

EVOLUÇÃO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO DO SUL - RS - BRASIL

Rafael Rodrigo Eckhardt

Doutorando em Sensoriamento Remoto
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da UNIVATES
rafare@univates.br

Carlos Alexandre da Silveira

Especialista em Bases Ecológicas para a Gestão Ambiental
dinho@universo.univates.br

Claudete Rempel

Doutora em Ecologia
crempel@univates.br

RESUMO

Com a utilização de imagens de satélite de uma mesma região da Terra, espaçadas no tempo, e das ferramentas computacionais presentes nos sistemas de informação geográficos (SIGs) há a possibilidade que sejam elaboradas comparações, utilizando a dimensão temporal como uma qualidade dos dados adquiridos nos distintos instantes. Esta função do sensoriamento remoto, destinada à análise dos fenômenos temporais, cíclicos ou não, é conhecida por Detecção de Mudanças no Uso e Cobertura da Terra ou ainda Avaliação Temporal. O presente estudo objetivou realizar a análise temporal e espacial da paisagem do município de Bom Retiro do Sul, localizado no nordeste do estado do Rio Grande do Sul. A análise temporal foi realizada a partir de imagens do satélite Landsat 5, dos anos de 1989, 1995, 1999, 2005 e 2011. Os resultados apontaram que as florestas estão aumentando e as áreas de uso agropecuário estão diminuindo no município em estudo. No período analisado, as florestas nativas aumentaram 55%, as florestas industriais aumentaram 106%, as áreas de uso agropecuário tiveram redução de 21,26% e a área urbanizada aumentou 132,57 %.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Análise temporal. Dinâmica da paisagem.

TEMPORAL EVOLUTION OF LAND USE AND LAND COVER - CASE STUDY IN THE BOM RETIRO DO SUL MUNICIPALITY - RS - BRAZIL

ABSTRACT

With the use of satellite images of the same region of the earth, spread out over time, and present computational tools in GIS, allows comparisons to be drawn up using the temporal dimension as a quality of data acquired in different moments. This function of remote sensing for analysis of temporal phenomena, cyclical or not, is known for Detection of Changes in Use and Land Cover Rating or Time. This study aims to perform the analysis of temporal and spatial landscape of the city of Bom Retiro do Sul, located in the northeastern state of Rio Grande do Sul temporal analysis was performed from Landsat 5 satellite images from 1989, 1995, 1999, 2005 and 2011. The results showed that forest are increasing and agricultural areas are decreasing in the city. Over this period, native forests increased 55% and exotic forest areas increased 106%. In the same period, the agricultural areas decreased by 21.26% and urbanized area increased 132.57%.

Keywords: Remote sensing. Temporal analysis. Landscape dynamics.

Recebido em 10/03/2013
Aprovado para publicação em 08/07/2013

INTRODUÇÃO

A história do Planeta Terra é repleta de constantes transformações capazes de evidenciar uma sucessão de estados que se alternam entre situações de equilíbrio e não equilíbrio, resultando em diferentes paisagens. Uma paisagem é, então, a expressão de processos compostos de uma sequência de mudanças que ocorreram em determinada fração de tempo. Mudanças ocorreram e ocorrem desencadeadas pela ação de agentes naturais em um passado distante e agentes naturais e humanos no tempo presente. A paisagem que vemos hoje é um retrato dos acontecimentos do passado e, sem dúvida, não será a mesma no futuro (SANTOS, 2007).

O homem desenvolveu grande capacidade de apropriação e transformação do meio em que vive, utilizando o quanto o meio possa lhe dar, mas não desenvolveu, concomitantemente, a consciência e o conhecimento necessário a respeito das limitações desse espaço, usando-o, muitas vezes, de forma descontrolada e desmedida (SANTOS, 2007). Segundo Refosco (2007) e Milaré (2006), a ocupação do espaço pelo homem interfere e promove diversas modificações no ambiente.

