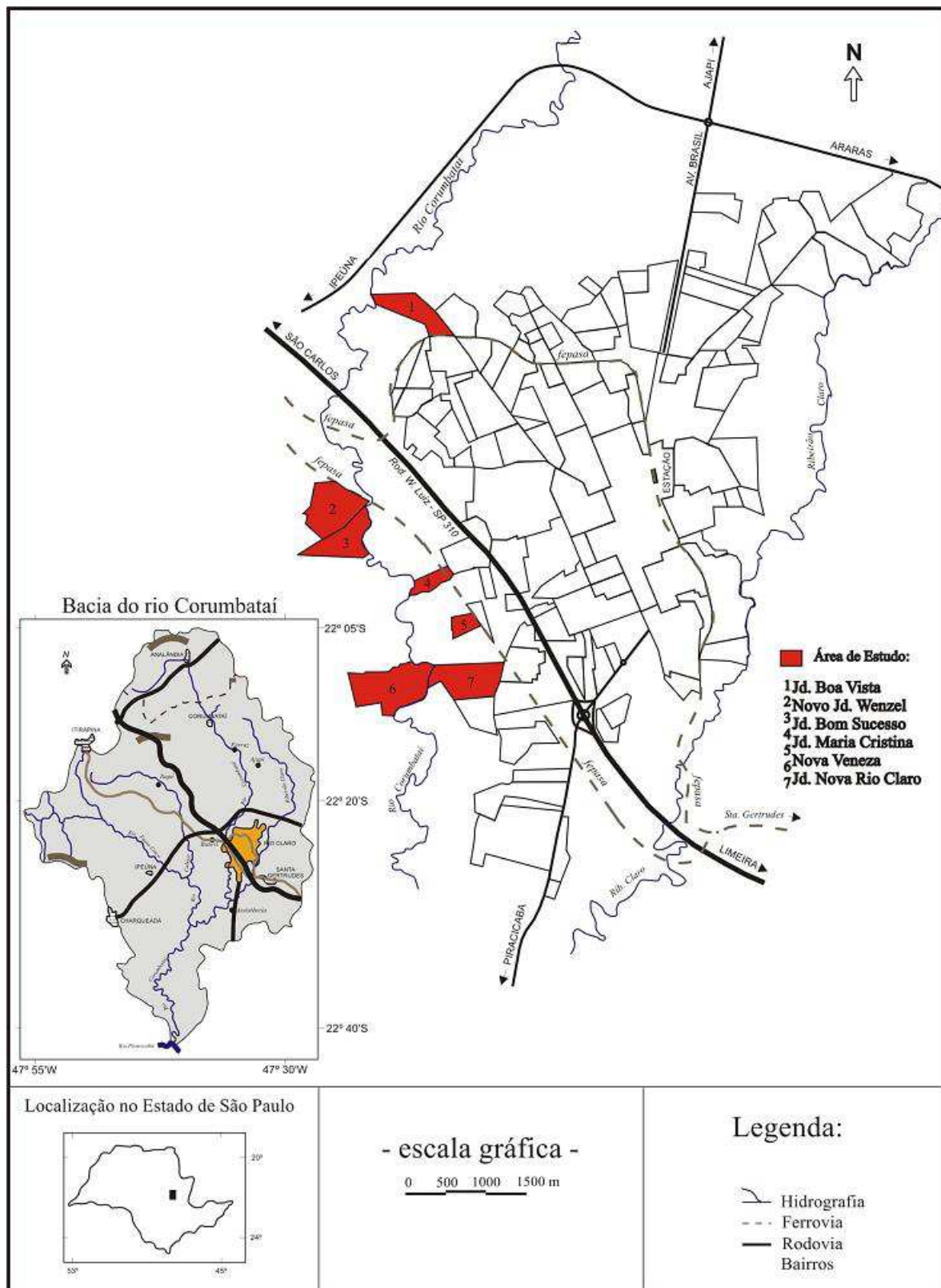
mapear os elementos da cidade de Rio Claro/SP e a mata ciliar do rio Corumbataí compreendida pelo segmento urbano.

