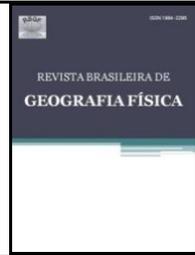




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise Temporal Da Cobertura Da Terra Do Município De Petrópolis/RJ Numa Abordagem Pós-Classificação De Detecção De Mudanças

Rômulo Weckmüller¹; Raúl Sánchez Vicens²

¹ Mestrando em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense – Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº - Niterói/RJ - Brasil, CEP: 24210-346 / weckmuller@gmail.com

² Professor Adjunto, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense – Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº - Niterói/RJ - Brasil, CEP: 24210-346 / rsvicens@id.uff.br

Artigo recebido em 30/07/2013 e aceito em 08/10/2013

RESUMO

Os estudos de mudanças entre os usos e coberturas da terra tem sido um campo crescente de pesquisa nas últimas décadas, pois auxiliam o ordenamento e gestão do território, servindo de base para planejamento de ações futuras. O presente trabalho objetiva localizar as mudanças na cobertura da terra, utilizando três cenários temporais (Imagens Landsat TM 5 datadas de 1985, 1994 e 2011). A área de estudo corresponde ao município de Petrópolis, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, uma área que historicamente sofre com ocupações desordenadas e movimentos de massa. Os mapas temáticos foram gerados por técnicas de sensoriamento remoto, com uma classificação orientada a objetos, modelagem fuzzy e hierarquização entre as classes. As mudanças foram quantificadas e mapeadas utilizando ferramentas de geoprocessamento para a interseção destes dados, numa abordagem pós-classificação de detecção de mudanças. Foram detectados 2.628 hectares de mudanças, correspondentes a 3,36 % da área do município. A mudança mais expressiva foram os desmatamentos, sendo também observados na paisagem, expansões urbanas e regenerações. É importante observar a predominância das urbanizações nos 3 primeiros distritos, e o desmatamento e a regeneração no 4º e 5º distritos.

Palavras-chave: Detecção de Mudanças, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento

Temporal analysis of land cover in the city of Petrópolis/RJ approach a post-classification change detection

ABSTRACT

Studies of changes between uses and land cover has been a growing field of research in recent decades, as they help the planning and management of the territory, serving as a basis for planning future actions. This paper aims to locate the urban expansions, using three scenarios temporal (Landsat 5 TM images dated 1985, 1994 and 2011). The study area corresponds to the city of Petrópolis, in the mountainous region of Rio de Janeiro, an area that historically suffers from disordered occupations and mass movements. Thematics maps were generated by remote sensing techniques, with an object-oriented classification, modeling and fuzzy hierarchy between classes. The changes were quantified and mapped using GIS tools to the intersection of these data, an approach post-classification change detection. 2628 hectares were detected changes, corresponding to 3.36% of the municipal area. The most significant changes were deforestation, were also observed in the landscape, urban expansions and regenerations. It is important to note the predominance of urbanization in the first 3 districts, and deforestation and regeneration in the 4th and 5th districts.

Keywords: Change Detection, Remote Sensing, Geoprocessing

Introdução

Os mapeamentos e análises sobre as coberturas da terra sempre foram ferramentas constantemente utilizadas por órgãos públicos e privados como subsídio ao ordenamento territorial e/ou ambiental. Suas aplicações contemplam atuações em diversas áreas da ciência, tendo o sensoriamento remoto como uma das principais fontes de dados.

É muito comum a adoção de apenas um cenário atual de cobertura da terra em estudos de planejamento. Porém apenas o cenário atual não tem sido satisfatório para uma eficiente tomada de decisão, visto que a cobertura da terra não é estática, varia ao longo do tempo, seja por fatores naturais ou antrópicos.

Segundo Santos (2004), as atividades humanas que podem pressionar os elementos naturais são retratadas através da identificação e entendimento do uso e cobertura da terra. As informações sobre esse tema devem descrever não só a situação atual, mas as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área de estudo. Além disso, atualmente é crescente a necessidade de entendimento da dinâmica da paisagem, ou seja, como ela evoluiu ao longo do tempo, e qual a intensidade e frequência de perturbações sofridas pela mesma.

O aumento constante dos estudos das modificações entre os usos e cobertura da terra, através de mapeamentos e análises temporais, se justifica não só pelo avanço de tecnologias em sensoriamento remoto, que

possibilitaram uma maior variedade de imagens disponíveis, mas também pela percepção da relevância desta temática em estudos ambientais. Hoje em dia, o fácil acesso a esses tipos de dados, às vezes até de forma gratuita, ajuda a popularizar cada vez mais essas técnicas de mapeamento. As imagens obtidas por sensores remotos contribuem para a identificação desses diferentes usos do espaço terrestre, e o aspecto multitemporal dessas imagens permite acompanhar as transformações do espaço ao longo do tempo (Florenzano, 2002).

Para a análise das mudanças de cobertura da terra, é necessária a comparação de duas ou mais imagens de satélite, por exemplo, tomadas em diferentes momentos buscando identificar onde, quanto e o que foi alterado de um momento para o outro, por meio da classificação das imagens através das assinaturas espectrais dos alvos (Coppin et al., 2004). Detectar mudanças significa identificar alterações na superfície terrestre por meio da análise de imagens da mesma área coletadas em diferentes datas, permitindo a avaliação de dinâmicas espaciais como os processos de urbanização, catástrofes naturais, desmatamentos e outras alterações na paisagem, sejam de origem natural ou antrópica (Singh, 1989).

