

Imagens Multiespectrais dos satélites SPOT e Landsat e imagens de Radar na elaboração do Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina/PR

Adriana Castreghini de Freitas Pereira
Miriam Vizintim M. Barros
Rheider Abe Marçal

Universidade Estadual de Londrina - UEL
Rodovia Celso Garcia Cid/PR 445 Km 380 – Campus Universitário – Cx.Postal 6001
CEP 86051-980, Londrina, PR, Brasil.
adrianacfp@uel.br; vizintim@gmail.com; rheider@rock.com

Abstract. This paper presents some researches realized in Londrina/PR Metropolitan Area Digital Atlas, which is been developing since 2009. The main objective is developing thematic mapping using multispectral SPOT (Ibiporã Municipality) and Landsat (INPE – Instituto Nacional de Estudos Ambientais) images and a radar image SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* – EMBRAPA). For this the methodology applied will be discussed and the thematic mapping developed from these. The Digital Atlas site is: www.uel.br/projetos/atlasrml/index.html. The Londrina/PR Metropolitan Area is formed by municipalities: Ibiporã, Cambé, Bela Vista do Paraíso, Jataizinho, Rolândia, Tamarana and Sertãoópolis, in total of 737.491 inhabitants (IBGE, 2007), a considerable number for Brazilian South Area, developing questions about social organization, environmental and touristic planning of this area by researchers. Until today (2012) the Londrina/PR Metropolitan Area Digital Atlas presents the following themes: Londrina's City, Londrina in Brazil, Londrina in Paraná, Urban Expansion, Substrate Social, Substrate Natural and Environmental Dynamics. In conclusion it is observed that the objectives were achieved by the thematic mapping and the Digital Atlas was accomplished and they are in internet for students, researchers, planners and decision makers.

Palavras-chave: High and Medium Resolution Multispectral Images, Digital Atlas, Londrina Metropolitan Area, Thematic Mapping, Imagens Multiespectrais de alta e média resolução, Atlas digital, Região Metropolitana de Londrina, Mapeamento Temático.

1. Introdução

O Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina/PR (2009-2013) está sendo desenvolvido a partir dos conceitos teóricos disponíveis na literatura cartográfica sobre Atlas modernos, com saída digital, denominados por Kraak e Ormeling (1996) como atlas de comunicação, atlas interativos ou atlas digitais analíticos. De acordo com esta denominação, o Atlas desenvolvido na presente pesquisa encaixa-se na categoria interativo, por permitir que o usuário manipule, sobreponha e combine diferentes mapas digitais e informações disponíveis para tal.

Até o momento (2012), o Atlas Digital da RML apresenta os seguintes temas para consulta e manipulação, distribuídos em substratos ambiental, social e turístico: A cidade de Londrina, Londrina no Brasil, Londrina no Paraná, Expansão Urbana, Substrato Social, Substrato Natural e Dinâmica Ambiental. A consulta e manipulação dos dados pode ser feita através do link: www.uel.br/projetos/atlasrml/index.html.

A Região Metropolitana de Londrina – RML é composta pelos municípios de Ibiporã, Cambé, Bela Vista do Paraíso, Jataizinho, Rolândia, Tamarana e Sertãoópolis, num total de 737.491 habitantes (IBGE, 2007), um número considerável para a região sul do Brasil, o que gerou questionamentos sobre a organização social, o planejamento ambiental e turístico dessa região, por parte dos pesquisadores envolvidos no projeto.

Grande parte dos mapas apresentados no Atlas Digital são oriundos do ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geografia do Estado do Paraná; porém para trabalhar os temas planejamento urbano das cidades que compõem a RML, e suas questões ambientais e turísticas, foram utilizadas as imagens multiespectrais dos satélites SPOT 5 datada de 2006, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Ibiporã/PR; Landsat 5 datadas de 1985, 1989,

1996, 1998, 2008 e 2010, disponibilizadas sem custos através do site do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; além de imagens do radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizadas sem custos pela EMBRAPA. As análises realizadas com estas imagens multiespectrais e SRTM geraram alguns dos mapas temáticos disponibilizados no Atlas Digital, além de publicações científicas e a utilização destes em órgãos do governo municipal dos municípios que compõem a RML.