Dentre os objetivos específicos: analisar a contribuição da Cartografia Digital para a elaboração das bases cartográficas; verificar os reflexos do aprimoramento nos produtos de sensoriamento remoto para a extração de dados relativos à cidade; destacar a evolução dos SIG no que diz respeito à estrutura dos dados, a integração dos diversos mapas temáticos, a realização de análises espaciais; evidenciar a importância das geotecnologias para a administração pública, enfocando o adequado planejamento do uso e ocupação das terras.

MATERIAL E MÉTODO

A bacia do rio Corumbataí (SP), está inserida na bacia hidrográfica do rio Piracicaba e encontra-se localizada na porção ocidental da Média Depressão Periférica Paulista. Abrange os municípios de Santa Gertrudes, Corumbataí, Analândia, Itirapina, Charqueada, Piracicaba e Rio Claro. Neste contexto, o município de Rio Claro/SP, o mais desenvolvido da bacia do rio Corumbataí, localiza-se entre as coordenadas 22°21' e 22°27'S, 47°32' e 47°36'W. Na década de 1990, mais precisamente segundo o IBGE (1991), a população de Rio Claro totalizava 134.468 habitantes, sendo que destes, 128.951 (95,9%) viviam na área urbana e 5.517 (4,1%) na área rural. Levando-se em conta a população absoluta da época e a área ocupada pelo município de Rio Claro/SP (499km²), a densidade demográfica era de 269,5hab./km². Já na década de 2010, de acordo com o IBGE, a população rioclareense somava 186.299 habitantes, sendo distribuída por 181.766 (97,6%) moradores da cidade e 4.533 (2,4%) que residiam na área rural. Deste modo, a densidade demográfica era de 373,3hab./km². Neste período, fica evidente que a população se concentrava na área urbana.

Diante do exposto, evidencia-se a importância de se estudar a área urbana de Rio Claro, devido à intensa ocupação, processo que acarreta em pressão nos recursos naturais. Até a década de 1980, a cidade de Rio Claro/SP cresceu no sentido alongado Norte-Sul. Todavia, a partir desta década, a área urbana passou a ocupar as proximidades das várzeas do rio Corumbataí e de seus afluentes. Este processo de expansão urbana de Rio Claro ocorreu de forma desordenada e sem o adequado planejamento, fator que levou a população de baixa renda a habitar as áreas mais afastadas do centro, isto é, próximo ao rio Corumbataí, desencadeando assim a retirada da mata ciliar (figura 2).



Fonte: Medinilha (1999).

Figura 2 – Localização da área de estudo e setor urbano de Rio Claro/SP nas margens do rio Corumbataí.

Métodos de Geoprocessamento na Análise da Expansão Urbana de Rio Claro/SP na década de 1990

No final da década de 1990, Medinilha (1999)¹ realizou um estudo da expansão urbana de Rio Claro/SP utilizando-se os recursos disponibilizados pelo geoprocessamento. Neste trabalho, foram utilizadas Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), planta cadastral da cidade e fotografias aéreas na escala 1: 5.000, todas no formato analógico. Assim, esses documentos foram convertidos para o formato digital e no ambiente do AutoCAD e do SIG/IDRISI foram elaborados os documentos cartográficos representativos do crescimento urbano de Rio Claro/SP e seus reflexos na mata ciliar no entorno do rio Corumbataí.

Para a elaboração da base cartográfica digital da área urbana de Rio Claro foram utilizadas 8 Cartas Topográficas do IGC, primeira edição de 1979, na escala 1:10.000. Uma a uma estas cartas foram fixadas na mesa digitalizadora Digigraf, modelo Velasquez, tamanho A0. Para o georreferenciamento foram digitalizadas as coordenadas UTM das extremidades de cada carta, através do procedimento de calibração. Utilizando-se os recursos de desenho do AutoCAD, versão R.14, os dados altimétricos (curvas de nível e pontos cotados) e planimétricos (hidrografia, ferrovia, grade de coordenadas UTM) foram digitalizados.

