

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL ARBÓREA DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU – PR UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Autor: Danielli Toebe (Faculdade União das Américas) danitoebe@hotmail.com
Orientador: Luis Thiago Lúcio (Faculdade União das Américas) luisthiagolucio@gmail.com

Resumo

As áreas de vegetação são importantes para proteção e conservação do solo e recursos naturais. Além de proporcionar amenidade da temperatura e dos ventos, garantir a manutenção da biodiversidade e assegurar o ciclo de nutrientes, a vegetação urbana tem a capacidade de influir diretamente sobre os aspectos físicos do ambiente, melhorando a qualidade ambiental, saúde e bem-estar da população. O uso de imagens de satélite em estudos ambientais são alternativas viáveis e que abrangem extensas áreas da superfície terrestre, fornecendo dados dos objetos de interesse, na qual são extraídos por meio de técnicas de análise visual e processamento digital das imagens. O presente trabalho teve como objetivo comparar as áreas de vegetação arbórea (cobertura florestal) existentes no município de Foz do Iguaçu, localizado no Estado do Paraná, utilizando imagens de satélite LANDSAT-5 TM obtidas em 1985 e 2011. A metodologia foi baseada no processamento digital das imagens utilizando software de geoprocessamento (SPRING), onde foram quantificadas as áreas existentes de vegetação arbórea no período considerado. Comparando os resultados obtidos da classificação das imagens observou-se que houve uma diminuição de 38,49 km² (6,23%) das áreas de vegetação arbórea, passando de 317,89 km² (51,46%) no ano de 1985, para 279,40 km² (45,23%) no ano de 2011.

Palavras chave: Imagens de Satélite, Processamento de Imagens, Ocupação do Solo.

TEMPORAL ANALYSIS OF THE CITY ARBOREAL COVERAGE OF FOZ DO IGUAÇU - PR USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

Abstract

The areas of vegetation are important for protection and conservation of soil and natural resources. In addition to providing amenity of temperature and winds, ensuring the maintenance of biodiversity and ensure the nutrient cycle, the urban vegetation has the ability to influence directly on the physical aspects of the environment, improving environmental quality, health and well-being of the population. The use of satellite imagery in environmental studies are viable alternatives and that cover large areas of land surface, providing data objects of interest, which are extracted using techniques of visual analysis and digital image processing. This study aimed to compare the areas of woody vegetation (forest cover) in the city of Foz do Iguaçu, located in the State of Paraná, using satellite images obtained from LANDSAT-5 TM in 1985 and 2011. The methodology was based on digital image processing using GIS software (SPRING), which were quantified existing areas of woody vegetation over the period. Comparing the results of the classification of the images showed that there was a decrease of 38.49 km² (6.23%) in the areas of woody vegetation, from 317.89 km² (51.46%) in 1985 to 279.40 km² (45.23%) in 2011.

Key-words: Satellite Images, Image Processing, Land Use.

1 Introdução

Com o aumento populacional e a alta demanda por moradias, tornou-se inevitável a expansão das áreas urbanas e agrícolas. Desta forma, onde existiu algum tipo de cobertura vegetal, seja ela do tipo herbácea, arbustiva ou arbórea, hoje estas áreas tornaram-se edificações, imóveis rurais, parques, estradas, dentre outros. Tal procedimento traz o comprometimento da qualidade ambiental e vida da população devido à grande importância que áreas de cobertura vegetal, especialmente a cobertura arbórea, apresentam para a proteção e conservação do solo, na amenidade da temperatura e dos ventos, assim como na manutenção da biodiversidade e ciclo de nutrientes.

Desde 1970, técnicas de sensoriamento remoto são utilizadas para fazer o estudo de recursos naturais, para avaliar danos causados principalmente por ações antrópicas. Com o lançamento de satélites que levam a bordo sensores capazes de distinguir inúmeros objetos na superfície terrestre, devido à sua alta resolução, tornou-se possível fazer o mapeamento dos recursos naturais e também o monitoramento dos mesmos.

Por meio de imagens de satélite é possível observar o ambiente e sua transformação, destacando elementos da paisagem, tais como o relevo, a vegetação, a água e o uso de solo em diversos períodos de tempo e de extensas áreas da superfície da terra, sendo possível, assim, observar as áreas que obtiveram maiores transformações, sejam elas positivas ou negativas.

A realização de levantamentos das áreas de cobertura vegetal são importantes para analisar o uso e ocupação do solo e fornecer elementos para o planejamento de uso ambiental e administração dos recursos naturais, visando avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação, bem como a melhor qualidade de vida da população.

Com base no Processamento Digital de Imagens (PDI) de satélite e utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), o presente trabalho teve como objetivo comparar, analisar e quantificar áreas de cobertura vegetal do tipo arbórea (que neste trabalho será tratada como cobertura florestal), no município de Foz do Iguaçu, localizado no extremo oeste do Paraná, utilizando imagens de satélite obtidas nos anos de 1985 e 2011.

2 Referencial Teórico

2.1 Modelos de Dados em Geoprocessamento

Segundo Câmara e Davis (2004), o termo Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a coleta e o tratamento da informação geográfica. Estas ferramentas computacionais são chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), também conhecido como GIS (do inglês *Geographic Information System*).