Alguns dos mapeamentos temáticos construídos a partir das imagens foram: Padrão de Expansão da mancha urbana no entorno da BR-369 na área metropolitana de Londrina e limítrofes, Uso e ocupação das APPs em áreas de fundo de vale no perímetro urbano de Londrina/PR, Análise temporal do processo de conurbação na RML, Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação de usos irregulares do solo no município de Ibiporã, Expansão urbana dos municípios da RML, e Geração de modelos tridimensionais através de dados do SRTM para subsídios no planejamento urbano e estudos geomorfológicos na RML. No presente trabalho serão discutidos alguns desses mapeamentos temáticos já disponíveis no Atlas Digital.

Verifica-se ao final do desenvolvimento deste trabalho a importância da geração de um Atlas Digital, contendo todo o material cartográfico produzido ao longo do tempo e disponibilizado na internet para o melhor planejamento das cidades que compõem a Região Metropolitana de Londrina, além da disponibilidade de dados ambientais, turísticos e de planejamento que este proporciona aos usuários, estudantes e pesquisadores em geral, planejadores municipais e tomadores de decisão.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo da pesquisa compreende os municípios de Londrina e aqueles que constituem sua Região Metropolitana – RML, que são: Ibiporã, Cambé, Bela Vista do Paraíso, Jataizinho, Rolândia, Tamarana e Sertãoópolis; além dos municípios por onde passa a rodovia BR-369 no trajeto NE-SO, atravessando o estado do Paraná desde a divisa com o estado de São Paulo até o município de Cascavel-PR.

Na microrregião do Norte Velho Paranaense a rodovia BR-369 atravessa os municípios de Cambará, Andirá, Bandeirantes e Santa Mariana, após, segue para a microrregião do Vale do Tibagi nos municípios de Cornélio Procopio, Jataizinho, Ibiporã, Londrina, Cambé, Rolândia, Arapongas, Apucarana, Cambira, Jandaia do Sul, Bom Sucesso, São Pedro do Ivaí, Uraí, Fenix e Barbosa Ferraz. Em continuidade chega a microrregião do Vale do Piquiri e Ivaí nos municípios de Campo Mourão, Mamborê, Juranda, Ubatã, Corbélia e Cascavel (direção ao Oeste do Paraná).

2.2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do Atlas Digital da RML vários estudos foram sendo construídos ao longo dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012, com o objetivo de gerar mapeamentos temáticos a partir das análises das imagens multiespectrais de alguns satélites e radar SRTM. Os pesquisadores que fazem parte do Grupo de Pesquisas IMAP&P desenvolveram tais mapeamentos e artigos discutindo suas análises sobre os dados da RML. Três desses estudos serão aqui apresentados.

Imagens multiespectrais dos satélites Landsat 5 disponíveis gratuitamente no site do INPE datadas de 1985, 1996 e 2010 foram utilizadas para o estudo referente a influência da BR-369 na definição dos padrões de expansão urbana dos municípios no estado do Paraná (Polidoro, 2011). Para a análise da expansão da mancha urbana na área do Norte do estado do Paraná foi

utilizada a publicação de Polidoro & Barros (2010). As imagens foram tratadas no programa ARcGIS 9.3 e as manchas urbanas foram definidas com polígonos por meio de análise visual. Os *shapes* base para a visualização das rodovias foram coletados do site do IBGE e os de delimitação político-administrativa dos municípios pelo ITCG. Estes foram utilizados para georreferenciar as imagens de satélite. A análise foi dividida segundo a classificação regional do estado do Paraná, em Setor 1, que compreende as municipalidades localizadas no Norte Pioneiro e Norte Central. O Setor 2 corresponde às regiões Centro Ocidental e Oeste Paranaense.

Utilizou-se também as imagens multiespectrais do satélite Landsat 5 datadas de 1989 (dez anos antes da criação da RML), 1998 (ano de instauração da RML) e 2008 (ano em que a RML completou 10 anos de existência) para análises temporais do processo de conurbação na região de Londrina (Polidoro, Takeda e Barros, 2009). O georreferenciamento das imagens, bem como as interpretações do uso do solo e cartografia foram feitas no ArcGIS 9.2 (ESRI). Para calcular a evolução da área ocupada pela mancha urbana no território foi realizada a conversão de formatos dentro do programa ArcGIS onde o arquivos em *shapefiles* foram inseridos através do ArcCatalog dentro de um geodatabase. Este utilizado para agregação de dados num único banco e uniformização dos formatos. Esta técnica possibilita que o próprio programa calcule toda a área delimitada através da imagem de satélite podendo ser convertido em diferentes unidades de medida de acordo com os anseios do usuário. Utilizou-se ainda o programa ArcGIS para gerar a composição pseudo-cor RGB de cada imagem de satélite e no programa ERDAS, através da classificação supervisionada, o realce das áreas urbanas. A composição 1R, 2G e 3B, para o ano de 2008 foi a que melhor definiu as áreas urbanas para esse período. Assim, após cada etapa foi possível estimar o crescimento da área edificada na região em análise.

