

Sessão Técnica: Geoprocessamento

APLICAÇÃO AMBIENTAL EM GEOPROCESSAMENTO: ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SAQUAREMA-RJ NOS ANOS DE 1984 E 2014

Arthur Alves Bispo dos Santos, Evelyn de Castro Porto Costa, Rafaella César dos Santos Sousa, Vinicius da Silva Seabra
(Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ/FFP, Rua Dr. Francisco Portela, 1470 - São Gonçalo – RJ, arthurdossantos26@gmail.com)

RESUMO

O município de Saquarema se localiza na baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro, fazendo parte da Região dos Lagos, que é muito conhecida pelas suas riquezas e diversidades naturais, sendo umas das áreas mais frequentadas por turistas de todo o país. Pelas belezas naturais de suas praias, essa cidade atrai principalmente surfistas e turistas de várias partes do Estado, o que contribuiu para o seu crescimento contínuo nas últimas décadas. O presente estudo tem por objetivo mapear a evolução do uso e cobertura da terra do município de Saquarema, entre os anos de 1984 e 2014. A importância dessa análise espacial está associada as discussões a respeito da distribuição urbana e ambiental, possibilitando sua quantificação e a percepção de eventuais conflitos, mudanças territoriais e contextualizações no cenário ambiental atual, podendo vir a subsidiar planejamentos e questões socioambientais, elucidando os principais riscos de degradação do município.

Palavras-chave: Análise multitemporal, Saquarema, Uso e Cobertura, detecção de mudanças.

INTRODUÇÃO

O uso do solo é um termo que se refere ao modo como a terra é usada pelos seres humanos. A cobertura da terra refere-se à distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre (Jensen 2007).

Numa concepção geográfica, a expressão uso da terra designa não somente a tipologia de cobertura do solo existente num determinado local como, fundamentalmente, o conjunto de forças produtivas e relações sociais de produção que condicionam as formas de ocupação e uso de um determinado território (IBGE 1999 *apud* Matias *et al.* 2008).

A análise do uso e cobertura da terra é indispensável para estudos ambientais, urbanos e de qualquer natureza, pois permitem a compreensão da distribuição das atividades humanas no espaço geográfico. Estes levantamentos são essenciais ainda para a análise das mudanças na superfície terrestre e das interações existentes entre o meio biofísico e socioeconômico, sobretudo em áreas em que estes processos ocorrem com grande dinamismo.

O município de Saquarema se localiza a leste do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1) e integra a conhecida Região dos Lagos, que é caracterizada por abranger diversos corpos hídricos, como por exemplo, a lagoa de Araruama, lagoa de Saquarema e lagoa de Maricá. Além disso, pelo município estar localizado no litoral leste do Estado do Rio de Janeiro, tem por característica receber uma alta demanda turística, em busca de praias e lazer, o que é tradicional nessa região.

A cidade possui destaque por suas belas praias, montanhas, cachoeiras e centro histórico voltado para a religiosidade. Entretanto, Saquarema é muito reconhecida pelo seu potencial para as práticas de lazer e turismo costeiro, pois é reconhecida nacionalmente como a Capital do Surf e a Casa do Vôlei Brasileiro, devido ser comum a prática desses esportes em seu litoral. Principalmente o surf, pois suas praias promovem peculiares ondas admiradas por surfistas de todo o país e do mundo, ocorrendo alguns campeonatos em suas praias.