Existem muitas técnicas para a análise multitemporal e cada uma possui uma forma própria de lidar com a extração e com a classificação das mudanças. Não existe um

método universalmente aceito. A escolha dessas técnicas depende do objetivo da pesquisa e/ou da preferência por parte do pesquisador por determinada ferramenta (Coppin et al., 2004; Jensen, 2009). Para se obter uma boa detecção de mudanças, a mesma deve fornecer as seguintes informações: (1) variação de área de mudança, (2) distribuição espacial dos tipos alterados; (3) trajetórias de tipos de cobertura da terra, e (4) avaliação da precisão da detecção de mudança (Lu et al., 2004).

As diversas aplicações e discussões destas técnicas são abundantes também na literatura nacional. Monteiro et al. (2007) utilizaram imagens do ano de 2007, de sensores variados com resoluções distintas para identificar focos seletivos de extração de madeira na Floresta Amazônica. A etapa de pré-processamento foi fundamental para os resultados, visto que além da correção geométrica, a correção atmosférica foi aplicada e é imprescindível quando se trabalha com sensores diferentes. Altmann et al. (2009) fizeram um estudo temporal do uso e cobertura da terra no município de Teutônia/RS, com o uso de uma imagem Landsat por década, começando pelo ano de 1976 até 2008. Através da técnica de álgebra de mapas, os autores constataram uma regeneração de florestas em antigas áreas agrícolas, além de um aumento de 12 vezes na área urbanizada deste município.

Neste artigo a divisão e subdivisão de grupos adotada será a de Coppin et al. (2004),

que classifica as técnicas de detecção de mudanças pelo número de imagens utilizadas. Caso sejam apenas duas, a metodologia é bi-temporal, se forem utilizadas três ou mais delas então a metodologia é de análise da trajetória temporal. Este autor também propõe a subdivisão das técnicas nos seus grupos em análise pré-classificação e pós-classificação.

A pré-classificação, também chamada de análise direta, consiste na classificação de todas as imagens de diferentes datas juntas. A premissa básica é a de que todas as alterações na cobertura terrestre deverão resultar em mudanças nos valores de radiância (Singh, 1989). A pós-classificação consiste na classificação das datas em separado, para uma posterior detecção de mudanças na comparação destes mapas temáticos, que pode ser em uma integração entre o sensoriamento remoto e um Sistema de Informações Geográficas (Lu et al. 2004).

Este artigo objetiva identificar mudanças na cobertura da terra no município de Petrópolis entre os anos de 1985, 1994 e 2011. Para tal será utilizado uma análise pós-classificação. Neste contexto, o uso de geotecnologias como o sensoriamento remoto, que serve como fonte de dados recentes e históricos; e o geoprocessamento que possui importantes ferramentas de análise espacial são fundamentais para o êxito desta técnica (Seabra e Silva, 2011).

O município de Petrópolis possui um histórico de ocupações urbanas desordenadas,

sobretudo na década de 1980, com a fragilidade das legislações atuantes e na década de 1990 com o grande aumento populacional. Segundo Guerra et al. (2007), mesmo depois da criação da Área de Proteção Ambiental (APA) de Petrópolis e do Plano Diretor, ambos em 1992, a situação ambiental e habitacional na cidade continua bastante delicada. A falta de senso comum entre as diferentes instâncias do Poder Público (federal, estadual e municipal) não é capaz de controlar os desmatamentos e ocupações irregulares, devido à velocidade de ocorrência dos mesmos.

O município de Petrópolis está a aproximadamente 60 quilômetros a norte da cidade do Rio de Janeiro e pertence à Região Serrana (Figura 1). Possui uma altitude média de 845 metros, abrangendo uma área de 79.500 hectares. Segundo dados do Censo de

2010 do IBGE, sua população é de aproximadamente 300.000 habitantes.

Petrópolis possui 5 distritos (1º: Petrópolis, 2º: Cascatinha, 3º: Itaipava, 4º: Pedro do Rio e 5º: Posse), sendo o 1º e o 2º os mais urbanizados e populosos do município, completamente inseridos na APA de Petrópolis. Este fato somado a características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas, segundo estudos de Gonçalves e Guerra (2006), é determinante para o maior número de tragédias nestas áreas, como movimentos de massa, em especial os escorregamentos. O 3º distrito atualmente é alvo de especulação imobiliária, pois possui grande potencial turístico, por se tratar de uma área rica em gastronomia e lazer. O 4º e o 5º correspondem a áreas rurais, com núcleo urbano baixo e a presença de sítios e fazendas.