Uma imagem multiespectral do satélite SPOT 5 (Resolução de 2,5m) do município de Ibiporã foi utilizada, juntamente com dados das imagens do radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizadas pela EMBRAPA, sem custos, para gerar o mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação de usos irregulares do solo em Ibiporã. Tal imagem foi datada de 2006 e disponibilizada através da Prefeitura Municipal de Ibiporã/PR. A partir das curvas de nível foi realizada uma grade TIN (*Triangulated Irregular Network*), necessária para o cálculo da declividade. O mapeamento das áreas de preservação permanente obedeceu à obrigatoriedade estabelecida na Lei 7.803/1989 e a delimitação foi realizada no programa ArcGIS a partir da ferramenta *buffer*. O mapeamento do uso do solo foi feito no programa Spring (INPE) através de uma classificação supervisionada pelo classificador MaxVer (Máxima Verossimilhança) com limiar de aceitação de 99,9%. Cinco classes temáticas foram criadas para identificar a ocupação nas áreas de reserva ambiental: uso de pastagem, agricultura, rios e lagos, urbano e remanescentes florestais. O cruzamento deste dado com a *buffer* realizada anteriormente permitiu identificar o uso conflitante do solo, segundo a legislação vigente.

3. Resultados e Discussão

A partir dos resultados obtidos com o estudo da influência da BR-369 na definição dos padrões de expansão urbana dos municípios no estado do Paraná, Polidoro (2011) observou, dentre outras coisas, que em 1970, com o início da construção da 2ª pista da rodovia BR-369, em Londrina e processos de reforma e reparação em 1982, o eixo de escoamento que, tem suas melhores condições nessas proximidades, incitou o surgimento de diversos loteamentos industriais e um processo de periferação residencial, o que levou o autor a afirmar que a partir dos anos de 1960 a cidade de Londrina iniciou um processo de ocupação urbana descontínua. No final dos anos 1980 o processo de aglomeração com os municípios limítrofes

de Ibiporã e Cambé foi irreversível, traçando-se um complexo padrão linear de expansão urbana, como pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3, que representam o mapeamento temático gerado a partir das análises dos dados de imagens orbitais anteriormente discutidos.

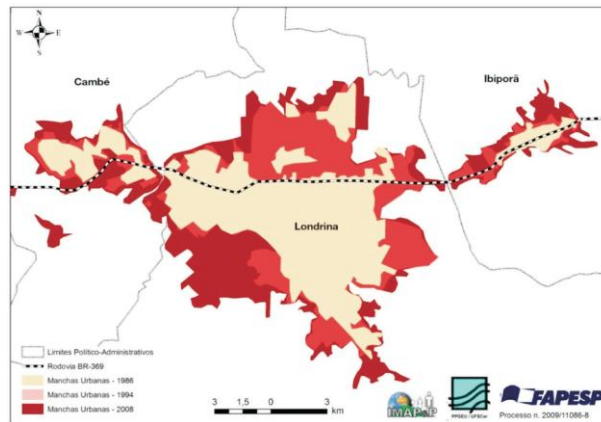


Figura 1: Padrão linear de expansão urbana de Londrina e limítrofes
Fonte: Maurício Polidoro (Atlas Digital da RML, 2011)