Também foi utilizada uma Planta Cadastral da área urbana de Rio Claro/SP de 1998, executada pela coordenadoria de Cadastro Técnico da Prefeitura Municipal de Rio Claro/SP, na escala 1: 10.000, projeção UTM. Este documento também foi fixado na mesa digitalizadora e no ambiente do AutoCAD foram desenhadas as rodovias, limites dos bairros, quadras.

Após a digitalização de todas as feições, efetuou-se a edição dos mapas elaborados, a qual permitiu corrigir erros da digitalização e preencher polígonos (exemplos: represas, rio principal). Além disso, efetuou-se um recorte da área digitalizada, visando selecionar apenas o setor que abrange os bairros da cidade de Rio Claro/SP, localizados no entorno do rio Corumbataí. Este recorte, que corresponde às coordenadas UTM E= 230.000m a 235.000m e N= 7.516.000m a 7.524.000m, facilitou a manipulação dos dados numa escala mais detalhada (1: 10.000), permitindo realizar análises mais precisas.

Posteriormente à edição da base cartográfica da área urbana de Rio Claro/SP, efetuou-se a exportação dos dados no formato *dxf*, através de recursos do AutoCAD. Este procedimento foi necessário à medida que a versão do IDRISI 2.0 for Windows era apta para receber dados neste formato.

A Mata Ciliar no entorno do rio Corumbataí, dentro da área urbana de Rio Claro/SP, foi digitalizada no SIG/IDRISI, através da interpretação das fotografias aéreas em meio digital. As 9 fotografias, na escala 1:5:000, provenientes da Empresa Base Aerofotogrametria e Projetos S/A, edição de 1995, corresponderam aos bairros da cidade que estavam invadindo o rio Corumbataí.

¹ Para mais detalhes consultar as publicações de PANCHER, A. M., FREITAS, M. I. C., indicadas nas referências.

No caso deste trabalho, a transformação das fotografias aéreas em arquivos digitais foi efetuada através da utilização do *scanner* de mesa, o qual lê a imagem analógica, inserida sobre uma superfície plana, através do detector eletrônico que varre a imagem em duas direções ortogonais (X, Y). Os arquivos digitais foram importados numa extensão compatível com o ambiente do IDRISI (*.bmp*) para a visualização de cada foto na tela do computador.

Para a realização do georreferenciamento das fotografias aéreas utilizaram-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. Em cada foto foram selecionados 8 pontos de controle (cruzamentos de estradas, pontes, etc.) relacionando-os com a planta, a fim de visualizá-los precisamente tanto na foto como nas plantas. Para cada ponto foram calculadas as coordenadas de carta através da interpolação. Com o auxílio do *mouse*, estes pontos de controle foram localizados nas fotos aéreas digitais, suas imagens ampliadas com recursos de ampliação de imagem (*zoom*) e suas coordenadas de imagem (x, y) coletadas. Para se realizar o georreferenciamento, inicialmente gerou-se um arquivo correspondência (*.cor*) entre as coordenadas da foto digital e as das Cartas (comando Edit). Em seguida, realizou-se o georeferenciamento propriamente dito, utilizando-se a função de reamostragem do IDRISI denominada RESAMPLE.

Além disto, buscou-se na seleção dos pontos de controle a melhor distribuição possível, visando uma geometria interna mais adequada. 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.