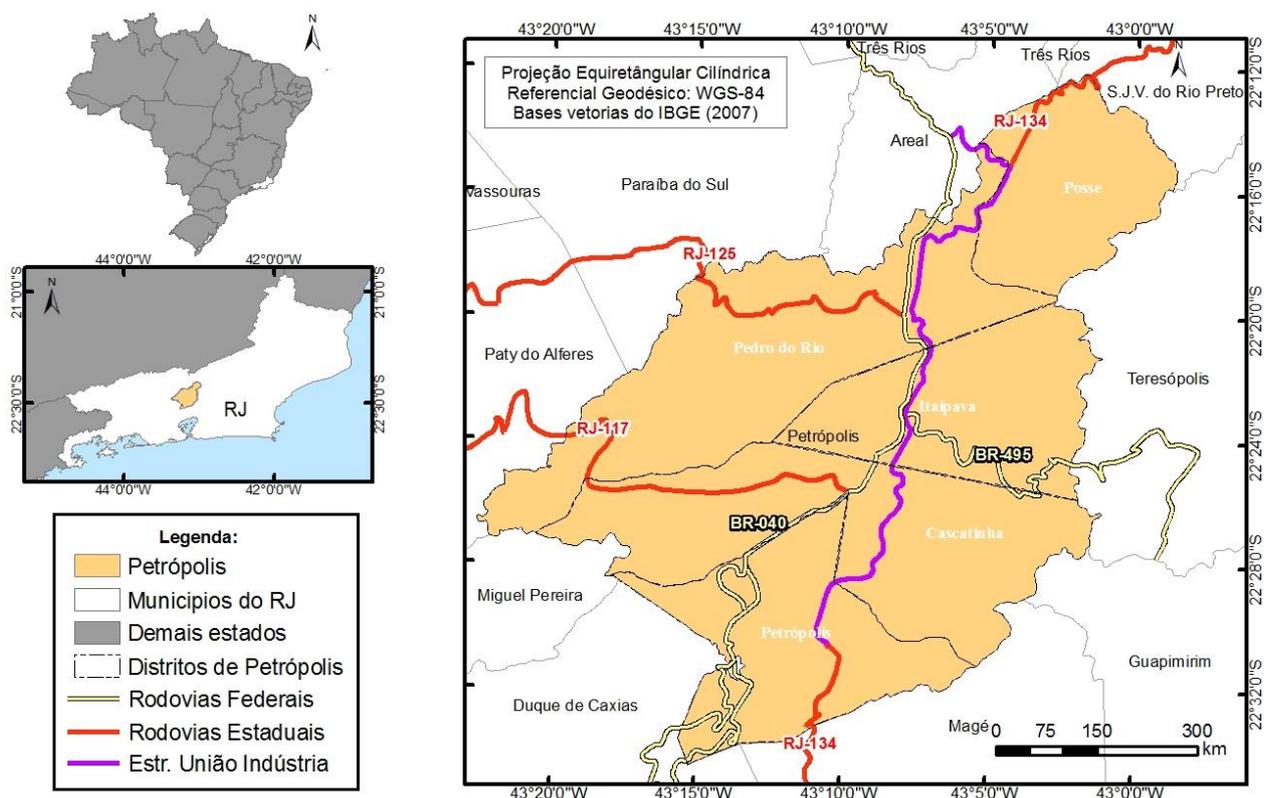


Figura 1. Localização do município de Petrópolis/RJ e seus distritos.

Material e Métodos

Todos os softwares e dados utilizados fazem parte da infraestrutura e acervo do Laboratório de Geografia Física (LAGEF) da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Aquisição e registro das imagens

Para a construção dos mapas de cobertura da terra foram adquiridas, através do portal eletrônico do INPE, imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, órbita 217, pontos 75 e 76, datadas de 04 de julho de 1985, 10 de outubro de 1994 e 13 de agosto de 2011. Após a aquisição das imagens foi efetuado para cada cena o seu registro pelo método de reamostragem do vizinho mais próximo no software *Envi 4.5*, à partir do Geocover GLS-Landsat 2005 com um erro médio quadrático (RMS) de 0,5 pixel.

Mapeamentos de cobertura da terra

Os mapeamentos de cobertura da terra foram gerados por análise orientada a objetos (AOO), que se baseia no agrupamento de pixels a partir da segmentação da imagem em objetos homogêneos e contíguos (Alves et al, 2010). O processo de classificação orientada a objeto utiliza os polígonos gerados na segmentação para definição dos objetos. As características espectrais de forma e relações de vizinhança são as informações utilizadas na descrição destes objetos, que a partir destes descritores podem ser agrupados em

categorias com significado ou em classes temáticas (Cruz, 2009). Cruz et al. (2007) apontam que a AOO busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica, contexto.

A classificação por AOO foi implementada no software *eCognition Developer 8.0*, com base numa segmentação das imagens em vários níveis hierárquicos segundo critérios de heterogeneidade (*scale*) e descritores (*features*). Esta metodologia foi adaptada de Cruz (2009).

Foi dada ênfase à modelagem *Fuzzy* sobre descritores espectrais apoiada na seleção de áreas de treinamento. A análise *Fuzzy* fornece o grau de pertinência de um objeto para todas as classes definidas na legenda, numa lógica de probabilidades, cujos valores podem ser inseridos em novos contextos de classificação (Cruz, 2009).

O algoritmo *multiresolution segmentation*, foi utilizado com parâmetro de escala 10 e os critérios 0.2 de forma e 0.8 de compacidade. Esse segmentador multirresolução leva em consideração múltiplas características da imagem e que se fundamenta na técnica de crescimento de regiões (Baatz e Schape, 1999).

Após a execução desta classificação, obteve-se o mapa parcial de uso e cobertura

da terra, com muitos ruídos e pequenos segmentos. Este mapeamento com elevado número de polígonos de pequena área foi submetido a filtros de generalização, no software *Erdas Imagine 8.5*. Foram utilizadas as ferramentas *Majority* (6x6 pixels), *Clump* (4 vizinhos) e *Eliminate* (4 hectares), para atender uma escala 1:100.000, de acordo com o conceito de área mínima mapeável, que define o tamanho da área que um determinado objeto deve conter para que seja representado num mapa ou carta geográfica (Martinelli, 1994). No software *ArcGis 9.3* foram realizadas algumas edições manuais com a verificação das próprias imagens, com o objetivo de corrigir as inconsistências e gerar os mapas finais de uso e cobertura da terra.

Mapeamento das mudanças

Depois dos mapas de uso e cobertura da terra gerados, os mesmos foram inseridos em ambiente SIG, no software *ArcGis 9.3*, onde foram processadas análises e cruzamentos de dados, através da ferramenta *Intersect*, que forneceram subsídios para a compreensão e localização das mudanças ocorridas na área de estudo. A técnica utilizada foi a “*from-to*” que corresponde a uma análise pós-classificação, utilizando ferramentas de análise espacial em ambiente SIG, que possibilitou a espacialização e mensuração das mudanças observadas na paisagem. Metodologia adaptada de Weckmüller et al. (2013). A Figura 2 resume todos os processos e materiais supracitados.