Santos (2007) afirma que a forma como se dá a ocupação do espaço tem provocado sucessivos e inúmeros problemas ambientais, como a degradação da cobertura vegetal, perda de biodiversidade, obstrução e alteração da rede de drenagem, transmissão de doenças de veiculação hídrica, contaminação e poluição do ar, água e solo, perda de terras produtivas, desencadeamento de processos erosivos, entre outros tantos. De acordo com Milaré (2006), uma vez que o crescimento é um imperativo, impõe-se discutir os instrumentos e os mecanismos que conciliem obras e projetos desenvolvimentistas com a redução dos impactos ecológicos e, conseqüentemente, os custos socioeconômicos.

Segundo Soares Filho (1998), para estudar a dinâmica da paisagem, é necessário, em primeiro lugar mapear os padrões de uso e cobertura da terra e avaliar como cada elemento da paisagem se relaciona com o outro de forma espacial e temporal. Sendo assim, o uso e cobertura da terra é um tema básico, pois retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. É uma ponte essencial para a análise de fontes de poluição e um elo importante de ligação entre as informações dos meios biofísicos e socioeconômicos. Em geral, as classes de uso e cobertura da terra são identificadas, espacializadas, caracterizadas e quantificadas. 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 (SANTOS, 2004).

Das classes de uso e cobertura da terra, pelo seu potencial como indicador, a vegetação é um tema muito valorizado. É um elemento do meio natural muito sensível às condições e tendências da paisagem, reagindo distinta e rapidamente às variações. A vegetação pode mudar abruptamente, em curtos períodos de tempo e dentro de pequenas distâncias. Seu estudo permite conhecer, por um lado, as condições naturais do território e, por outro lado, as influências antrópicas recebidas, podendo-se inferir, globalmente, a qualidade do meio. A delimitação da vegetação em datas diferentes indica as mudanças, sua direção e a velocidade ao longo do tempo, permitindo compreender o cenário atual e reconstruir os cenários passados. Além disso, o mapeamento da vegetação é a forma mais comum encontrada para a tomada de decisões relativas à conservação de ecossistemas naturais ou à recuperação da cobertura vegetal (SANTOS, 2004).

A análise do processo de urbanização, suas conseqüências e a compreensão da estrutura e dinâmica da população, são relacionadas com os aspectos demográficos, que se relacionam diretamente à ocupação física do espaço, no adensamento e expansão das cidades (SANTOS, 2004). Outra classe de uso e cobertura da terra destacada são os usos agropecuários. Esta classe representa um uso direto pela humanidade para a produção de alimentos e mantimentos diversos. Ao mesmo tempo, as áreas agropecuárias, quando não gerenciadas da forma adequada, podem promover danos e impactos ambientais diversos. Além disso, a expansão ou redução das áreas agropecuárias reflete, respectivamente, na redução e regeneração das florestas.

Para Gioto (1981), o monitoramento do uso e cobertura da terra tem importância dobrada, pois além de permitir avaliar as alterações antrópicas provocadas, fornece informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais, favorecendo o surgimento de

instrumentos para a previsão de safras, para avaliação da cobertura florestal, para determinação de novas áreas de expansão agrícola e florestal e outras.

Os mapas que expressam as classes de uso e cobertura da terra são elaborados a partir da interpretação de imagens obtidas por sensores remotos, sendo os dados modelados e trabalhados em um SIG - Sistema de Informação Geográfica (SANTOS, 2004). O advento dos satélites de sensoriamento remoto favorece a realização de estudos que correlacionam o uso de imagens orbitais com as propriedades físicas, químicas e biológicas dos elementos constituintes da superfície terrestre (HUETE, 1988). A utilização de imagens de satélite está em constante avanço, principalmente no acompanhamento do desmatamento, na preservação ambiental e na identificação de impactos causados pela ação humana (FLORENZANO, 2002). Em relação aos SIGs, Santos (2004), Garcia et al. (2006) e Moraes (2000) consideram que estes são instrumentos vitais para a condução dos métodos de integração dos principais temas ambientais e que a capacidade de alguns desses sistemas de coletar e cruzar conjuntos de dados é quase ilimitada. Segundo Câmara e Medeiros (1998), os SIGs utilizam operações matemáticas e métodos computacionais para o tratamento das informações, por meio de correlações espaciais, temáticas, temporais e topológicas. Entre as principais utilizações destacam-se a produção de mapas, a análise espacial e o banco de dados geográficos, com funções de armazenamento, cruzamento e recuperação de dados.