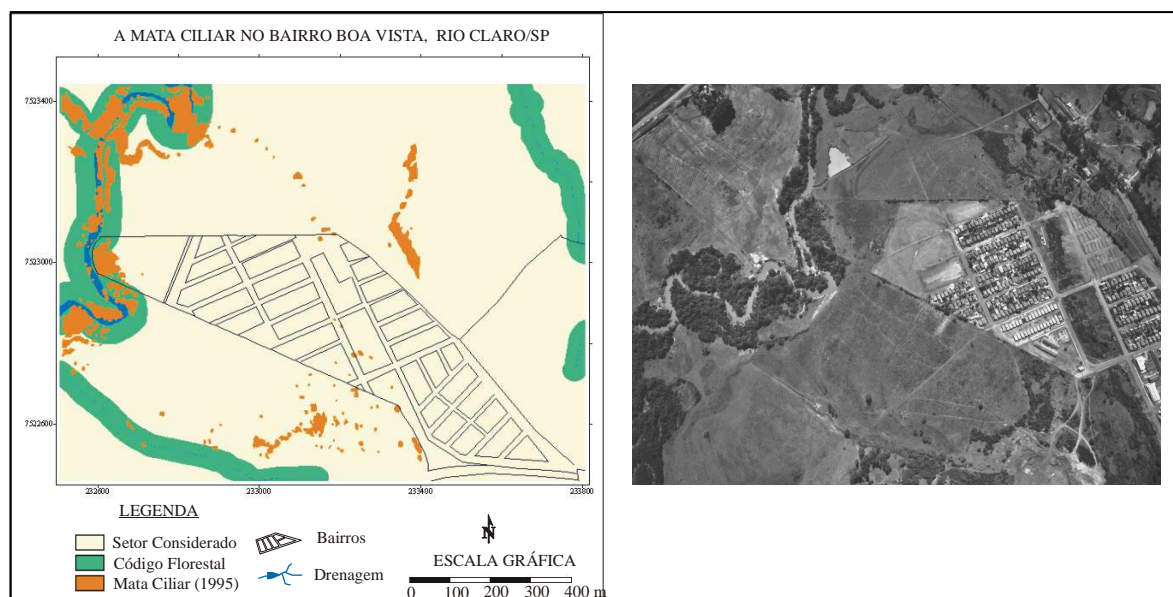
Ainda, foram selecionados 8 pontos de verificação em cada fotografia para verificar o grau de precisão do georreferenciamento. Os pontos foram localizados nas fotos e paralelamente medidos nas cartas, visando calcular as coordenadas x e y dos mesmos. De acordo com o Erro Médio Quadrático (EMQ) calculado para as coordenadas x e y das fotografias e das cartas, percebeu-se que os valores finais demonstraram boa qualidade do georreferenciamento. Assim, o EMQ das coordenadas x e y foi de 3.22m e 3.94m, respectivamente. Considerando-se que o EMQ para a escala 1:10.000 é de 5m, a qualidade do georreferenciamento foi considerada classe A segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), instituído pelo Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional.

O georreferenciamento permitiu a formação de um mosaico de fotos. Assim, a mata foi digitalizada de maneira contínua ao longo do rio Corumbataí nas áreas de contato com os bairros: Jardim Boa Vista, Novo Jardim Wenzel, Jardim Bom Sucesso, Jardim Maria Cristina, Nova Veneza, Jardim Nova Rio Claro e Jardim Residencial das Palmeiras.

Partindo-se destas premissas, foi possível digitalizar as feições de vegetação ciliar da área de estudo, à medida que a nitidez das fotografias aéreas e a escala detalhada (1:5.000) contribuiriam 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, diferenciando a vegetação ciliar de um reflorestamento de eucalipto, por exemplo. Além disto, a percepção do

sombreamento também contribuiu para uma digitalização mais precisa, considerando-se que a sombra amplia a mancha vegetal. De acordo com este aspecto, digitalizou-se apenas a mata ciliar. Portanto, concluída a digitalização das fotografias, os arquivos vetoriais foram exportados para a extensão *dxf*.

Desta forma, cada arquivo vetorial foi inserido no AutoCAD R.14, formando um mosaico total 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. A edição permitiu também a verificação de possíveis falhas ocasionadas na fase da digitalização, possibilitando a elaboração de um *layer* da mata ciliar (Figura 3).