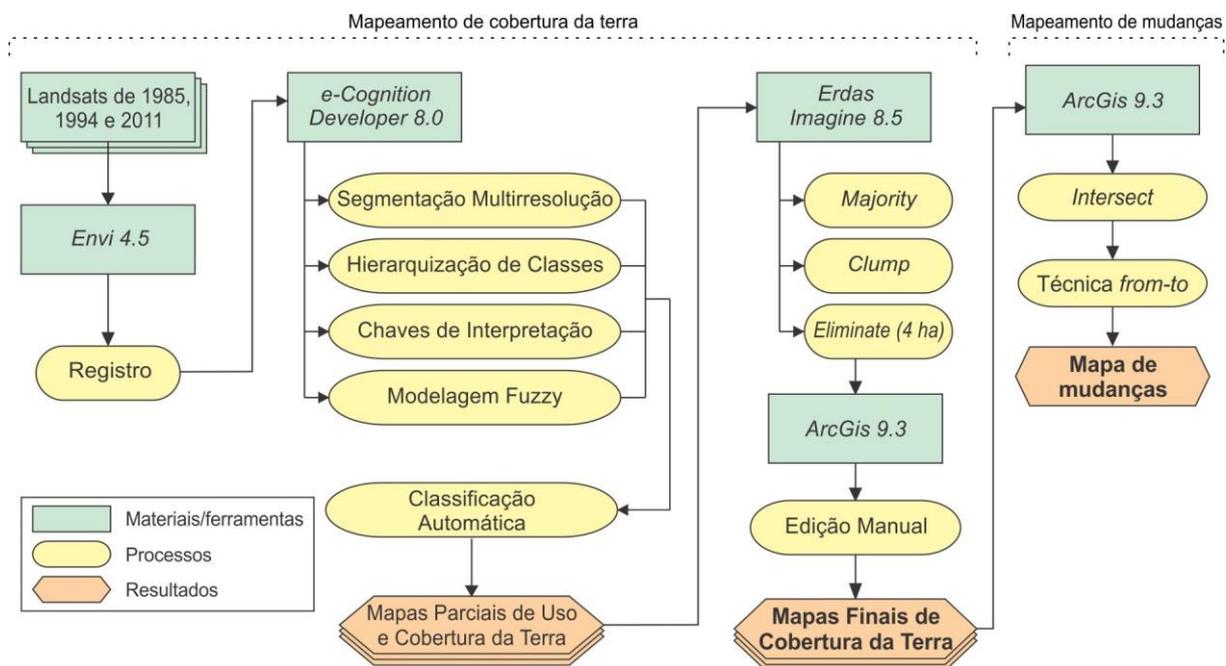


Figura 2. Fluxograma metodológico dos mapeamentos.

Resultados e discussão

Mapeamento da cobertura da terra

Ao observar as classificações de

cobertura da terra de 1985, 1994 e 2011 realizados para o município de Petrópolis (Figura 3), percebe-se poucas mudanças entre

os mapeamentos. Analisando a tabela de áreas (Tabela 1), constata-se que em números absolutos, as classes que mais sofreram alterações foram as áreas florestadas, com uma perda de 1.770 hectares e as áreas urbanas, com um acréscimo de 1.212 hectares. Porém, numa análise em números percentuais de variação para cada classe, a

Vegetação em Estágio Inicial (VEI) se destaca, com um acréscimo de 53% de área, enquanto que a classe urbana aumentou em 16,81%. As Florestas perderam 3,78% de sua área total, nesses 26 anos de intervalo da pesquisa, enquanto as pastagens aumentaram 1,92% de sua área (Figura 4).