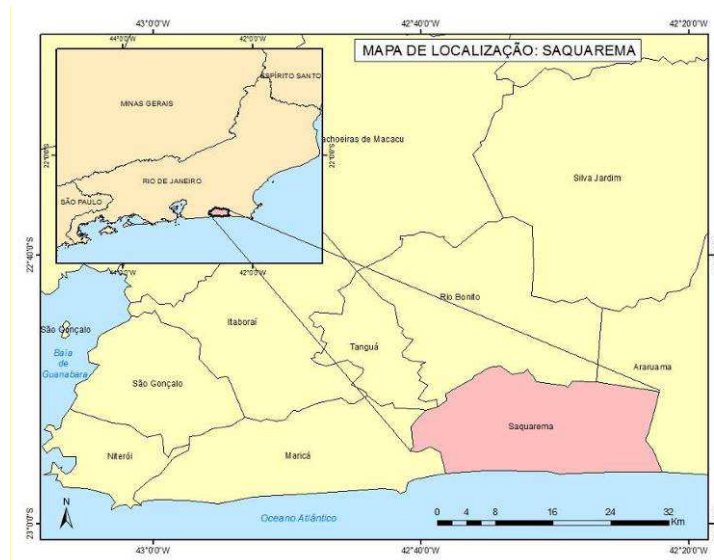


Figura 1. Mapa de localização do município de Saquarema

É importante enfatizar que com tais atrativos turísticos, a demanda de pessoas, hotéis e casas de veraneio têm aumentado. Esse fato se torna preocupante, devido ao solo urbano mais valorizado se situar na zona costeira, que além de ser vulnerável, abriga importantes ecossistemas e biodiversidades. Além do que, esse município abriga parte de importantes unidades de conservação da Região dos Lagos, sendo eles o Parque Estadual Costa do Sol e a APA de Massambaba, respectivamente, de proteção integral e de uso sustentável, no qual preservam remanescentes de vegetação de restinga.

A escolha dos marcos temporais (1984 e 2014) se deve ao fato de que na década de 70 foi construída a rodovia Amaral Peixoto, principal via que liga a região metropolitana do Rio de Janeiro aos municípios da Região dos Lagos, como por exemplo, Saquarema. Sendo assim, o início do processo de urbanização ocorreu principalmente na década de 1980. A fim de comparar tais processos de mudanças e detectar as principais alterações desse espaço, optou-se por realizar o mapeamento de uso e cobertura da terra para os anos de 1984 e 2014, que expressam bem a época anterior à urbanização e a época pós-urbanização, respectivamente. Dessa forma, acompanhar o crescimento contínuo desse município se faz necessário, tendo em vista as muitas pressões que a cidade sofre, principalmente com o aumento da demanda turística nos últimos anos.

Portanto, com o auxílio de ferramentas de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e SIG (sistemas de informações geográficas), este estudo tem por objetivo fazer o mapeamento de uso e cobertura da terra do município de Saquarema, nos anos de 1984 e 2014, proporcionando assim, uma análise multitemporal de 30 anos, no qual será possível analisar o crescimento urbano e a percepção ambiental dessa cidade, podendo vir a subsidiar planejamentos dos órgãos públicos, em questões econômicas, sociais, ambientais e turísticas, elucidando os principais riscos de degradação e conflitos socioambientais no município.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise e investigação acerca da área de estudo foram utilizadas técnicas de classificação digital de imagem, que é o processo de extração de informação em imagens com o objetivo de reconhecer padrões e objetos homogêneos (INPE 2006). A classificação digital é uma das funções prioritárias do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Em sua grande maioria, os mapeamentos temáticos, incluindo o de uso e cobertura da terra, são produzidos a partir da interpretação de imagens, provenientes de diversos tipos de sensores. Os métodos de classificação de imagens são aplicados com o objetivo de criar

representações temáticas de fenômenos, feições e objetos dispostos sobre a superfície terrestre. Estes métodos delimitam porções em que a resposta espectral dos alvos apresenta as mesmas características ou significados.

Para a classificação da imagem, foi utilizada a classificação baseada em objetos. O processo de classificação baseada em objetos utiliza-se de polígonos, gerados no processo de segmentação, para definição dos objetos da imagem a partir de um conjunto de dados, no caso, as bandas, embora possam ser agregadas variáveis de outras naturezas. As características espectrais de forma e relações de vizinhança são as informações utilizadas na descrição destes objetos. A partir destes descritores os objetos podem ser agrupados em categorias com significado ou em classes temáticas (DEFINIENS 2010).

Cruz *et al.* (2007) apontam que a classificação baseada em objetos 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. Segundo Blaschke (2010) a emergência da classificação baseada em objetos surge da necessidade da análise integrada da paisagem através dos seus objetos espaciais, interpretados a partir das suas respostas espectrais, do seu contexto espacial e multiescalar e de dados temáticos terrestres.

A construção dos mapas de uso e cobertura da terra teve início com a aquisição de imagens Landsat 5, sensor TM, para o ano de 1984, e Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI), para o ano de 2014, do site da USGS (Agência Geológica Americana). Elas são datadas de setembro de 1984 e junho de 2014, respectivamente, por conterem a menor interferência de nuvens possível. Segundo Kalaf (2013), as imagens Landsat adquiridas por esse portal possuem erro geométrico inferior a 12 metros, o que possibilita sua utilização em escala de 1:100.000 sem a necessidade de realização de maiores correções.