Santos (2007) aponta que o planejamento do uso e cobertura da terra em áreas urbanas e rurais é competência municipal. Ranieri (2000) também indica que há uma convergência de autores inclinados pelo uso de espaços territoriais com autonomia administrativa como unidade territorial básica para o planejamento ambiental. Segundo o autor, a adoção de limites municipais evita excessivas generalizações nas etapas da pesquisa e análise, permite a participação dos atores sociais envolvidos e torna possível a execução das políticas públicas.

A disponibilidade de imagens de satélite, de uma mesma região da Terra, espaçadas no tempo, e das ferramentas computacionais presentes nos SIGs permitem que sejam elaboradas comparações, utilizando a dimensão temporal como uma qualidade dos dados adquiridos nos distintos instantes, qualificando as informações obtidas. Esta função do sensoriamento remoto, destinada à análise dos fenômenos temporais, cíclicos ou não, é conhecida por Detecção de Mudanças no Uso e Cobertura da Terra ou ainda Avaliação Temporal (HUANG et al., 2000).

Exemplos de estudos de análise temporal, no Brasil, foram realizados na floresta amazônica, no norte do estado do Pará, para as datas de 1984 e 1991 (ALENCAR et al., 1996) e na região leste do Pará, para os anos de 1985 e 1995 (WATRIN et al., 1998). Em bacias hidrográficas foram realizados estudos de análise temporal por Duarte e Brito (2005), na bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, localizada na região de Uberlândia de Minas Gerais.

O Rio Grande do Sul sofreu um declínio representativo na cobertura vegetal desde o século passado, principalmente a partir das imigrações alemã e italiana. Estudos recentes apontaram que a área coberta por florestas naturais no Estado do Rio Grande do Sul aumentou 11,91% de 1982 a 2000. A área atual é composta por 13,5% de florestas nativas em estágio médio e avançado e 4,03% em estágio inicial de sucessão (RIO GRANDE DO SUL, 2002). Estudos de evolução temporal realizados em uma bacia hidrográfica, localizada próxima à área de estudo e com características físicas semelhantes, apresentaram resultados similares aos obtidos no Estado do RS (REMPEL et al., 2001). Esses estudos indicam que existe uma tendência natural e atual de regeneração e recuperação das áreas florestais suprimidas no passado no Rio Grande do Sul.

O presente estudo objetivou realizar a análise espaço-temporal das áreas com coberturas florestais, das áreas de uso agropecuário e da área urbana do município de Bom Retiro do Sul e reconstruir a dinâmica da paisagem no período de 1989 a 2011 dessas classes de uso e cobertura da terra.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Bom Retiro do Sul localiza-se ao sul do Vale do Taquari, na região Centro-Leste do Rio Grande do Sul (Figura 1). A sede do município localiza-se a 29º 37' 33" S 51º 56' 41" W, apresenta área de 102,30 km² e 11.472 habitantes (IBGE, 2010).

A análise temporal foi realizada a partir de um conjunto de imagens do Sensor TM, do satélite Landsat 5, obtidas de forma gratuita do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. A

investigação foi realizada do ano de 1989 até o ano de 2011, período que compreende 22 anos. A Tabela 1 apresenta a relação e as principais características das imagens de satélite utilizadas na análise proposta.