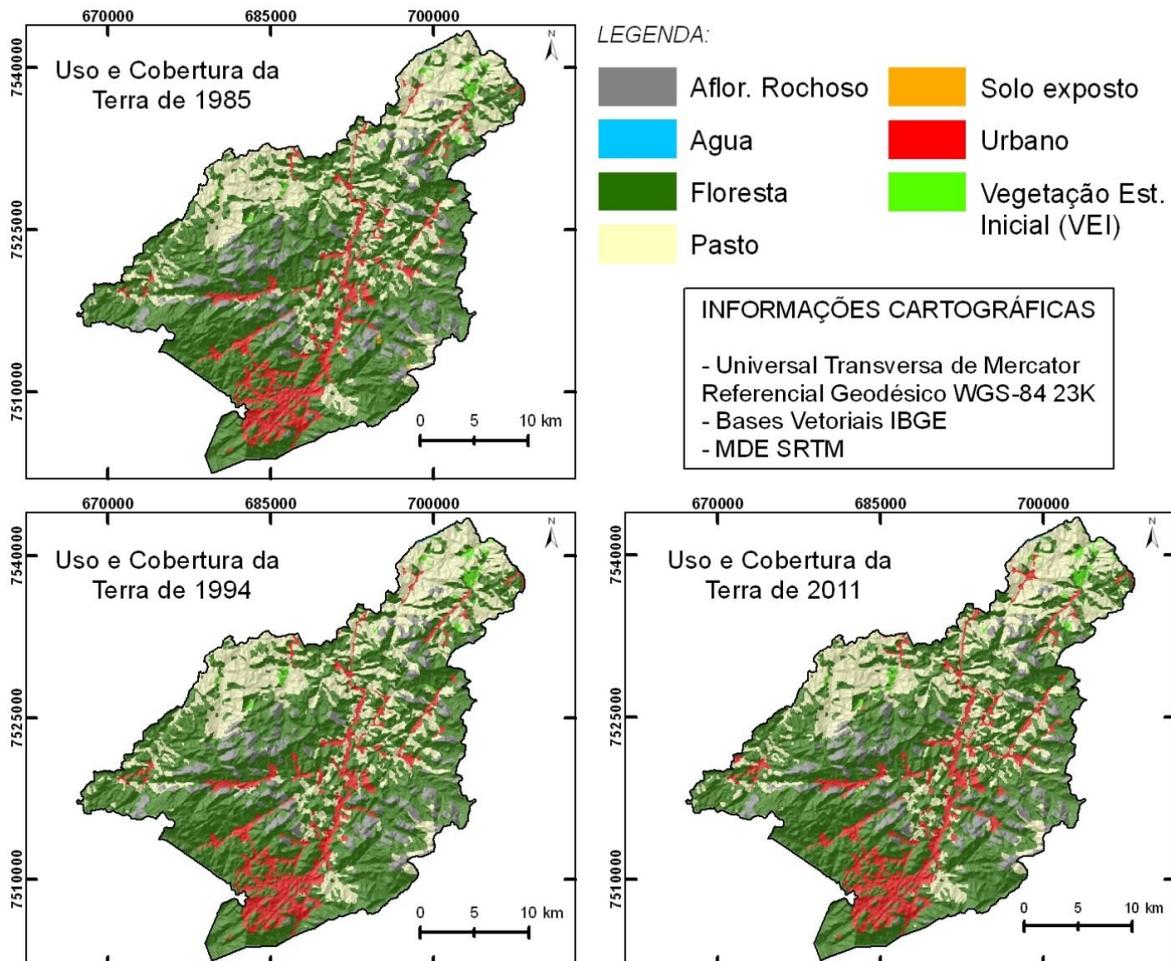


Figura 3. Coberturas da terra de Petrópolis/RJ em 1985, 1994 e 2011.

Tabela 1. Áreas das coberturas da terra de Petrópolis/RJ de 1985, 1994 e 2011.

Classes	1985		1994		2011	
	ha	%	Há	%	ha	%
Afloramento Rochoso	6054	7,62	6054	7,62	6054	7,62
Água	42	0,05	42	0,05	42	0,05

Floresta	47233	59,43	46098	58,01	45463	57,21
Pastagem	18611	23,42	19217	24,18	18959	23,82
Solo Exposto	86	0,11	11	0,01	0	0
Urbano	6940	8,73	7352	9,25	8152	10,26
Vegetação em Estágio Inicial (VEI)	505	0,64	697	0,88	802	1,01

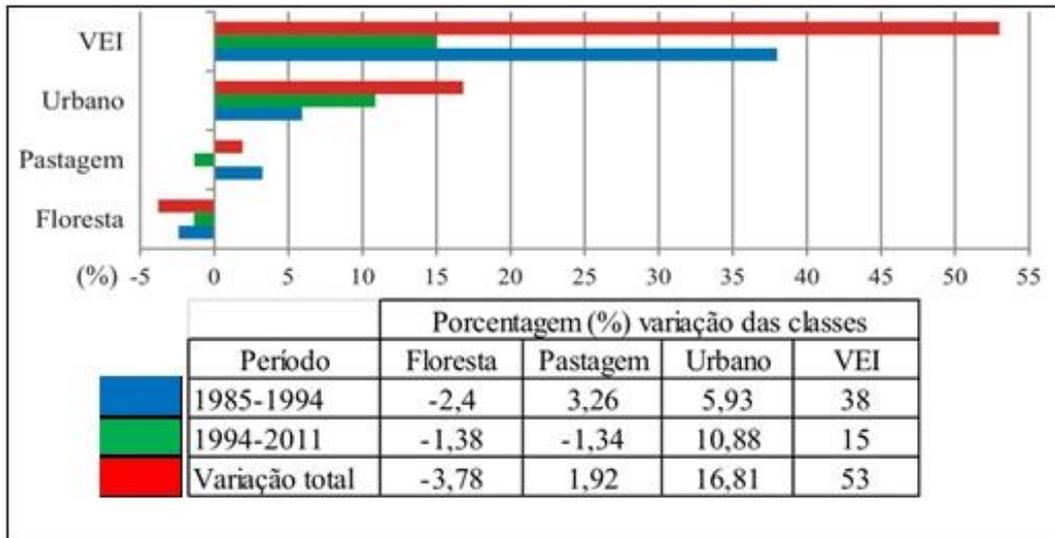


Figura 4. Comportamento das principais mudanças na cobertura da terra.

Análise das mudanças

Após a interseção dos cenários temporais de cobertura da terra de Petrópolis (1985, 1994 e 2011) constatou-se que houve mudança em 2.628 hectares da área total do município, correspondentes à 3,36% de sua área, ou seja, 96,64% da área do município se manteve invariante. Em relação às mudanças, 1806 hectares correspondem a desmatamentos, sendo esta considerada a

mudança mais recorrente na paisagem nos 26 anos de intervalo desta pesquisa. As expansões urbanas correspondem a 1.211 hectares e a regeneração a 354 hectares.

A soma destes fenômenos extrapola a taxa de mudanças observada (2.628 ha), pois supressões de florestas para áreas urbanas, por exemplo, foram inseridas simultaneamente em 2 categorias de mudanças: desmatamentos e expansões urbanas (Figura 5).