As classificações baseadas em objetos dos usos e coberturas da terra do município de Saquarema, para os anos de 1984 e 2014, foram realizadas em diferentes etapas. Com a utilização do software Definiens, primeiramente foi realizada a segmentação. Para a classificação de uso e cobertura da terra de 1984, a segmentação foi gerada a partir dos parâmetros de escala 20 (parâmetro de cor/forma 0,1 e suavidade/compacidade 0,5), com pesos iguais para todas as bandas. Para a classificação de uso e cobertura da terra de 2014, a segmentação foi gerada a partir dos parâmetros de escala 100, (parâmetro de cor/forma 0,1 e suavidade/compacidade 0,5), com pesos iguais para todas as bandas. A ocorrência de parâmetros de escalas distintos se deve à utilização de imagens de sensores com características diferentes.

Em seguida foram definidas e estruturadas as classes temáticas, assim como a rede semântica de mapeamento. Foi elaborada uma rede semântica em três níveis, onde no primeiro nível foram mapeadas as classes de areia, água e solo. A classe temática do solo, no segundo nível semântico, foi classificada em áreas úmidas, agropasto, floresta, restinga, salina, afloramento rochoso, solo exposto e áreas urbanas. Por fim, as áreas urbanas foram separadas em urbanização rarefeita e moderada. A construção da rede semântica para estas classificações, assim como os descritores utilizados para cada modelo, estão descritos nas figuras 2 e 3.

Para a classificação de cada classe temática, com exceção das classes editadas manualmente, foram escolhidas de 10 a 15 amostras distribuídas dentro da área de estudo. Em seguida, foi realizada a modelagem, que consiste na definição de descritores para a classificação das regiões produzidas na segmentação. Além das médias das bandas espectrais, da máxima diferença e do desvio padrão, foram utilizados os seguintes descritores: *Built up*, *NDBI*, *NDVI* e mapas temáticos (altitude, declividade e geológico-geomorfológico).

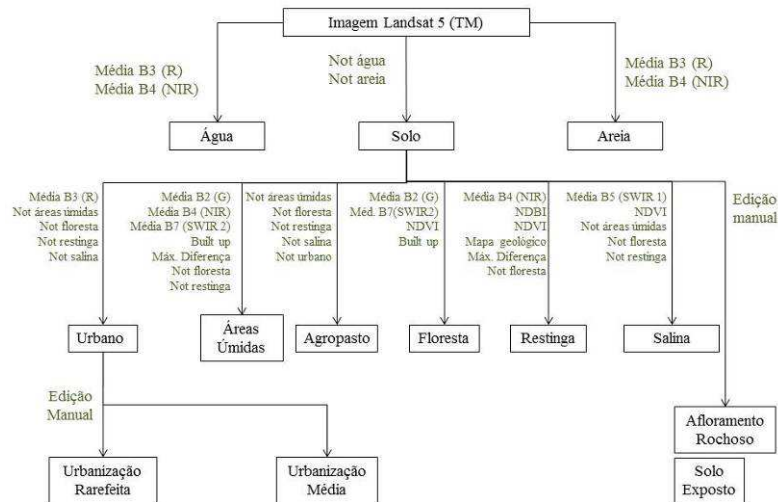


Figura 2. Rede semântica de classificação do uso e cobertura da terra do município de Saquarema para o ano de 1984.

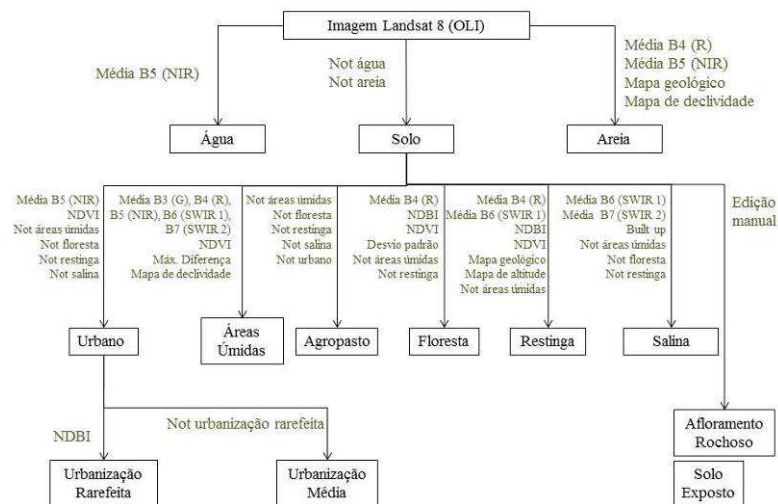


Figura 3. Rede semântica de classificação do uso e cobertura da terra do município de Saquarema para o ano de 2014.