Figura 1. Localização do município de Bom Retiro do Sul

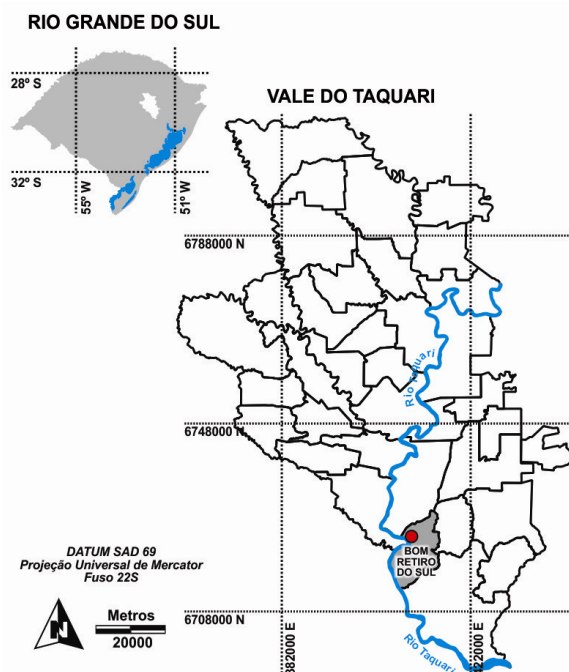


Tabela 1. Relação das imagens do satélite Landsat utilizadas no estudo.

Data da Imagem	Satélite	Órbita - Ponto	Resolução Espacial	Bandas Usadas
03/08/89	Landsat 5	222.080	30 m	3, 4 e 5
23/04/95	Landsat 5	221.081	30 m	3, 4 e 5
12/11/99	Landsat 5	221.081	30 m	3, 4 e 5
04/05/05	Landsat 5	221.081	30 m	3, 4 e 5
05/05/11	Landsat 5	221.081	30 m	3, 4 e 5

As imagens de satélite obtidas em diferentes datas e por diferentes sensores apresentam variações nos ângulos de incidência solar, nas condições atmosféricas, na umidade do solo e, também, diferenças na calibração dos sensores que as geraram. Para que estas imagens possam ser utilizadas na detecção de mudanças estes efeitos precisam ser eliminados ou minimizados. A minimização dessas influências se dá através da chamada normalização radiométrica (JENSEN, 1996; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Pré-processamento das imagens de satélite

Os procedimentos metodológicos relacionados com o pré-processamento das imagens de satélite apresentadas na Tabela 1, como o georreferenciamento, o registro e o recorte foram realizados no software ENVI 4.5 (ITT, 2008), enquanto que a análise temporal foi implementada no SIG Idrisi (EASTMAN, 2003). Do conjunto de bandas do satélite Landsat 5 disponibilizadas foram utilizadas as bandas 3 (Vermelho), 4 (Infravermelho Próximo) e 5 (Infravermelho Médio), uma vez que estas bandas são indicadas para trabalhos que envolvam a análise das coberturas florestais, culturas anuais, de solo exposto, espelhos de água e áreas urbanas. Assim sendo, as etapas de registro e recorte foram realizadas somente nestas bandas.

O georreferenciamento consiste em um processo que concede a uma imagem um sistema de coordenadas do mundo real e corrige eventuais deformações decorrentes do processo de aquisição da imagem de satélite. O georreferenciamento foi realizado na imagem de 2011, utilizando 10 pontos de controle medidos na carta topográfica de Estrela, em escala 1:50.000, elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG, 1980). O erro médio quadrático (RMS) do georreferenciamento foi controlado com valor inferior a 1 pixel, ou seja,

inferior a 30 metros. As imagens de satélite de 1989, 1995, 1999 e 2005 foram registradas utilizando a imagem georreferenciada de 2011 como referência. Esta etapa também foi realizada com a marcação de 10 pontos de controle, com controle do RMS de até 1 pixel. A distribuição dos pontos de controle foi realizada de modo que cada quadrante da área de estudo recebesse, pelo menos, 20% do total de pontos. Por último, a disponibilidade do limite municipal de Bom Retiro do Sul permitiu a criação de uma máscara para realizar o recorte das bandas georreferenciadas do conjunto de imagens.

Classificação das Áreas Florestais Nativas

De acordo com Ponzoni e Shimabukuru (2007), a identificação de objetos em imagens produzidas por sensores remotos mediante interpretação visual é eficaz quando o interesse é acessar as características geométricas e a aparência geral desses objetos. Contudo, o uso do computador para o tratamento digital das imagens possibilita a análise de tantos pixels e de tantas bandas quanto forem necessárias. As técnicas de classificação digital envolvem a utilização de métodos pelos quais pixels são associados a classes, de acordo com características espectrais. A classificação digital é um processo de reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos. Neste processo, os *pixels* semelhantes às amostras de treinamento são mapeados para uma única classe de uso e cobertura da terra e constituem a legenda do mapeamento pretendido.