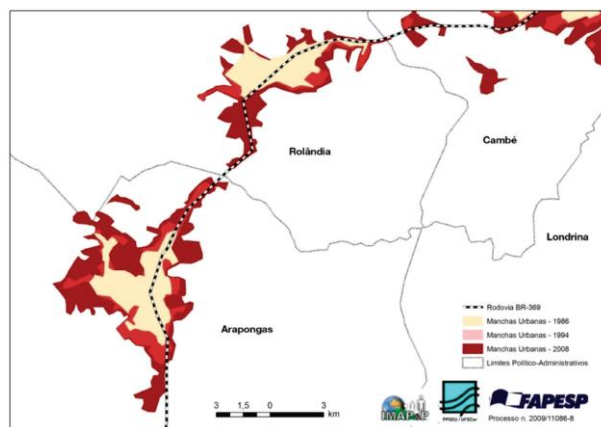


Figura 2: Padrão linear de expansão urbana de Rolândia e Arapongas com tendência a aglomeração
Fonte: Maurício Polidoro (Atlas Digital da RML, 2011)

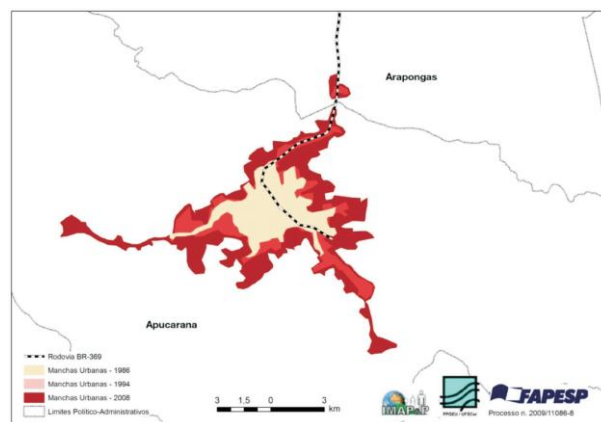


Figura 3: Padrão linear de expansão urbana de Apucarana rumo a Arapongas.
Fonte: Maurício Polidoro (Atlas Digital da RML, 2011)

Com relação ao segundo estudo, a conurbação na região de Londrina, foi possível avaliar a evolução da mancha urbana (cor magenta) na área metropolitana de Londrina nos

anos de 1989, 1998 e 2008 (Figura 4) (Polidoro, Takeda e Barros, 2009). Os autores consideraram como área urbana aquela onde o uso do solo era ocupado por edificações.

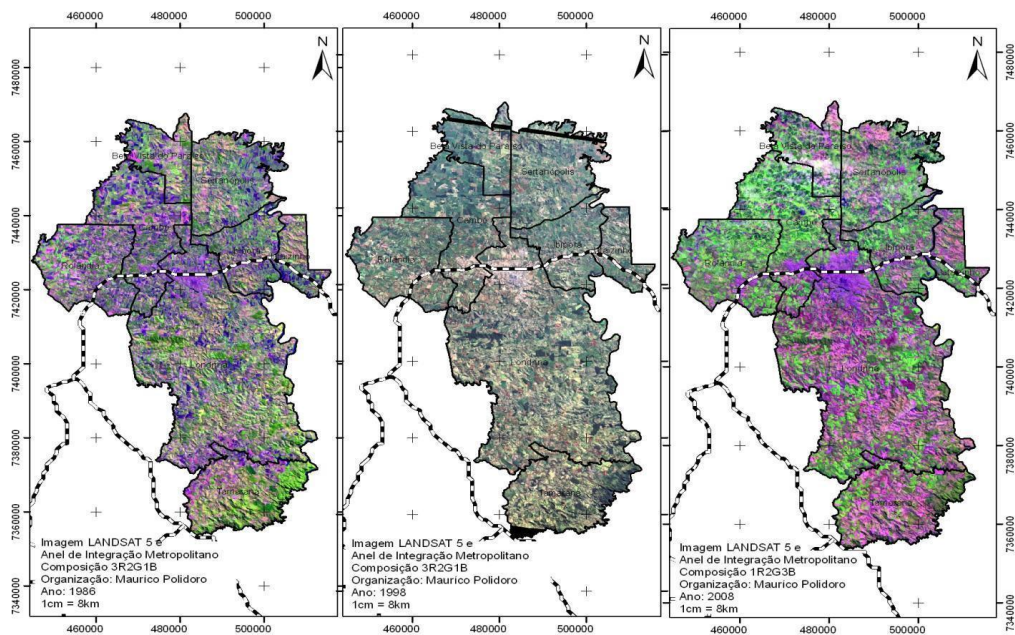


Figura 4: Mosaico da Imagem Landsat 5 nos três períodos de análise do eixo de integração metropolitana (1989, 1998 e 2008)

Fonte: Polidoro, Takeda e Barros (Atlas Digital da RML, 2009)

Na Figura 5 os autores delinearão as manchas urbanas de acordo com as classificações efetuadas nas imagens Landsat; podendo delimitar a evolução temporal dos sítios urbanos de Londrina e seu entorno. A rodovia federal BR-369 parece estruturar o crescimento das áreas de edificações.