Os mapas temáticos são auxiliares na distinção de determinadas classes em que somente a resposta espectral não estava os separando. O *Built up* e o *NDBI* são utilizados para identificar áreas construídas. O Índice diferença normalizada para áreas construídas (*NDBI*), calculado por Zha et al. (2003), tem grandes aplicações para a identificação de áreas urbanas, enquanto o índice de vegetação por diferença normalizada (*NDVI*), aplica-se na identificação de áreas verdes ou em áreas em que a presença de vegetação é escassa.

As fórmulas destes algoritmos se encontram a seguir:

- $Built\ up = (SWIR1 - NIR) / (SWIR1 + NIR)$
- $NDBI = Built\ up - NDVI$
- $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$

As principais críticas tecidas à mapeamentos temáticos dizem respeito a falta de padrão nas classes utilizadas, assim como em suas definições. Por esse motivo, é importante ressaltar as classes utilizadas com as suas seguintes descrições para a classificação das imagens, que foram as seguintes:

- **Afloramento Rochoso:** exposição natural de uma rocha na superfície;
- **Agropasto:** áreas de agricultura e solos preparados para cultivos, ou vegetação rasteira (gramíneas), caracterizada por pequenas colinas; também característica em áreas não ocupadas.
- **Água:** lagoas, espelho d'água, rios e lagos artificiais;
- **Áreas Úmidas:** áreas de inundação temporária (não permanente);
- **Areia:** cordões arenosos, faixa de praia e dunas;
- **Floresta:** cobertura arbórea típica de mata atlântica, exceto restingas e mangues;
- **Restinga:** cobertura vegetal em depósitos arenosos;
- **Salina:** área de produção de sal marinho pela evaporação de água salgada. Nesta classe foram agrupadas salinas úmidas - ativas, em funcionamento - e salinas secas - desativadas, em que não há mais nenhuma atividade de produção;
- **Solo Exposto:** solos preparados para cultivo ou construção civil e mineração;
- **Urbanização Rarefeita:** áreas de menor ocupação, com lotes vazios (não construídos) intercalando as casas;
- **Urbanização Moderada:** ocupação dada de forma contínua, com poucas interrupções de lotes vazios.

Por fim, foi realizado um trabalho de campo para visualizar a área de estudo e comparar com o resultado do mapeamento, além de facilitar a realização de uma edição manual final entre os usos e coberturas a fim de corrigir algumas discrepâncias dos descritores. Finalmente, foi escolhido o software *ArcGis* para fazer análises espaciais, em que é possível quantificar as classes de uso e cobertura da terra, além de possibilitar também análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento expostas foi possível originar os mapas de uso e cobertura da terra do município de Saquarema, para os anos de 1984 e 2014. Com o resultado obtido é possível fazer análises espaciais e quantitativas da distribuição multitemporal dos tipos de coberturas naturais existentes em seu espaço, os tipos de usos que o homem proporciona a terra e suas possíveis consequências.

O mapa de uso e cobertura da terra, para o ano de 1984 (Figura 4), revela que neste período a classe predominante era o agropasto, ocupando 52,05% da área de estudo. A ocorrência de grande quantidade de agropasto se deve às condições físicas da área, que é geomorfologicamente plana e predominantemente composta por vegetações rasteiras e por colinas. As florestas também se destacam, ocupando 25,99% da área em 1984. Estão dispostas, em sua maioria, nas encostas dos maciços da região. A classe de água, que representa 9,39%, apresenta destaque por conta das lagoas presentes no município, assim como as áreas úmidas, que representam 4,66% em 1984. Vale ressaltar também as classes de restinga, 3,52% da área de estudo, disposta no litoral do município, e as classes de urbano rarefeito (0,33%) e moderado (3,0%), dispostos principalmente no litoral.

No mapa de uso e cobertura, para o ano de 2014 (Figura 5), a classe de agropasto continua predominante, porém com um decréscimo, ocupando agora 45,79% da área de estudo. As classes de floresta e de água também se destacam, sem muitas alterações com relação à 1984. Ocupam agora 25,23% e 9,19%, respectivamente, da área de estudo. As classes que mais se alteram são os urbanos e a restinga. Enquanto as classes de urbano aumentam consideravelmente, a de restinga diminui.