Para Xavier (1997 *apud* Silva e Zaidan 2007), o Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas, que ocorrem em torno de um instrumental disponível pela engenhosidade humana. Este conjunto de conceitos, métodos e técnicas podem estar ligados a uma finalidade principal, sendo frequentemente desenvolvidos em função de interesses posteriores, como é o caso do Geoprocessamento, que até os dias atuais, está ligado às atividades bélicas, em associação com o Sensoriamento Remoto, na obtenção de dados ambientais atualizados, visando à execução de análises da distribuição territorial de eventos e entidades de interesse militar.

Para Câmara e Monteiro (2004), existem em Geoprocessamento cinco modelos de dados, que podem ser:

a) Dados Temáticos

Os dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, que é

expressa de forma qualitativa, tais como mapas de pedologia e de aptidão agrícola de uma região. Os dados são obtidos a partir de um levantamento de campo e inseridos no sistema por digitalização ou a partir de classificação de imagens.

b) Dados Cadastrais

O dado cadastral diferencia-se de um dado temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Os lotes de uma cidade são exemplos de dados cadastrais, pois são elementos do espaço geográfico que possuem atributos, tais como, dono, localização, valor do lote, IPTU, dentre outros. Também podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. Estes atributos ficam armazenados em sistema de banco de dados.

c) Redes

O conceito de rede significa, em Geoprocessamento, informações que estão associadas a serviços de utilidade pública (água, luz e telefone), redes de drenagem (bacias hidrográficas) e as rodovias, onde cada objeto geográfico (cabo telefônico, cano de água) possui uma localização geográfica exata e sempre está associado a atributos descritivos presentes em um banco de dados.

d) Modelos Numéricos de Terreno

O termo Modelo Numérico de Terreno (MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Estão associados à altimetria, e também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como por exemplo, teor de minerais ou propriedades do solo ou subsolo.

Um MNT (do inglês, *Digital Terrain Model – DTM*), representa matematicamente uma determinada característica que está vinculada a uma superfície real, que em geral, é contínua e o fenômeno representado pode variar (SPRING, 2007).

e) Imagens

As imagens podem ser obtidas através de satélites, fotografias aéreas ou aerotransportadas. Elas representam formas de captura indireta de uma informação espacial. Cada elemento de uma imagem é denominado de *pixel*, e possuem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente.

No processo de aquisição de imagens, estão contidos os objetos geográficos, sendo assim, necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-los.

Algumas características importantes de imagens de satélite são a Resolução Espectral, onde entram o número e a largura de bandas do espectro eletromagnético imageadas; a Resolução Espacial, menor área da superfície terrestre que é observada instantaneamente por cada sensor; Resolução Radiométrica, o nível de quantização registrado pelo sensor do satélite; e a Resolução Temporal, o intervalo entre duas passagens do satélite pelo mesmo ponto.

2.2 Sensoriamento Remoto em Estudos Ambientais

A definição de sensoriamento remoto é muito ampla, mas se pode definir este termo, como um conjunto de técnicas que permite a obtenção de informações sobre fenômenos e objetos sem haver contato físico com eles, ou seja, a transferência de dados é feita através da energia, e está associado à obtenção de medidas em que o ser humano não é parte essencial do processo de detecção e registro dos dados (NOVO, 1992).

As imagens de satélite proporcionam uma visão em conjunto e multitemporal de inúmeras áreas da superfície da Terra. São capazes de mostrar a ação do homem em ambientes, como

na detecção de queimadas que causam o desmatamento, destacando os impactos do uso de solo, da ocupação de espaço, assim como de impactos causados por fenômenos naturais, como a erosão, escorregamento de encostas e inundação. As imagens também são utilizadas para a previsão do tempo através de satélites meteorológicos (FLORENZANO, 2002).

Segundo Ponzoni e Shimabukuru (2007), na aplicação das técnicas de sensoriamento remoto é possível explorar diferentes escalas de trabalho, no qual, são dependentes principalmente da natureza para serem realizados. Em aplicação de estudos da vegetação, um profissional de fisiologia vegetal, por exemplo, pode explorar o processo de interação mencionado na quantificação de taxas de absorção de radiação por conta da ação de pigmentos fotossintetizantes. Estimativas de desflorestamentos em regiões do planeta podem também ser realizadas através da análise de imagens de satélite com diferentes características e escalas.

Estudos em fase de desenvolvimento pelo programa de monitoramento da Amazônia coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2008), através do sistema operacional de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), para identificar e monitorar áreas de desflorestamento na Amazônia utilizando imagens provenientes de sensores a bordo dos satélites CBERS-2B e LANDSAT-5. Através disso, são detectadas áreas de desmatamento por corte raso, ou seja, quando há a remoção total da cobertura florestal em um curto intervalo de tempo, e também áreas que estão em processo de desmatamento por alteração de cobertura florestal, sendo que, a este processo, dá-se o nome de degradação florestal progressiva (INPE, 2008).

As imagens de satélite como ferramenta para o monitoramento ambiental são alternativas viáveis e de custo relativamente baixo. Os sensores de satélite são capazes de captar constantemente imagens da superfície terrestre sem haver uma programação prévia, e abrangem extensas áreas fornecendo informações atualizadas e que são extraídas por meio de técnicas de análise visual e de Processamento Digital das Imagens (SILVA e VIEIRA, 2007).

2.3 Cobertura Vegetal e a Importância Ambiental

Segundo Nucci e Cavalheiro (1999 *apud* Luchiari 2001) a cobertura vegetal é qualquer área provida de vegetação dentro do espaço urbano, podendo ser vegetação herbácea, arbustiva e arbórea. Para eles, jardins, quintais, praças, parques, canteiros em vias de circulação, áreas preservadas, dentre outras formas, compreendem-se dentro desta categoria, sendo que, estas áreas podem encontrar-se tanto dentro de terrenos públicos, como em terrenos privados.