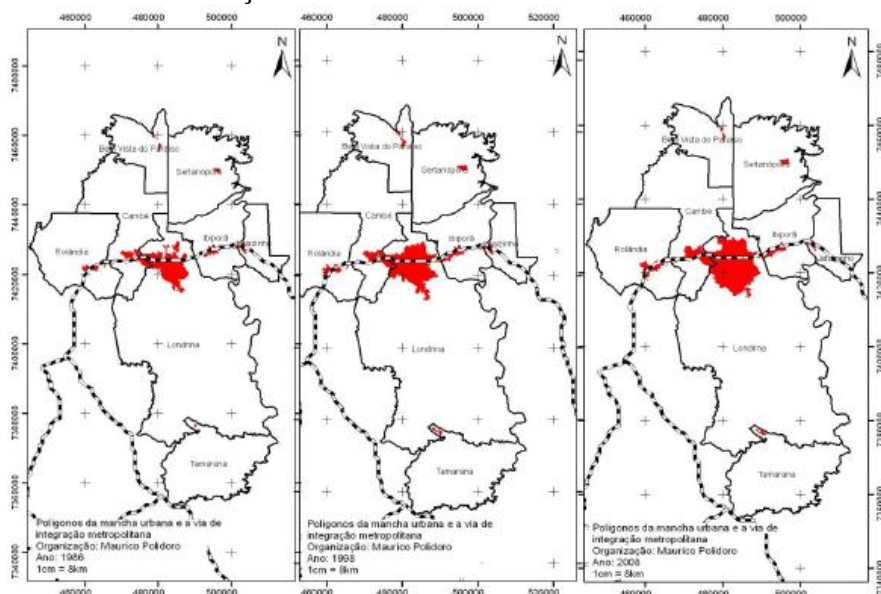


Figura 5: Polígonos da expansão das áreas edificadas nos três períodos e o eixo de integração metropolitana

Fonte: Polidoro, Takeda e Barros (Atlas Digital da RML, 2009)

As Tabelas 1 e 2 a seguir apresentam o cálculo da evolução das áreas construídas na região (RML). A evolução por período, das áreas das manchas urbanas em cada município em

processo de conurbação é apresentada na Tabela 1, sendo que na Tabela 2 verifica-se o crescimento populacional dos municípios em processo de conurbação com Londrina, evidenciando a forte concentração para essa cidade (71% da população), o que demonstra a importância regional de Londrina e sua influência sobre o entorno (Polidoro, Takeda e Barros, 2009).

Tabela 1 - Evolução, por quilômetros quadrados, da mancha urbana na região de Londrina.

MUNICÍPIO	ÁREA URBANA (KM ²) EM EVOLUÇÃO		
	1986	1998	2008
Londrina	79,827	109,605	149,418
Cambé	16,025	18,047	27,891
Ibiporã	6,941	9,668	11,432
Jataizinho	5,086	5,086	5,415
Rolândia	7,943	11,685	19,894
TOTAL	115,822	154,091	214,05

Tabela 2 - Evolução, por habitantes, na região de Londrina. Fonte: Censos IBGE/SIDRA (1980, 1990 e 2007).

MUNICÍPIO	TOTAL DA POPULAÇÃO (em habitantes)		
	1980	1990	2007
Londrina	301,696	390,100	497,833
Cambé	53,857	73,842	92,888
Ibiporã	27,621	35,168	45,158
Jataizinho	9,551	10,428	11,244
Rolândia	41,452	43,776	53,437
TOTAL	434,177	553,314	700,560

Fonte: Polidoro, Takeda e Barros (Atlas Digital da RML, 2009)

Para o terceiro estudo, que trata do mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação de usos irregulares do solo no município de Ibiporã/PR, foi gerado, a partir da classificação da imagem de satélite, o mapa de uso do solo apresentado na Figura 6 (Gonçalves, Polidoro e Barros, 2009). Os resultados apresentados demonstram que do total de 204,682 Km², 71,33% é utilizado para fins agrícolas, seguido por pastagem com 13,47%, remanescentes florestais com 9,27%. A área urbana tem aproximadamente 6% do total da área e lagos e rios apenas 0,24% (Tabela 3).