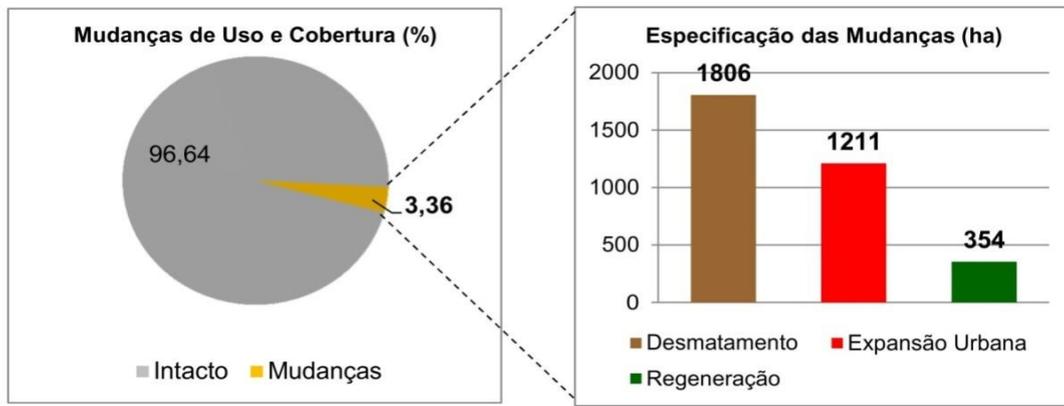


Figura 5. Área (em ha) das principais mudanças na cobertura e uso da terra.

Análise dos desmatamentos

Os desmatamentos foram as mudanças mais recorrentes observadas em Petrópolis. De maneira diferenciada, este fenômeno caiu quase pela metade de um período para outro, de 1.169 hectares entre 1985 a 1994, para 637 hectares entre 1994 e 2011 (Tabela 2).

Numa análise entre os distritos, os 4 primeiros apresentaram taxas bem elevadas, com destaque para Pedro do Rio, com 541 hectares, o maior em extensão territorial. De uma maneira geral, todas os desmatamentos diminuíram de um período para outro, acompanhando a tendência do município.

Outro resultado interessante, diz respeito à qual uso se sucedeu ao desmatamento. De toda a área desmatada, apenas duas sucessões de usos foram observadas: a abertura de áreas de pastagens ou vegetações rasteiras e o acréscimo de área urbana. Em área, 744 ha (42%) deram origem à áreas urbanas, enquanto 1.035 ha (58%) deram origem à áreas de pastagem.

Os desmatamentos que deram origem à áreas urbanizadas foram observados nos distritos mais populosos do município (Petrópolis, Cascatinha e Itaipava), onde se concentram os núcleos urbanos; enquanto que as aberturas de pastagens em áreas florestadas foram observados nos distritos mais rurais e menos populosos do município (Pedro do Rio e Posse), onde há o predomínio de sítios e fazendas (Figura 6).

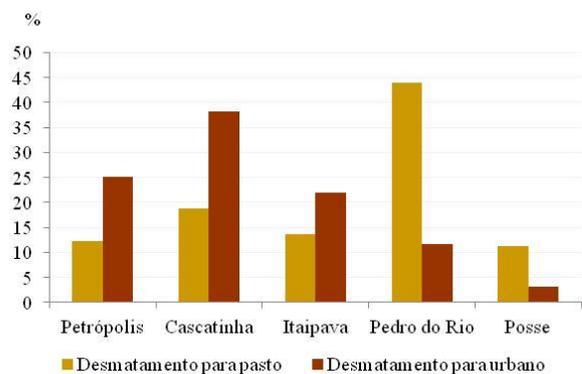


Figura 6. Comparação entre as classes sucessoras dos desmatamentos por distrito.

Análise das expansões urbanas

As urbanizações foram distribuídas de forma diferenciada em cada período. No primeiro período, de 1985 à 1994, 412

hectares foram urbanizados, enquanto que no segundo período, de 1994 à 2011, esta taxa praticamente dobrou para 799 ha (Tabela 2).

Outro resultado analisado, diz respeito à qual cobertura foi substituída para a implementação de áreas urbanas. De toda a área desmatada, apenas duas supressões de coberturas foram observadas: uma em áreas de pastagens e outra em florestas. Em área, 467 ha (39%) de pastagens foram urbanizadas, enquanto que 744 ha (61%) de áreas florestadas foram suprimidas por áreas urbanas.

Os distritos de Petrópolis e Cascatinha, por serem mais montanhosos e recobertos por florestas, apresentaram predominância de urbanizações sobre áreas florestadas, enquanto que os outros 3 distritos apresentaram uma maioria de áreas urbanas sobre pastagens (Figura 7).

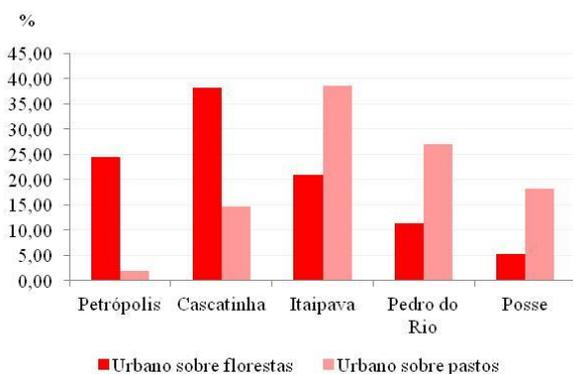


Figura 7. Comparação entre as classes suprimidas por áreas urbanas por distrito.

Análise das regenerações

A regeneração levou em consideração transformações entre as classes que indiquem qualquer nível de recuperação da vegetação, em qualquer escala da sucessão vegetal.

Ao todo, foram observados 354 ha de regeneração no município, sendo 231 ha entre 1985 e 1994. Esta taxa caiu praticamente pela metade no segundo período, entre 1994 e 2011, quando 123 ha de vegetação se recuperaram (Tabela 2).