Segundo Andrade e Oliveira (2004), a cobertura vegetal exerce um importante papel na proteção e conservação dos solos e dos recursos naturais. A destruição destas áreas leva a uma exposição superficial do solo condicionando sua perda através de agentes erosivos, causando o aumento de oxidação da matéria orgânica e reduzindo a capacidade de infiltração destes, afetando também na quantidade de precipitação fazendo com que haja modificações climáticas na região.

Além de proporcionarem a proteção contra agentes climáticos, a cobertura vegetal contribui para manter a qualidade do solo e o ciclo de nutrientes, favorecendo o reabastecimento nutricional e desenvolvimento microbiológico, dificultando a ocorrência de degradação do solo (SILVA e VIEIRA, 2007).

Segundo Rufino *et al.* (2009), a ocupação do solo, muitas vezes desordenada, tem causado em cidades alterações climáticas significativas, impossibilitando o atendimento às exigências humanas em termos da saúde. Isso porque as construções alteram a rugosidade da superfície do solo, mudando suas características de relevo e de permeabilidade reduzindo a sua cobertura vegetal, causando o redirecionamento e variações na velocidade do vento local, privilegiando algumas áreas e prejudicando outras, especialmente as mais centrais da cidade.

De acordo com Oke (1973 *apud* Nucci 2008), o mínimo recomendável de cobertura vegetal para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas seria na faixa de 30%, sendo que, se este índice for inferior a 5% determinam a esta vegetação características semelhantes às de um deserto.

Sousa *et al.* (2007), afirma que a cobertura vegetal é responsável pela proteção contra a erosão hídrica do solo, solar e eólica, até mesmo em áreas que contenham declives significantes.

Para Silva e Vieira (2007), a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudo de cobertura vegetal é de grande relevância, pois é possível através destas, adquirir informações sobre diferentes tipos de vegetação, condições de estresse, carência de nutrientes, fazer um monitoramento ambiental e inúmeros estudos de acordo com a área de interesse, extraindo estas informações através de técnicas de análise visual e Processamento Digital de Imagens.

Disperati *et al.* (2003), estudaram as áreas de cobertura florestal no município de Irati - Paraná, utilizando imagens de satélite LANDSAT entre os anos de 1986 e 1999, técnicas de processamento de imagens e classificação supervisionada. Comparando os resultados obtidos através de classificações das imagens, observaram que houve aumento da cobertura florestal em 3 regiões do município.

Toebe (2009), analisou e comparou áreas de cobertura florestal na Bacia Sanga Sabiá, localizada em territórios dos municípios de Medianeira e Matelândia-PR, utilizando imagens de satélite LANDSAT-5 TM, técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica, e observou que houve um aumento da cobertura florestal, que passou de 1.065 ha no ano de 1985, para 1.923 ha no ano de 2008.

Piroli *et al.* (2002), utilizaram um SIG e imagens de satélite LANDSAT-5, bandas 3,4 e 5, para analisar o uso de solo da microbacia Arroio do Meio, localizada em Santa Maria – RS, e encontraram um resultado de 555 hectares (24%) de cobertura florestal na área total da microbacia, sendo que as áreas de lavoura ocupam a maior parte com 1.314 hectares (56%).

Sousa *et al.* (2007), realizaram um trabalho utilizando imagens de satélite LANDSAT-5 e CBERS-2, do período entre 1987 e 2005, que teve como objetivo o mapeamento temporal da cobertura vegetal e uso atual dos solos no município de Itaporanga – Paraíba, baseando-se no processamento digital das imagens e dados obtidos em campo. Os resultados dos estudos mostraram que a extinção da cultura de algodão, explorada até 1996, deu lugar às culturas de auto - consumo, como milho e feijão, e que juntamente com a pecuária, são atualmente a principal forma de uso do solo no município.

3 Material e Métodos

3.1 Localização da Área de Estudo

O município de Foz do Iguaçu está localizado no extremo oeste do estado do Paraná, na fronteira do Brasil com o Paraguai e Argentina, a uma Latitude Sul de 25°32'45" e Longitude Oeste 54°35'07".