Fonte: Medinilha (1999)

Figura 3 – Exemplo de aplicação das técnicas de geoprocessamento da década de 1990 para mapear a influência do crescimento urbano na mata ciliar. Bairro Boa Vista - Rio Claro/SP

Para calcular a faixa de mata ciliar, foi considerado o Código Florestal (Lei nº 4.771/1965), o qual determina uma largura de mata ciliar de 30 metros ao longo de rios de até 10 metros de largura e de 50 metros no entorno das nascentes. Foi utilizado o módulo *Analysis, Distance Operators, Cost (Cost Push)*, no ambiente do SIG/IDRISI, tendo como referência a hidrografia. Para este procedimento, foi necessário converter o arquivo da drenagem vetorial para *raster*, pois este SIG somente possibilitava a realização de análise de distância, a partir de arquivos no formato matricial.

Métodos das Geotecnologias para o Mapeamento do Crescimento Urbano de Rio Claro/SP na Década de 2010

Em 2010 Medinilha Pancher orientou uma pesquisa desenvolvida por Parrón (2010), cujo objetivo também foi mapear a expansão urbana do município de Rio Claro/SP, bem como a mata ciliar no entorno do rio Corumbataí no segmento compreendido pela área urbana.

A primeira etapa foi a do georreferenciamento das fotografias aéreas da cidade de Rio Claro (escala 1: 25.000), utilizando-se a ferramenta *Georeferencing* do SIG/ARCGIS. Para efetuar este procedimento a Planta Cadastral Digital da cidade de Rio Claro, georreferenciada no sistema de coordenadas UTM (Córrego Alegre 23S), foi inserida no ambiente do SIG, servindo de base para a

coleta dos pontos de controle. Assim, as fotografias aéreas foram sendo adicionadas, uma a uma, ao mesmo *layer* da Planta Cadastral.

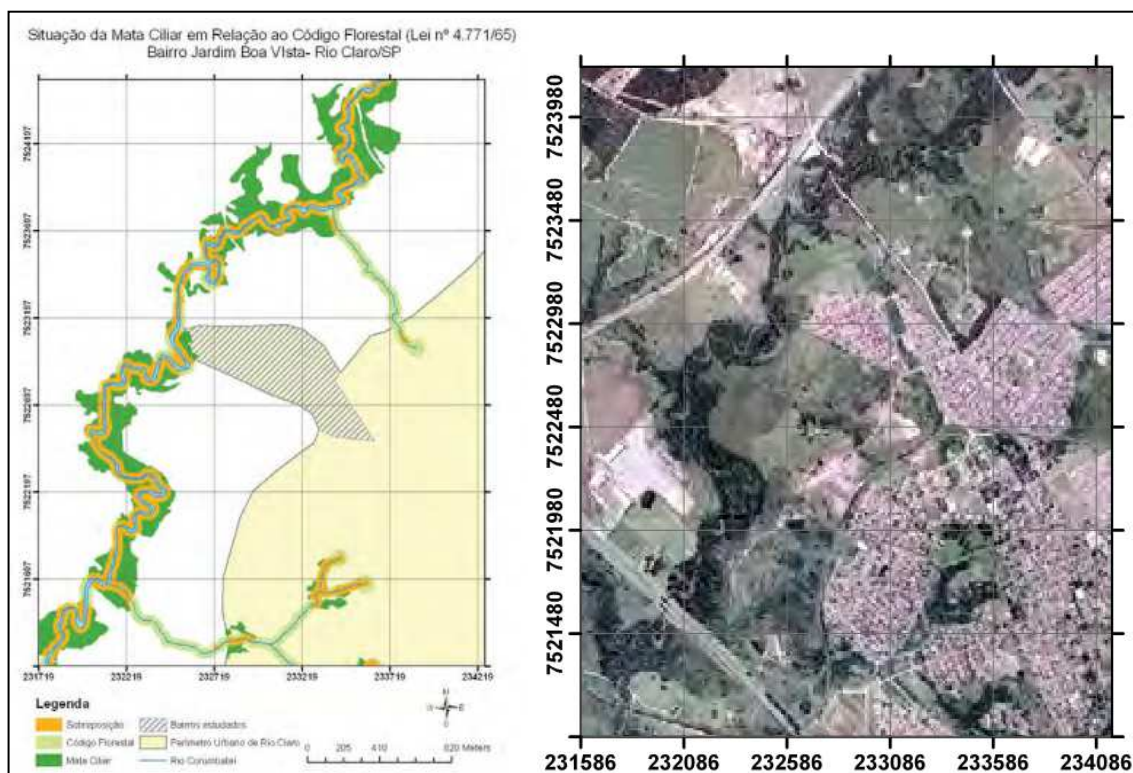
O georreferenciamento de cada foto foi efetuado a partir da seleção de pontos de controle, onde um a um foram localizados na planta cadastral e seus correspondentes na fotografia aérea, utilizando-se a ferramenta *add control points*, do SIG/ARCGIS. Assim, para cada fotografia foram coletados 5 pontos de controle, permitindo-se o georreferenciamento e a elaboração de um mosaico envolvendo 6 fotografias aéreas, as quais abrangem toda a área urbana de Rio Claro/SP.