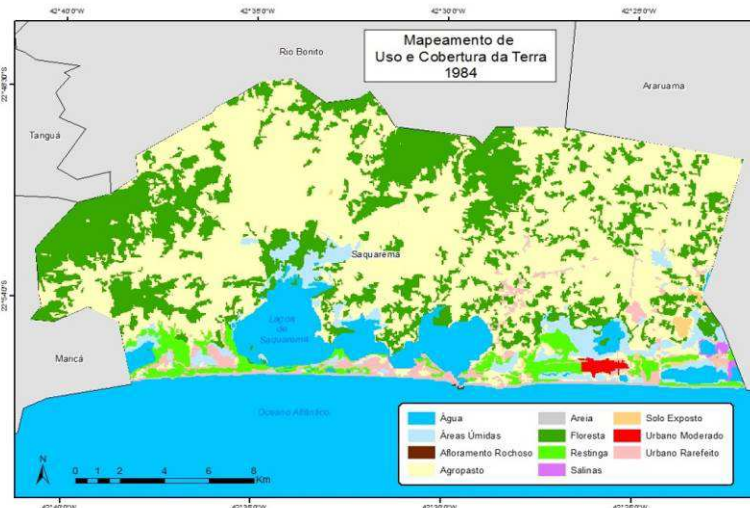


Figura 4. Uso e Cobertura da Terra para o município de Saquarema em 1984

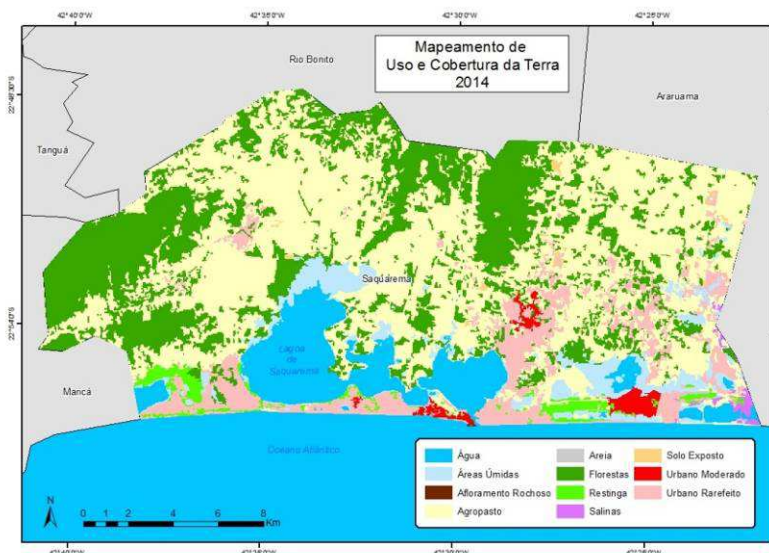


Figura 5. Uso e Cobertura da Terra do município de Saquarema em 2014

Como pode ser visto, as classes de restinga e urbano são encontradas nas porções mais extremas dos mapas, aparecendo em grande parte nas zonas costeiras e ao entorno das lagoas. A restinga, que em 1984 representava 12,55km² (3,52%) da área, atualmente, representa apenas 7,28km² (2,04%). Em contrapartida, o somatório dos urbanos (rarefeito e moderado) é a classe que mais cresceu no decorrer desses 30 anos, passando de 3,33% para 9,85%. Dessa forma, é possível analisar que a perda da área de restinga está diretamente relacionada ao aumento das áreas urbanizadas no município. Isso se deve ao fato de ambas estarem distribuídas espacialmente no litoral, ou seja, áreas urbanas recentes situadas na costa surgiram onde eram restingas em 1984. Vale ressaltar que o crescimento urbano não ocorreu somente em áreas de restinga. Ocorreu também em áreas de agropasto, sendo o responsável pelo decréscimo do percentual da classe de agropasto.

Analisando a distribuição urbana é possível verificar que o urbano moderado tem um crescimento acentuado. Enquanto que em 1984, o urbano moderado, que consiste em ocupações de forma mais contínua, representava apenas 1,17km², atualmente, representa cerca de 3,70km², ou seja, mais que o dobro do percentual anterior. Isso se deve ao fato de que o turismo proporcionou a intensificação da ocupação de Saquarema. Como pode ser visto, as

concentrações de urbano moderado estão localizadas nos bairros próximos as principais praias da cidade e no centro histórico do município, que está mais próximo à rodovia principal.