As áreas de Bom Retiro do Sul com floresta nativa, enquadradas como Floresta Estacional Decidual, composição florestal que integra a vegetação do Bioma Mata Atlântica, foram classificadas pelo método supervisionado da Máxima Verossimilhança Gaussiana, que utiliza apenas a informação espectral de cada pixel para definir regiões homogêneas e se fundamenta em métodos estatísticos (PONZONI e SHIMABUKURU, 2007). As amostras de treinamento utilizadas para treinar o classificador foram coletadas sobre a composição colorida, procurando compreender toda a variação dos níveis de cinza das áreas florestais nativas. As imagens temáticas resultantes das áreas florestais, para cada ano analisado, foram validadas de forma heurística, ou seja, foi avaliado o ajuste visual da imagem classificada com a composição colorida e com pontos de controle terrestres medidos em campo para os resultados referentes ao ano de 2011.

Classificação das Florestas Industriais

Da mesma forma que as áreas de floresta nativa, as áreas de floresta industrial (exóticas) foram classificadas com base em amostras representativas do tema e com a utilização do classificador supervisionado da Máxima Verossimilhança Gaussiana. Em função da similaridade espectral das duas classes de vegetação, confusões foram adequadas com a utilização das técnicas de álgebra de mapas. As técnicas de álgebra de mapas permitem que sejam realizadas operações de multiplicação, divisão, soma, subtração, entre outras operações entre imagens temáticas, permitindo adequar pixels classificados erroneamente pelo procedimento de classificação e identificadas pela etapa de validação heurística.

Mapeamento das Áreas Urbanizadas

O mapeamento da área urbanizada de Bom Retiro do Sul foi realizado a partir da reclassificação dos níveis de cinza das bandas correspondentes ao vermelho visível, isto é, da banda 3 das imagens utilizadas. A banda correspondente ao vermelho foi utilizada por ser mais sensível com a curva espectral das áreas urbanas em relação às demais bandas disponíveis, ou seja, o comportamento espectral das áreas urbanizadas apresenta maior reflectância nesta faixa do espectro eletromagnético, característica que permite separar as referidas áreas dos demais usos presentes no município. Este procedimento foi utilizado por apresentar melhores resultados, inclusive em relação aos métodos de classificação supervisionada, utilizando as 3 bandas multiespectrais. A validação da área urbana mapeada em cada ano analisado foi realizada de forma heurística, com base na imagem utilizada em nível de cinza e também com base em composições coloridas RGB.

Mapeamento da Hidrografia

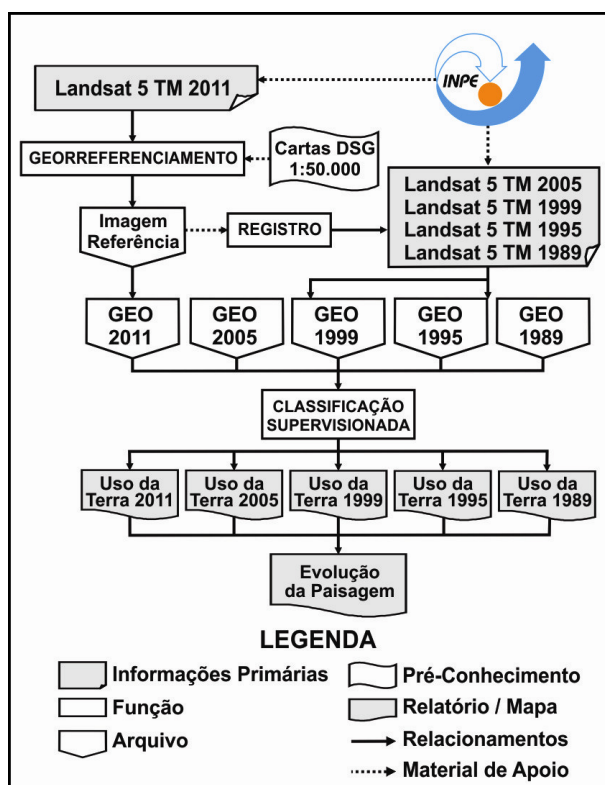
Uma vez que as imagens de satélite utilizadas não apresentam resolução espacial para a classificação ou vetorização completa da rede de drenagem, estas informações foram extraídas da carta topográfica de Estrela, na escala 1:50.000. A hidrografia presente na área de estudo foi vetorizada por digitalização em tela a partir da carta topográfica e convertida para o