No que diz respeito à qualidade do georreferenciamento, para as fotografias aéreas utilizadas neste trabalho, na escala 1: 25.000, foi estabelecido um erro máximo de 12,5 metros. Levando-se em conta que o erro médio obtido foi de 7,1m os produtos cartográficos elaborados foram classificados como classe A segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC).

O mosaico georreferenciado serviu de base para o mapeamento do perímetro urbano do município de Rio Claro e da mata ciliar localizada no entorno do rio Corumbataí, na passagem pela cidade de Rio Claro/SP.

Através da interpretação visual das fotografias aéreas de 2006 e do mapeamento manual das feições no ambiente do SIG/ARCGIS, desenhou-se o perímetro urbano de Rio Claro. Neste caso, além das fotografias aéreas, a planta cadastral de Rio Claro também foi utilizada para traçar o perímetro urbano, pois em alguns locais foi difícil a separação entre o meio rural e o meio urbano. Por último, com base na interpretação dos dados das fotografias aéreas, foi mapeada a mata ciliar ao longo do rio Corumbataí e afluentes, no trecho compreendido pela área urbana de Rio Claro/SP.

A partir da hidrografia, foi elaborada a faixa *buffer* através da ferramenta *Analysis Tools* do ARCGIS, opção *Proximity, Buffer*, baseando-se nas determinações do Código Florestal (figura 4).



Fonte: Parrón (2010)

Figura 4 – Exemplo de aplicação das geotecnologias da década de 2010 para mapear a influência do crescimento urbano na mata ciliar. Bairro Boa Vista - Rio Claro/SP.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas últimas décadas houve uma evolução considerável na área da informática, repercutindo no aprimoramento das geotecnologias. No caso deste artigo, realizou-se uma análise comparativa das geotecnologias utilizadas na década de 1990 e na década de 2010. Foram enfatizadas as técnicas de Cartografia Digital, dos produtos de Sensoriamento Remoto e dos SIG para o mapeamento de alvos urbanos, evidenciando-se o aprimoramento na elaboração das bases cartográficas, essenciais para a integração dos produtos sensores e para a construção de mapas temáticos.

Neste sentido, destaca-se que na década de 1990, os documentos cartográficos eram disponíveis em meio analógico. No caso da pesquisa realizada nesta década, as informações das cartas topográficas do IGC, foram desenhadas por intermédio de uma mesa digitalizadora, demandando 6 meses de trabalho. Este equipamento não tem sido mais utilizado, pois foi sendo substituído pelos scanners. Nos últimos anos, as bases cartográficas têm sido confeccionadas pelas administrações públicas, por instituições como o IBGE, através de pesquisas científicas, dentre outros. Na década de 2010, as bases cartográficas passaram a ser disponibilizadas no meio digital e georreferenciadas. Estes avanços refletem, por exemplo, a importância das geotecnologias para a maior parte das administrações públicas, as quais investiram na modernização dos equipamentos de informática, na aquisição de *softwares* de desenho gráfico e de SIG, na implementação de sistemas de informações digitais, na capacitação dos servidores.