Tabela 3 – Uso e ocupação do solo do município de Ibiporã-PR, segundo a classificação.

TIPO DO USO	ÁREA (km ²)	PERCENTUAL (%)
Pastagem	38,707	13,47
Agricultura	204,862	71,33
Urbano	16,346	5,69
Remanescentes Florestais	26,622	9,27
TOTAL	287,168	99,76

Fonte: Gonçalves, Polidoro e Barros (Atlas Digital da RML, 2009)

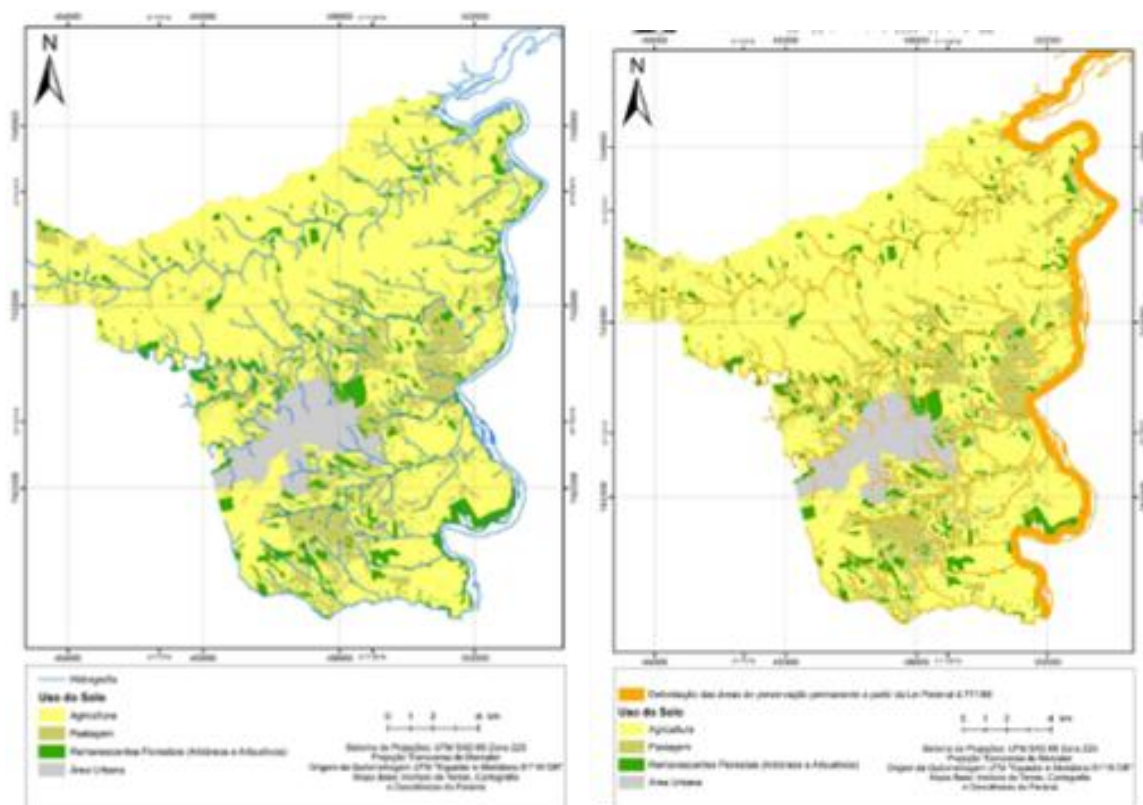


Figura 6: Mapeamento de uso do solo de Ibiporã/PR, à esquerda e delimitação das áreas de preservação permanente a partir da Lei 7.803/1989 à direita
Fonte: Gonçalves, Polidoro e Barros (Atlas Digital da RML, 2009)

De acordo com os autores, o alto índice de remanescentes florestais e cobertura vegetal encontrado no município remetem diretamente a qualidade de vida tanto na área rural como para a população da área urbana. Com relação ao uso conflitante do solo, a agricultura mostra-se entre os mais predominantes. O total de ocupação destas áreas nos locais de APP totaliza 13.281 Km².