Todas as regenerações observadas na área de estudo foram de pastagens que se recuperaram para vegetações em estágio inicial (VEI). O distrito mais expressivo na ocorrência deste fenômeno foi a Posse, com 46,42% das áreas de vegetação recuperadas. O distrito de Pedro do Rio também obteve uma taxa significativa com 36,39%. O distrito sede não apresentou nenhuma taxa de regeneração, enquanto que Cascatinha e Itaipava apresentaram valores semelhantes: 8,31% e 8,88% de recuperação vegetal, respectivamente (Figura 8).

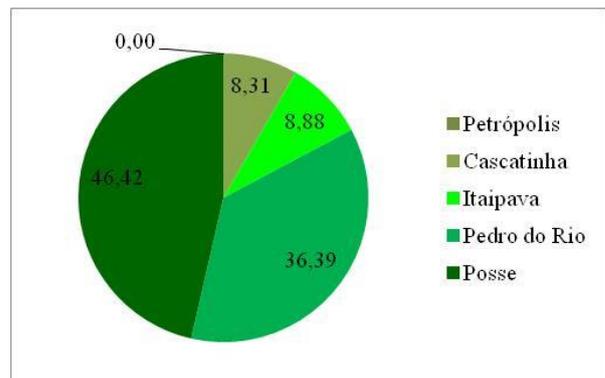


Figura 8. Distribuição percentual das regenerações por distrito.

Tabela 2: Distribuição da área (ha) das mudanças por distrito e por período.

	Desmatamento		Expansão urbana		Regeneração	
	Área (ha)		Área (ha)		Área (ha)	
<i>Distritos</i>	<i>1985 a 1994</i>	<i>1994 a 2011</i>	<i>1985 a 1994</i>	<i>1994 a 2011</i>	<i>1985 a 1994</i>	<i>1994 a 2011</i>
Petrópolis	225	88	98	96	0	0
Cascatinha	258	222	105	241	0	29
Itaipava	219	113	126	202	25	6
P. do Rio	331	209	65	162	96	31
Posse	136	5	18	98	110	57
TOTAL	1169	637	412	799	231	123

O mapa síntese contém todas as mudanças observadas espacializadas nos distritos do município (Figura 9). Através dele, pode-se destacar a ocorrência heterogênia de vetores de transformação em toda a paisagem. É importante observar a predominância das urbanizações nos 3 primeiros distritos, o desmatamento em Pedro do Rio e a regeneração expressiva no distrito da Posse.

Os distritos mais populosos e ocupados do município (1º, 2º e 3º) apresentaram os fenômenos de urbanização ao longo dos vales, com altitudes e declividades elevadas, conforme aponta trabalho anterior realizado por Weckmüller et al. (2013). Além disso, aproximadamente 80% destes acréscimos de área urbana ocorreram à partir de núcleos urbanos antigos, ou seja, núcleos observados nos três cenários desta pesquisa.