formato *raster* com a mesma resolução espacial do conjunto de imagens de satélite utilizadas, ou seja, de 30 metros. Após esta etapa foi realizado um overlay sobre as demais classes de uso e cobertura da terra.

Mapeamento das Áreas de Uso Agropecuário

Os demais usos presentes na área de estudo foram agrupados em uma única classe temática, representada pelas áreas de uso agropecuário. Uma vez que a delimitação das áreas com floresta nativa, com vegetação exótica, urbanizadas e de hidrografia foi descrita acima, o restante da paisagem do município consiste de áreas de uso agropecuário. A Figura 2 apresenta o fluxograma simplificado que ilustra os materiais utilizados e as principais etapas metodológicas adotadas na avaliação temporal da paisagem de Bom Retiro do Sul.

Figura 2. Fluxograma metodológico da avaliação temporal realizada em Bom Retiro do Sul



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados para cada imagem de satélite analisada neste estudo. Como descrito no capítulo da Metodologia, foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM do satélite Landsat 5, de 1989, 1995, 1999, 2005 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra de 1989

A análise da imagem de satélite de 1989 revelou que 10,58 % do município conservavam áreas florestais nativas e 8,33% com floresta Industrial, enquanto as áreas de uso agropecuário somavam 74,73% da área e 5,05 % de hidrografia. Os 1,32% das áreas restantes correspondiam à área urbanizada (Tabela 2 e Figura 3).

Tabela 2. Cenário de uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 1989

Classe de Uso da Terra	Área (km ²)	%
Florestal Industrial	8,56	8,33
Floresta Nativa	10,87	10,58
Uso Agropecuário	76,80	74,73
Área Urbanizada	1,36	1,32
Hidrografia	5,18	5,04
Total	102,77	100,00

A análise do cenário de uso e cobertura da terra do ano de 1989 revelou a predominância de áreas de uso agropecuário, distribuídas por todo o município. As áreas florestais nativas e industriais consistiam de fragmentos residuais, restritos na época aos topos dos morros, às altas declividades e compoendo as matas ciliares em pontos isolados.

Uso e Cobertura da Terra de 1995

A análise da imagem de satélite de 1995 revelou uma tendência de redução das áreas de uso agropecuário e um consecutivo aumento das áreas florestais nativas e industriais em relação ao ano de 1989. Além disso, houve um aumento da área urbanizada nesse período. Em 1995 as áreas florestais nativas somavam 12,69%, as florestas industriais somavam 11,09%, as áreas de uso agropecuário totalizavam 69,43% e as áreas urbanizadas representavam 1,75% do município (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 3. Cenário de uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 1995

Classe de Uso da Terra	Área (km ²)	%
Florestal Industrial	11,40	11,09
Floresta Nativa	13,04	12,69
Uso Agropecuário	71,35	69,43
Área Urbanizada	1,79	1,75
Hidrografia	5,18	5,04
Total	102,77	100,00