Como resultado o tempo que era necessário para a elaboração das bases cartográficas foi otimizado e melhor aproveitado no aprofundamento das análises espaciais, essenciais para trabalhos em Geografia.

No que diz respeito ao Sensoriamento Remoto, na década de 1990 as fotografias aéreas eram produzidas em tons de cinza e em formato analógico, dificultando a discriminação dos alvos urbanos e demandando o processo de digitalização para a conversão para o formato digital. Apenas após a conversão e o georreferenciamento, os documentos serviam de base para a digitalização das feições de interesse. Além disso, na etapa do georreferenciamento, as coordenadas dos pontos de controle eram extraídas de plantas cadastrais, em escala de maior detalhe, através da interpolação manual dos dados. Todos estes procedimentos eram muito trabalhosos, demandavam tempo excessivo e ocasionavam uma somatória de erros, provenientes da deformação dos documentos analógicos, das limitações dos equipamentos de *scanner*, dos *softwares* de desenho gráfico, dentre outros fatores.

Na pesquisa realizada na década de 2010, as fotografias aéreas foram adquiridas em meio digital e em cores, facilitando a inserção destes produtos no ambiente dos SIG, bem como a discriminação dos alvos urbanos. Acrescenta-se também, que estas fotos originalmente na escala 1: 25.000, podem atingir até a escala 1: 3.000, através dos recurso de *zoom* dos *softwares*, portanto é possível desenvolver mapas temáticos em escalas de detalhes.

Quanto aos SIG, nos anos de 1990, estes sistemas apresentavam limitações na integração entre os diversos tipos de dados, por exemplo, informações produzidas no ambiente do AutoCAD tinham que ser convertidas para o formato *.dxf*; nos recursos de desenho e edição, pois as feições mapeadas nos SIG, tinham que ser exportadas para o *software* de desenho gráfico como o AutoCAD ou o Corel Draw, para a edição dos dados mapeados e para a elaboração do *layout* final dos mapas temáticos. Também, quanto à análise *buffer*, na década de 1990, o SIG/IDRISI permitia a realização deste procedimento, porém era necessário converter o arquivo vetorial referente à drenagem em arquivo *raster*. Já na década de 2010, o SIG/ARCGIS permite efetuar a análise *buffer* diretamente no arquivo vetorial. Aliás, este tipo de análise, que era específica apenas nos *softwares* de SIG, passou a ser realizada também no AutoCAD Map.

CONCLUSÃO

A utilização das geotecnologias tem sido crescente, especialmente a partir da década de 1990. Através da Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas, tem sido possível à elaboração de mapeamentos temáticos representativos dos aspectos físico-naturais e antrópicos da superfície terrestre, permitindo-se desenvolver pesquisas relativas ao uso e ocupação das terras, bem como os reflexos deste processo antrópico nos recursos naturais. No caso específico da área urbana, a complexidade de alvos presentes nesta porção do espaço, devido aos diferentes materiais que o compõe, gera a necessidade de produtos sensores de alta resolução, visando discriminar de maneira precisa os elementos e elaborar produtos cartográficos de qualidade.

Assim, o presente artigo teve por objetivo realizar uma análise comparativa das geotecnologias utilizadas nas décadas de 1990 e 2010. Para tanto, foram consideradas as pesquisas realizadas por Medinilha (1999) e Parrón (2010), as quais desenvolveram estudos sobre a expansão urbana de Rio Claro/SP e os impactos na mata ciliar do rio Corumbataí no setor compreendido pela área urbana.

Diante desta análise, evidenciou-se que houve um avanço considerável nas técnicas de cartografia digital, nos produtos de sensoriamento remoto e nos recursos dos SIG. Esta modernização permitiu a otimização do tempo gasto na elaboração das bases cartográficas digitais, considerando-se que na década de 1990 as bases cartográficas eram disponíveis no formato analógico, as informações eram digitalizadas através de uma mesa digitalizadora, equipamento que não tem sido mais utilizado devido ao advento dos scanners e a elaboração de bases cartográficas por empresas especializadas, instituições públicas e privadas.