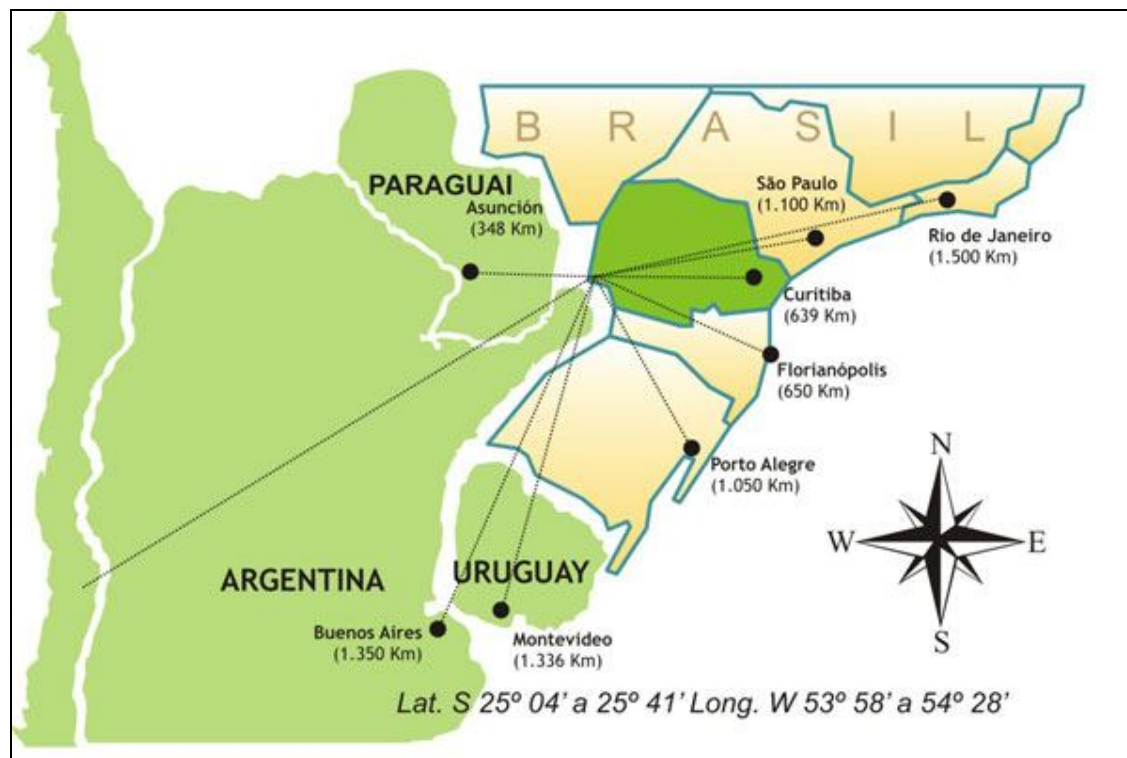
Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), o município possui uma área territorial de aproximadamente 618 km², e uma população com 256.088 habitantes.

A base de renda de Foz do Iguaçu está no turismo, com destaque no comércio e serviços, sendo que é o 3º maior na economia do estado, ficando atrás de Curitiba e Londrina (PREFEITURA MUNICIPAL DE FOZ DO IGUAÇU, 2010).

De acordo com a PMFI (2010), Foz do Iguaçu possui clima subtropical úmido, o relevo apresenta encostas levemente onduladas com solo do tipo argiloso, de origem eruptiva,

profundos e ricos em matéria orgânica. A arborização é subtropical na região do Parque Nacional do Iguaçu e floresta tropical de várzea na margem dos rios.

A Figura 1 mostra a localização do município de Foz do Iguaçu.



Fonte: CATARATAS DO IGUAÇU S/A, 2011

Figura 01 – Localização do Município de Foz do Iguaçu com Distâncias em Relação às Capitais

3.2 Materiais Utilizados

Os materiais utilizados no estudo foram:

- Imagens de satélite Landsat 5 – TM obtidas através do site do INPE em duas cenas: uma do dia 31 de março de 1985 e outra do dia 08 de abril de 2011, ambas da órbita 224 ponto 78 com cobertura máxima de nuvens de 10%, georreferenciadas no Sistema de Referência WGS-84;
- Base cartográfica do Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG): Divisão Político-Administrativa do estado do Paraná;
- Software Livre gvSIG, versão 1.10, utilizado para o recorte das imagens;
- Software Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 4.3.2, de domínio público, desenvolvido pelo INPE, utilizado para o processamento digital das imagens.

3.3 Metodologia Aplicada

Os métodos utilizados seguiram as seguintes etapas:

- Recorte das Imagens;
- Processamento Digital das Imagens: melhor composição colorida e realce, classificação supervisionada, mapeamento da área de estudo e obtenção dos resultados.

3.3.1 Recorte das Imagens

Após obtenção das imagens, as mesmas foram recortadas de acordo com a área de estudo, no caso, o município de Foz do Iguaçu.

As imagens utilizadas no processo recobriram 90,15% do limite do município. Sendo assim, foram desconsiderados 9,85% de área no processo da classificação.

As imagens Landsat 5 - TM foram obtidas em coordenadas geográficas, no Sistema de Referência WGS-84, portanto, a etapa do georreferenciamento foi descartada.

3.3.2 Processamento Digital das Imagens (PDI)

Após o recorte iniciou-se o PDI, através do software SPRING, com o objetivo de melhorar o aspecto visual de modo que facilitasse na interpretação das imagens. As técnicas utilizadas foram:

a) Determinação da Melhor Composição Colorida e Realce

A partir da metodologia utilizada por Piroli *et al.* (2002), foram escolhidas as bandas 5, 4 e 3, nas composições coloridas *Red*, *Green*, *Blue* – RGB respectivamente, para ambas as épocas, sendo que este método é amplamente utilizado em estudos para a avaliação de recursos ambientais (DISPERATI *et al.* 2003).

Após a definição das melhores composições coloridas, cada banda foi realçada pela técnica da equalização do histograma, apresentando bons resultados para o realce da cobertura florestal, sendo que esta técnica também foi utilizada nos trabalhos de Disperati *et. al* (2003) e Toebe (2009), apresentando ótimos resultados no realce da cobertura florestal, área de maior interesse nesse estudo.

b) Classificação Supervisionada

De acordo com a metodologia utilizada por Disperati *et al.* (2003), e Toebe (2009), em ambas as imagens foram realizadas a classificação do tipo multiespectral, pixel a pixel, com análise supervisionada e classificador Máxima Verossimilhança (MAXVER).