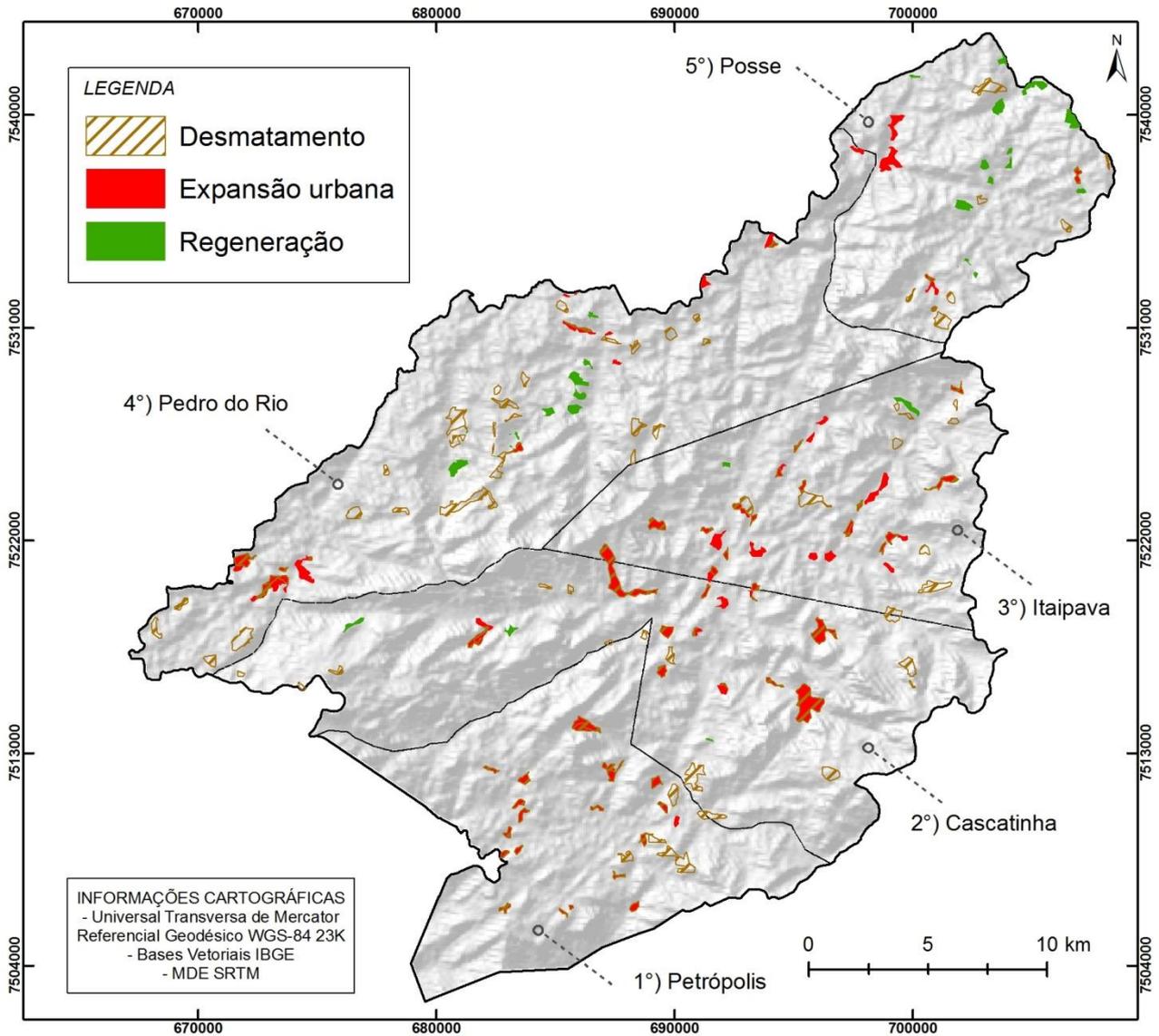


Figura 9. Mapa síntese das mudanças observadas em Petrópolis/RJ, entre 1985, 1994 e 2011.

Conclusão

A utilização de cenários temporais de cobertura da terra para os anos estudados (1985, 1994 e 2011), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, mostrou-se satisfatória para avaliação e análise das modificações e identificação das mudanças. O levantamento de dados a partir das imagens e das classificações, assim como a inserção destes em um banco de dados

geográfico, foi capaz de gerar informações e quantificar estas mudanças.

O método de classificação orientada a objetos foi considerado de alta importância, pois permitiu uma maior automatização do processo de mapeamento, diminuindo o esforço em edições manuais.

O cruzamento dos dados utilizando ferramentas de geoprocessamento foi fundamental para a exatidão dos resultados, pois possibilitou localizar e corrigir a maioria

das inconsistências, de uma maneira mais eficiente. A alta acuidade com o registro das imagens foi fundamental para a baixa ocorrência dessas inconsistências.

No período analisado, o município manteve a maior parte da sua área invariante. Das mudanças observadas, o desmatamento é o mais expressivo, seguido da área urbana e da regeneração da cobertura vegetal. O distrito sede apresentou taxas menores de mudanças, devido à sua ocupação mais antiga. As áreas periféricas foram mais afetadas, porém de maneiras distintas. Em Cascatinha e Itaipava predominam-se as urbanizações, enquanto que em Pedro do Rio e na Posse, os desmatamentos e regenerações foram mais observados.

Dessa maneira, fica a necessidade de estudos mais aprofundados com relação a essas temáticas, que possam, a partir das contribuições do presente trabalho desenvolver futuras pesquisas analisando, elaborando e propondo medidas que possam minimizar as pressões antrópicas que a cada ano vem aumentando no município de Petrópolis.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geografia Física (LAGEF), da Universidade Federal Fluminense (UFF); à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio a esta pesquisa.

Referências

Altmann, A.L.; Eckhardt, R.R.; Rempel, C. (2009) Evolução temporal do uso e cobertura da terra - estudo de caso no município de Teutônia - RS - Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 61/03, p. 273-283.

Baatz, M.; Schape, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *AGIT-Symposium Salzburg, Karlsruhe, 1999.*

Coppin, P.; Jonckheere, I.; Nackaerts, K.; Muys, B.; Lambin, E. (2004) Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, v. 09, n° 05, p. 1565-1596.

Cruz, C.B.M. (2009) Uso de imagens de sensores orbitais na geração de representações espaciais: contexto e aplicação. In: Bicalho, A.M.S.M.; Gomes, P.C.C. (org.) *Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica*. Rio de Janeiro: Publit, pp. 285-310

Cruz, C.B.M.; Vicens, R.S.; Seabra, V.S.; Reis R.B.; Faber, O.A.; Richter, M.; Arnaut, P.K.E.; Araújo, M. (2007) Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Anais. Florianópolis, INPE, 2007. CD-ROM.

Florenzano, T.G. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

Gonçalves, L.F.H.; Guerra, A.J.T. (2006) Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. (Org.). *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand, pp. 189-252.

Guerra, A.J.T.; Gonçalves, L.F.H.; Lopes, P.B.M. (2007) Evolução Histórico-Geográfica da Ocupação Desordenada e Movimentos de Massa no Município de Petrópolis, nas Últimas Décadas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8 n. 1, p. 35-43.

Jensen, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Lu D.; Mausel, P.; Brondizio, E.; Moran, E. (2004) Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, v. 25, n° 12, p. 2365-2407.

Martinelli, M. Cartografia Ambiental, Uma Cartografia Diferente? (1994) *Revista do Departamento de Geografia - USP*, v. 07. p. 61-80.

Monteiro, A.; Lingnau, C.; Souza Júnior, C. (2007) Classificação orientada a objeto para detecção da exploração seletiva de madeira na Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 59/03, p. 225-234.

Santos, R. F. dos. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

Seabra, V.S.; Silva, F.P. O uso do sensoriamento remoto para análise da evolução das manchas urbanas no município de Maricá entre os anos de 1975, 1990 e 2008. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Curitiba, INPE, 2011. CD-ROM.

Singh, A. (1989) Digital Change Detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 10 n° 06, p. 989-1003.

Weckmüller, R.; Vicens, R.S. O uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento para análise multitemporal da expansão urbana no município de Petrópolis/RJ entre 1985, 1994 e 2011. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Foz do Iguaçu, INPE, 2013. CD-ROM.