O uso irregular pela agricultura é distribuído uniformemente pelo município, em todas as regiões. A pastagem é mais localizada à leste, próxima as margens do Rio Tibagi com alguns focos na região sul. Nota-se o uso intenso da agricultura nessas APPs também nas margens do Tibagi, limítrofe ao município de Jataizinho, como pode ser observado na Figura 6, à direita.

4. Conclusões

Com a elaboração dos mapeamentos temáticos a partir de análises de imagens multiespectrais dos satélites Landsat, SPOT e de radar SRTM aqui apresentados, com o objetivo de servirem de material cartográfico integrante do Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina/PR, conclui-se que as metodologias adotadas ao longo do desenvolvimento do Atlas Digital mostraram-se eficientes para o objetivo proposto.

O Atlas Digital, disponível para utilização via internet, tem importância fundamental para o planejamento dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Londrina, permitindo soluções alternativas de gestão territorial, podendo ser utilizado também como material didático pedagógico, para usuários estudantes e população em geral, além de planejadores e tomadores de decisão.

Os mapas temáticos de expansão urbana e ambiental, elaborados para o Atlas Digital e discutidos neste artigo, demonstraram a importância do uso de imagens atualizadas para compor material cartográfico eficiente de uma região.

Referências Bibliográficas

ARCHELA, R. S.; BARROS, M. V. F. . Integração do conhecimento cartográfico ao meio digital: metodologia para construção de atlas interativos. *Terr@ Plural* v. 2, p. 267-278, 2008.

Atlas Digital – Região Metropolitana de Londrina. Disponível em: www.uel.br/projetos/atlasrml/index.html . Acesso em: 11 julho. 2012.

ARCHELA, R. S; Théry, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **CONFINS**. Nº3, 2008. (p. 01-21). Disponível em: <http://confins.revues.org/index3483.html>

BORCHERT, A. Multimedia Atlas Concept. **In: Multimedia Cartography**. Organizado por: Cartwright, W.; Peterson, M. P.; Gartner, G.; 1º ed. Berlin: SpringerVerlag, 1999, 343f. p. 75-86.

DELAZARI, L. S. Modelagem e Implementação de um Atlas Eletrônico Interativo utilizando métodos de visualização cartográfica. 2004. **Tese (doutorado)**. Departamento de Engenharia de Transportes – USP. São Paulo, 2004. 155p

GONÇALVES, M.; POLIDORO, M.; BARROS, M.V.F. Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação de usos irregulares do solo municipal de Ibiaporã-PR por meio das técnicas de geoprocessamento. **In: SIMPGEU**, 27 e 28 agosto 2009, Maringá-PR.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/>. Acesso em 5 de setembro de 2012.

JOLY, F. **A Cartografia**. Editora Papirus, São Paulo, 2005 (8ª edição).

KRAAK, M. J.; ORMELING F. J. **Cartography: visualization of spatial data**. Harlow, England: Addison Wesley Longman Limited, 1996.

KATUTA, Ângela Massumi . A linguagem cartográfica no ensino superior e básico. **In: Nídia Nacib Pontuschka; Ariovaldo Umbelino de Oliveira. (Org.)**. Geografia em Perspectiva. Geografia em Perspectiva. 1ed.São Paulo: Contexto, 2002, v. 1, p. 133-139.

POLIDORO, M.; TAKEDA, M.M.G.; BARROS, O.N.F. Análise Temporal do processo de conurbação na Região de Londrina-PR por meio de imagens Landsat. **In: Revista Geografia Acadêmica**, v.3, n.1, 2009.

POLIDORO, M.; BARROS, M. V. F.; LOLLO, J. A.; MARCHETTI, M. C. Análise multitemporal da evolução da mancha urbana no entorno da BR-369 dos municípios paranaenses. **In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**, 2010, Porto Alegre. Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2010.

POLIDORO, M. Reflexões sobre a influência da Rodovia BR-369 na definição dos padrões de expansão urbana dos municípios no estado do Paraná. **In: IX ENANPEGE**. Goiânia, 8 – 12 outubro 2011.

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>. Acesso em 1 de setembro de 2012.

TROPPEMAR, H. GALINA, M.H. Áreas Verdes. **Revista Território & Cidadania**. Ano III, n.2. 2003

BRASIL. **Código Florestal lei n. 4.771 de 1965**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 Out. 2012.

_____. **Alteração Código Florestal lei n. 7803 de 1989**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7803.htm. Acesso em: 15 Out. 2012.