Sendo assim, foram coletadas amostras de ambas as imagens, na qual identificassem a área representativa da classe de interesse, utilizando-se quatro classes da cobertura do solo: Cobertura Florestal (para esta classe foram consideradas todos os tipos de vegetação arbórea ocorrentes no município), Não Cobertura Florestal (área de agricultura, pastagem, solo exposto), Área Urbana e Hidrografia, priorizando e direcionando os resultados de modo a distinguir espectralmente as áreas de cobertura florestal, ou seja, todo tipo de vegetação arbórea, existente no município de Foz do Iguaçu nos anos de 1985 e 2011.

Após coletadas as amostras, as imagens foram classificadas com o classificador MAXVER, que segundo Affonso (2002), é o método mais utilizado em termos de sensoriamento remoto.

O limiar de aceitação utilizado, exigido pelo método MAXVER, foi de 100%, no qual significa a porcentagem de *pixels* da distribuição de probabilidade da área de treinamento de uma classe, que serão classificados como pertencente a esta classe (SPRING, 2007).

Após aplicação do método, as imagens de 1985 e 2011 foram classificadas e em seguida realizado o mapeamento, permitindo assim a quantificação das classes e obtenção dos resultados em km².

Para a realização do mapeamento foram consideradas três classes temáticas: Cobertura Florestal, Não Cobertura Florestal e Hidrografia, a fim de destacar somente a área de maior interesse no estudo.

4 Resultados e Discussão

O desempenho médio obtido com a utilização do classificador MAXVER foi de 99% para ambas as imagens, isto indica a confiabilidade dos resultados obtidos com base nas amostras coletadas.

Observa-se nas Figuras 02 e 03, os resultados do mapeamento das classes para ambos os anos.