No caso dos produtos sensores, as fotografias aéreas também foram aprimoradas, pois nos anos de 1990 eram elaboradas no formato analógico e passaram a ser produzidas no formato digital, eliminando-se o procedimento de conversão para a inserção no ambiente dos SIG. Também, estes produtos passaram a ser produzidos em cores, facilitando a discriminação dos diferentes alvos presentes na área urbana. Ainda, através dos recursos de zoom existentes nos SIG, as fotografias aéreas digitais podem ser analisadas em escalas de maior detalhe, permitindo-se a elaboração de mapas mais precisos.

Com relação aos SIG, no período analisado, estes sistemas passaram a compor um ambiente mais amigável, possibilitando a integração de dados das mais variadas fontes e extensões; tiveram seus recursos de desenho e edição aprimorados, sem contar no incremento dos recursos de *layout* para o acabamento final dos mapas. Ainda, a realização de análises, destacando-se às de distância, passaram a ser realizadas de modo direto, a partir do arquivo vetorial, sem haver a necessidade de convertê-lo para o formato *raster*.

Diante do exposto, conclui-se que os avanços nas geotecnologias têm refletido na produção de mapeamentos temáticos de qualidade e de precisão. Estes documentos são instrumentos essenciais para o adequado planejamento do uso e ocupação das terras, visando à otimização do uso dos espaços disponíveis à ocupação antrópica, bem como à proteção e ao uso racional dos recursos naturais. Vale salientar, que o uso das geotecnologias implica na adoção de procedimentos metodológicos consistentes e adequados, procurando selecionar a escala, as informações necessárias, as técnicas e os métodos de maneira coerente ao tipo de pesquisa que o profissional se propõe a realizar.

Apesar de ser uma área atraente por abranger modernos recursos tecnológicos, a utilização das geotecnologias demanda ações responsáveis, considerando-se que a partir dos produtos cartográficos gerados e das análises espaciais realizadas, o empreendedor ou o administrador público tomará medidas que podem causar sérios danos à comunidade e à natureza.

REFERÊNCIAS

- MEDINILHA, A. **A degradação da mata ciliar e os impactos nos recursos hídricos desencadeados pela expansão urbana de Rio Claro/SP no entorno do rio Corumbataí.** 1999. 181p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- PANCHER, A. M., FREITAS, M. I. C. **Mapeamento do crescimento urbano em áreas de várzea na passagem do rio Corumbataí por Rio Claro/SP.** Terra Livre (AGB). São Paulo, v.21, 2004, p. 55-68.
- PANCHER, A. M., FREITAS, M. I. C. **Mapeamento da mata ciliar como subsídio ao planejamento urbano.** In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL, n. 1. 2004, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro/SP: UNESP, 2004.
- PANCHER, A. M., FREITAS, M. I. C. **O desmatamento da mata ciliar do rio Corumbataí na passagem pela cidade de Rio Claro/SP.** In: II ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE - ANPPAS, n.2. 2004, Indaiatuba. **Anais...** Campinas: NEPAM/UNICAMP, 2004.
- PANCHER, A. M., FREITAS, M. I. C. **O uso da cartografia digital e SIG para o mapeamento da mata ciliar do rio Corumbataí na cidade de Rio Claro/SP** In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, n. 5. 2004, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2004, p.409 – 418.
- PARRÓN, F.F. **Avaliação da degradação da mata ciliar no entorno do rio Corumbataí causada pela expansão urbana de Rio Claro/SP.** 2010. 62p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/tcc/brc/67051/2010/parron_ff_tcc_rcla.pdf. Acesso em: 06 de fev. 2012.
- RAMOS, F.R.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. Territórios Digitais Urbanos. In.: ALMEIDA, C.M. de; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. (org.). **Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 34-53.
- SOUZA, M.L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos.** 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 558p.