Tabela 1. Área total e percentual dos usos e coberturas da terra para os anos de 1984 e 2014.

Classes	Área Total 1984 (Km²)	Percentual Total 1984 (%)	Área Total 2014 (Km²)	Percentual Total 2014 (%)
Afloramento Rochoso	0,05	0,01%	0,03	0,01%
Agropasto	185,65	52,05%	163,32	45,79%
Água	33,50	9,39%	32,78	9,19%
Áreas Úmidas	16,61	4,66%	21,69	6,08%
Areia	1,66	0,46%	0,60	0,17%
Floresta	92,70	25,99%	91,05	25,53%
Restinga	12,55	3,52%	7,28	2,04%
Salinas	0,61	0,17%	3,59	1,01%
Solo Exposto	1,48	0,42%	1,20	0,34%
Urbano Moderado	1,17	0,33%	3,69	1,03%
Urbano Rarefeito	10,71	3,00%	31,46	8,82%
Total	356,69	100,00%	356,69	100,00%

Além disso, o urbano rarefeito, que consiste em ocupações mais distribuídas, com concentração de lotes vazios entre as casas, se localiza em grande parte do litoral, e em 1984, possuía 10,71km² e atualmente possui 31,46km². Por ter tido um crescimento intensificado, tal classe foi responsável por devastar parte das restingas que em 1984 existiam de forma significativa e contínua.

A partir dos mapas de uso e cobertura da terra e da tabela, é possível concluir que as classes que mais se alteraram nos últimos anos foram as classes de agropasto, urbano rarefeito, urbano moderado e restinga. Tais alterações ocorreram devido a reconfiguração do município de Saquarema, que ao longo desses 30 anos sofreram fortes pressões por parte do turismo e obteve graves perdas ambientais, como o desmatamento das restingas em seu litoral para dar espaço à ocupação urbana.

CONCLUSÃO

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a construção do mapa de uso e cobertura da terra, com a utilização de classificação orientada a objeto, mostrou resultados muito mais satisfatórios que os métodos tradicionais. Isso refletiu num menor esforço de edição dos mapas finais, além de dados mais precisos para análises e planejamentos.

O levantamento de dados a partir de imagens de satélite, mapas temáticos, trabalhos de campo e bibliografias, assim como a inserção destes em um banco de dados geográfico, tornou possível a geração de informações que são capazes de indicar a ocorrência e localização dos tipos de usos e coberturas da terra no município de Saquarema. A partir disso, é possível desenvolver inferências sobre a necessidade de conservação das coberturas naturais distribuídas e análises sobre a forma em que a terra é apropriada pelo homem para usos econômicos e sociais.

Os resultados apontam que o município de Saquarema vem sofrendo um processo de urbanização em seu litoral, principalmente em áreas que anteriormente eram restingas. Ou seja, a perda de restinga está diretamente relacionada ao aumento de áreas urbanizadas. A partir desse resultado, fica clara a necessidade de se realizar medidas para a conservação das restingas remanescentes, além de um planejamento do crescimento urbano, de forma que os interesses socioeconômicos não prevaleçam sobre questões ambientais.

REFERÊNCIAS

- Blaschke, T. 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Áustria, nº 65 (2010) 2-16.
- Cruz, C.B.M., Vicens, R.S., Seabra, V.S., Reis, R.B., Faber, O.A., Richter, M., Arnaut, P.K.E., Araujo, M. 2007. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil.
- Definiens, The Principles of Definiens Cognition Network Technology. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em Janeiro de 2010.
- Jensen, John R. 2007. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphânio (Cor.) et al. São José dos Campos, SP. 2ª Edição.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tutorial do SPRING. 2006.
- Kalaf, R.; Brasileiro, R.; Cardoso, P.V.; Cruz B.M.C. 2013. Landsat 8: Avanços para mapeamento em mesoescala. 4º Congresso Brasileiro de Geoprocessamento. Rio de Janeiro, RJ.
- Matias, L. F.; Carvalho J.C.B.; Marguti, B.O.; Farias, F.O. 2008. Mapeamento do uso da terra na cidade de Paulínia (SP): desenvolvimento de aspectos metodológicos para detalhamento intra-urbano. In XV Encontro Nacional de Geógrafos (XV ENG), Universidade de São Paulo, São Paulo, Disponível em: <<http://www.ipemultimedia.com.br/agb/xveng.exe>>.
- Zha, Y.; Gao, J; Ni, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 24(3):583–594.