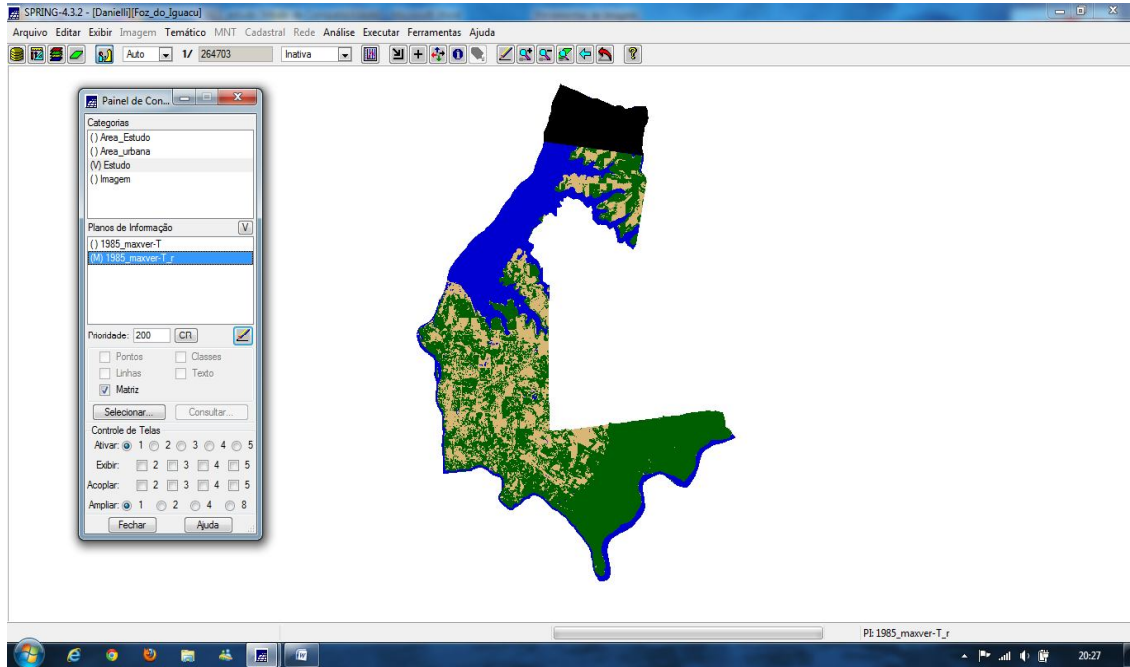


Figura 02 – Imagem classificada do ano de 1985 com recorte na área de estudo

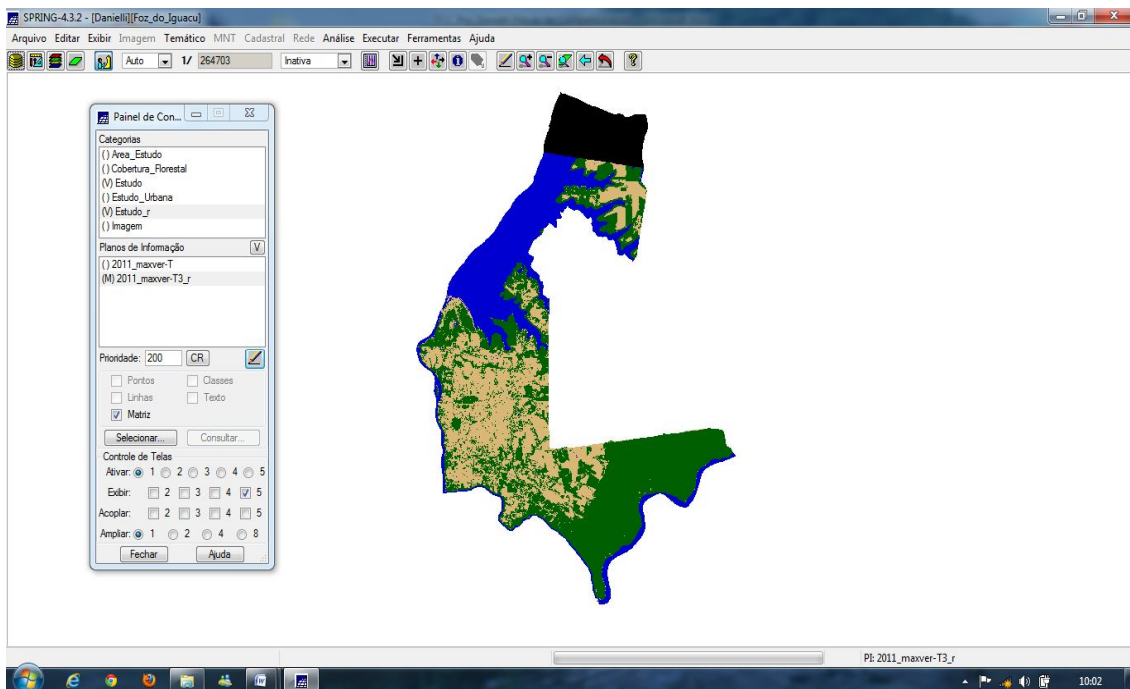


Figura 03 – Imagem classificada do ano de 2011 com recorte na área de estudo

Os resultados da classificação das épocas estudadas, para as classes de Cobertura Florestal, Não Cobertura Florestal e Hidrografia, são mostrados na Tabela 1.

Classes	Imagem de 1985		Imagem de 2011	
	Km ²	%	Km ²	%
Cobertura Florestal	317,89	51,46%	279,40	45,23%
Não Cobertura Florestal	152,65	24,71%	190,42	30,83%
Hidrografia	147,16	23,83%	147,88	23,94%
Área total	617,70	100%	617,70	100%

Tabela 1 – Resultados para a quantificação das classes, nos anos de 1985 e 2011

Conforme mostra a Tabela 1, o processo de quantificação da área de cobertura florestal existente no município de Foz do Iguaçu, mostrou que para o ano de 1985, havia cerca de 317,89 km² de área florestal, o que corresponde a 51,46% do município, e cerca de 299,81 km² de não cobertura florestal (hidrografia, área urbana, agricultura, pastagem e solo exposto), correspondendo a 48,54% do município.

Para o ano de 2011, quantificou-se 279,40 km² de área florestal, correspondendo a 45,23%, e 338,30 km² entre hidrografia e áreas de não cobertura florestal, ou seja, 54,77% do município. Os resultados são mostrados graficamente, conforme a Figura 04.

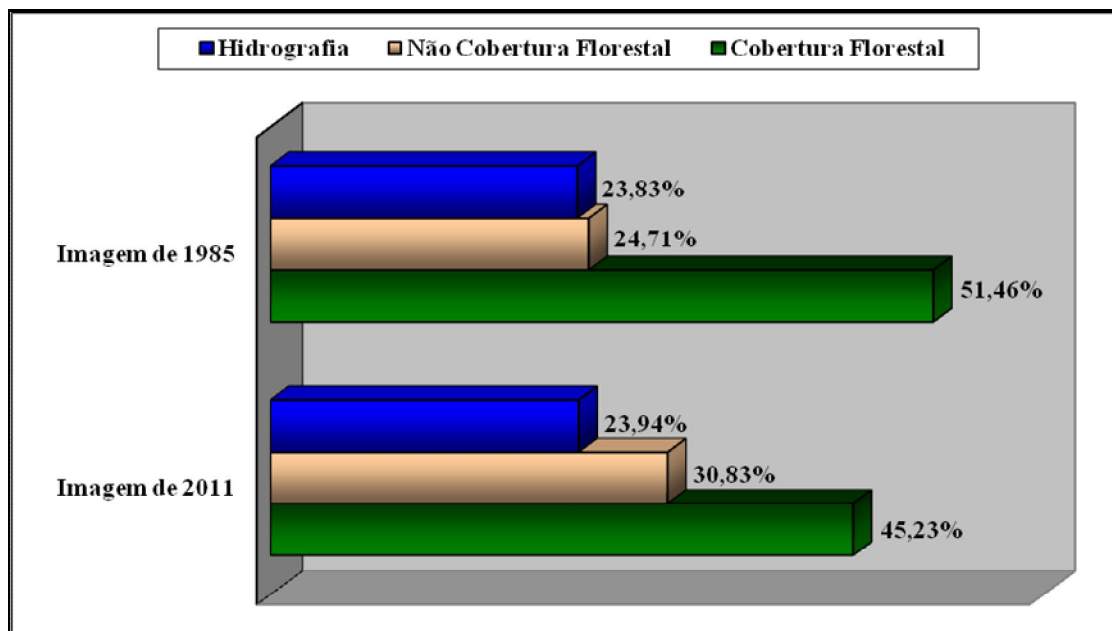


Figura 04 – Gráfico do resultado em porcentagem para o ano de 1985 e 2011

Comparando os resultados obtidos após o processamento das imagens de 1985 e 2011, observa-se que houve uma diminuição de 38,49 km², ou seja, 6,23% de áreas de cobertura florestal em Foz do Iguaçu, em um período de 26 anos. Resultados que não foram significativos se compararmos com o levantamento realizado por Silva e Vieira (2007), que observaram uma diminuição de 18,74% da vegetação em um período de 13 anos, no município de Uruçuí – PI.

Estes resultados se devem à conservação da área do Parque Nacional do Iguaçu, sendo que segundo a PMFI (2010), somente esta área abrange cerca de 138,60 km² da área total do município de Foz do Iguaçu. Outro fato também observado foi à implantação de Áreas de Preservação Permanente em torno do lago de Itaipu Binacional que “compensou” as demais áreas desmatadas, conforme mostram as Figuras 05 e 06.

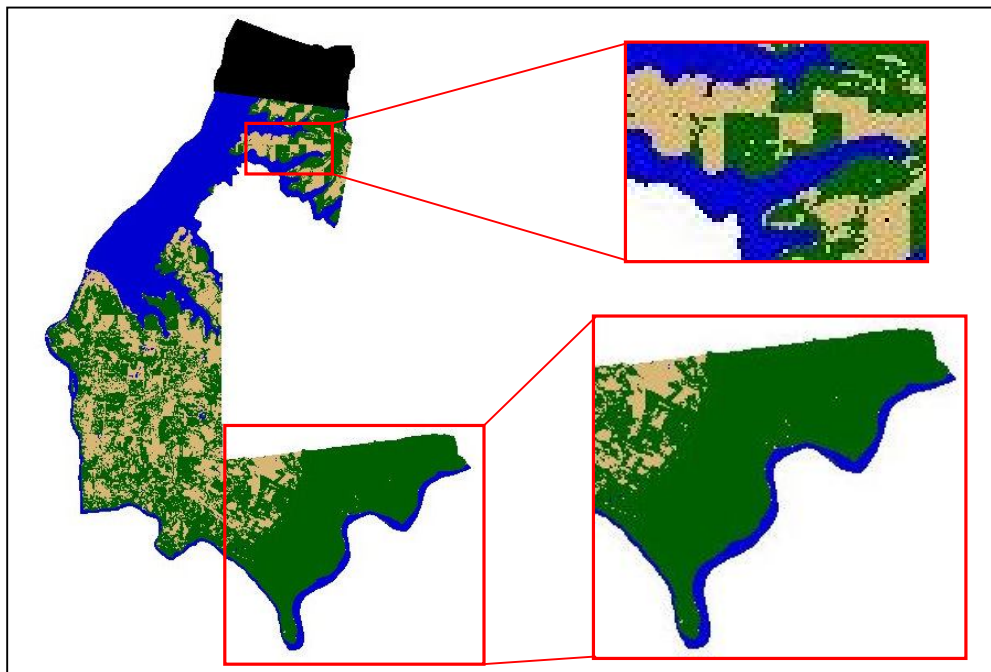


Figura 05 – Resultados para o ano de 1985, com destaque nas Áreas de Preservação Permanente do Lago de Itaipu e Parque Nacional do Iguaçu

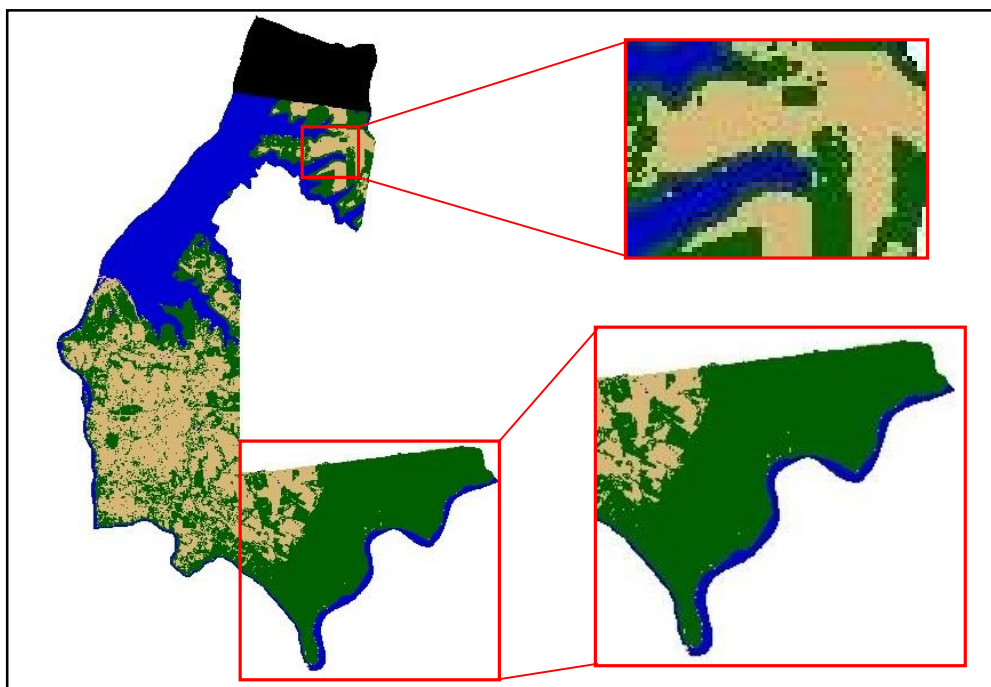


Figura 06 – Resultados para o ano de 2011, com destaque nas Áreas de Preservação Permanente do Lago de Itaipu e Parque Nacional do Iguaçu

Segundo os gráficos e análise visual no resultado da classificação, o decréscimo na área de cobertura florestal ocorreu principalmente devido ao aumento das áreas urbanas e áreas de cultivo.

De acordo com Oke (1973 *apud* Nucci 2008), o mínimo recomendado de cobertura vegetal para um adequado balanço térmico no espaço urbano seria de 30%. Considerando estes valores, Foz do Iguaçu está dentro dos padrões necessários para o bem-estar da população em termos de vegetação, com aproximadamente 45% em 2011.

5 Considerações Finais

As técnicas de sensoriamento remoto utilizadas nas imagens de 1985 e 2011 possibilitaram a identificação e a quantificação das áreas de cobertura florestal no município de Foz do Iguaçu, sendo que, o método aplicado no presente trabalho foi testado em diversos estudos acadêmicos, e está cada vez mais reconhecido como de fácil aplicação e de grande utilidade para avaliação e monitoramento da qualidade ambiental de áreas urbanizadas.

O estudo mostrou que não houve uma diminuição significativa das áreas de cobertura florestal no município em um período de 26 anos, fato ocorrido devido à conservação das áreas do Parque Nacional do Iguaçu, e também devido à implantação de Áreas de Preservação Permanente entorno do lago de Itaipu.

Considerando um mínimo recomendado de cobertura vegetal de 30% no espaço urbano, o município de Foz do Iguaçu encontra-se dentro dos padrões necessários para garantir o bem-estar dos habitantes em termos de vegetação, com aproximadamente 45% de cobertura arbórea no ano de 2011.

Referências

- AFFONSO, A. **Introdução ao Geoprocessamento e ao Sensoriamento Remoto**. 2002. 52 f. Estágio Docência (Programa de Pós-Graduação no INPE – Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Faculdade de Agronomia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.
- ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA, T. S. Análise **espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, n. 28, p. 393-401, 2004.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Fundamentos de geoprocessamento. **Introdução ao Geoprocessamento**, São José dos Campos, p. 01-05, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Fundamentos de geoprocessamento. **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**, São José dos Campos, p. 01-35, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- CATARATAS DO IGUAÇU S/A. **Mapa de Localização do Município de Foz do Iguaçu**, 2011. Disponível em: <http://www.cataratasdoiguacu.com.br/localizacao.asp#>. Acesso em: 01 ago. 2011.
- DISPERATI, A. A. *et al.* **Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati-PR, utilizando imagens satelitárias LANDSAT**. Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 5, n. 1, p. 115-123, jan/jun. 2003. Disponível em: <http://www.unicentro.br/editora/revistas/recen/v5n1/analise.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2011.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa da população**, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEODÉSIA. **Base Cartográfica**, 2007. Disponível em: <www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- LUCHIARI, A. **Identificação da Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas por Meio de Produtos de Sensoriamento Remoto e de um Sistema de Informações Geográficas**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 14, p. 47-58, 2001. Disponível em: www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_14/RDG14_Ailton.pdf. Acesso em: 20 jun. 2011.

MONITORAMENTO da cobertura florestal da Amazônia por satélites: Avaliação DETER, maio de 2008. São José dos Campos: INPE – Coordenação Geral de Observação da Terra. Disponível em: www.obt.inpe.br/deter/avaliacao/Avaliacao_DETER_maio2008.pdf. Acesso em: 20 jun. 2011.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. 2. ed. São José dos Campos: Edgard Blucher, 1992. 308 p.

NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano – Um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicada ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2ª ed. - Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.; il. Disponível em: <http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs>. Acesso em: 25 jul. 2011.

PIROLI, E. L. *et al.* **Análise do Uso da Terra na Microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria – RS, por Sistema de Informações Geográficas e Imagem de Satélite**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 407-413, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010384782002000300007&script=sci_abstract&lng=e. Acesso em: 21 jul. 2011.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURU, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Editora Parêntese, 2007. 127 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FOZ DO IGUAÇU. **Características Físicas de Foz do Iguaçu**, 2010. Disponível em: <http://www.fozdoiguacu.pr.gov.br/portal2/home/>. Acesso em: 15 jun. 2011.

RUFINO, I.A.A. *et al.* **Sensoriamento Remoto no Estudo da Temperatura de Superfície em Áreas Urbanas. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba**, 2009. Disponível em: http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/GeoTermal/Publica%E7%F5esgeotermal/ARTIGO_ANTAC_1_.pdf. Acesso em: 28 jul. 2011.

SILVA, W. S; VIEIRA, V. C. B. **Evolução Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo no Município de Uruçuí –PI**. In: CONGRESSO DE PÊSQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2, 2007, João Pessoa. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa, 2007. p.1-9.

SILVA, J. X da; ZAIDAN, R. T (Organizadores). **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 368 p.

SOUSA, R. F. *et al.* **Avaliação das Classes de Cobertura Vegetal e Mapeamento do Uso Atual dos Solos no Município de Itaporanga-PB. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 4, n. 1, p. 80-88, jan/jun. 2007. Disponível em: www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=184&article=82&mode=pdf. Acesso em: 21 jun. 2011.

SPRING. Versão 4.3.2. São José dos Campos: DPI/INPE, 1991-2007.

TOEBE, D. **Análise comparativa da cobertura florestal utilizando técnicas de sensoriamento remoto na Bacia Sanga Sabiá nos anos de 1985 e 2008**. SPRING Publicações, 2009. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/english/summary.php?ver_proximo_user=sim&pos_atual=40&tipo_busca=&opcao=&contador=50&num=78. Acesso em: 15 jun. 2011.