Figura 3. Mapa do uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 1989

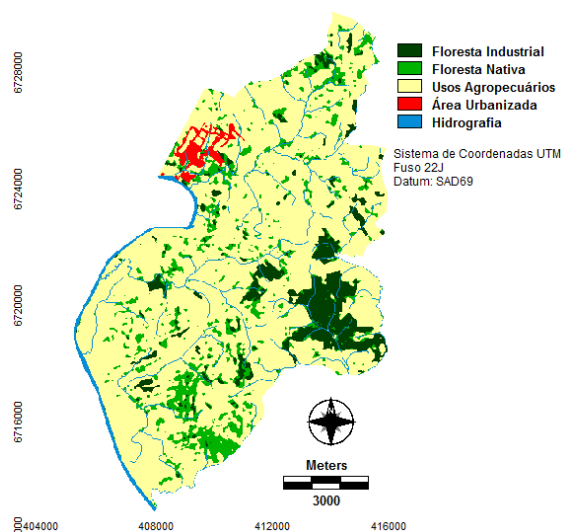
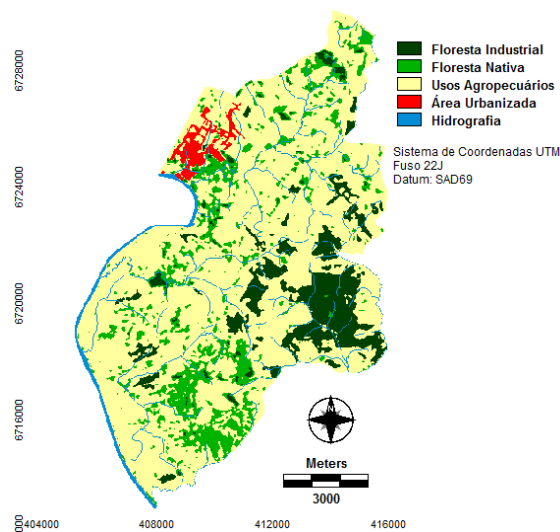


Figura 4. Mapa do uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 1995



Uso e Cobertura da Terra de 1999

A análise da imagem de satélite de 1999 confirmou a tendência de regeneração das áreas florestais nativas nas bordas dos fragmentos florestais existentes e em áreas de uso agropecuário abandonadas. O abandono das áreas de uso agropecuário, principalmente de áreas com elevada declividade, esteve relacionado com o processo de êxodo rural, que levou diversas famílias a fixarem moradia e exercerem atividades remuneradas na cidade de Bom Retiro do Sul, processo que foi registrado em todo o Brasil.

Em 1999, 13,50% do município conservavam áreas florestais nativas e 10,15% com florestas industriais, enquanto as áreas de uso agropecuário somavam 69,15%. A área urbanizada manteve tendência de expansão, representando 2,16% do município em 1999. A Tabela 4 apresenta o cenário de uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul do ano de 1999, enquanto a Figura 5 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra do município de Bom Retiro do Sul para o mesmo ano.

Tabela 4. Cenário de uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 1999.

Classe de Uso da Terra	Área (km ²)	%
Florestal Industrial	10,43	10,15
Floresta Nativa	13,87	13,50
Uso Agropecuário	71,06	69,15
Área Urbanizada	2,21	2,16
Hidrografia	5,18	5,04
Total	102,77	100,00

A análise do mapa de uso e cobertura da terra e dos dados quantitativos de 1999 mostrou a mesma tendência de evolução da paisagem do período anterior. Destaca-se o processo de urbanização, crescente em todo o país naquela época.

Uso e Cobertura da Terra de 2005

A análise da imagem de satélite de 2005 confirmou a tendência e a intensificação da alteração da paisagem registrada nos períodos anteriores. Em 2005, 13,14% do município apresentavam cobertura florestal nativa e 10,26% compreendia floresta industrial, enquanto as áreas de uso agropecuário somavam 68,71% da área de estudo. A área urbanizada manteve a tendência de forte expansão, representando 2,84% da área do município em 2005 (Tabela 5 e Figura 6).

Tabela 5. Cenário de uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 2005.

Classe de Uso da Terra	Área (km ²)	%
Florestal Industrial	10,54	10,26
Floresta Nativa	13,51	13,14
Uso Agropecuário	70,61	68,71
Área Urbanizada	2,92	2,84
Hidrografia	5,18	5,04
Total	102,77	100,00

Figura 5. Mapa do uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 1999

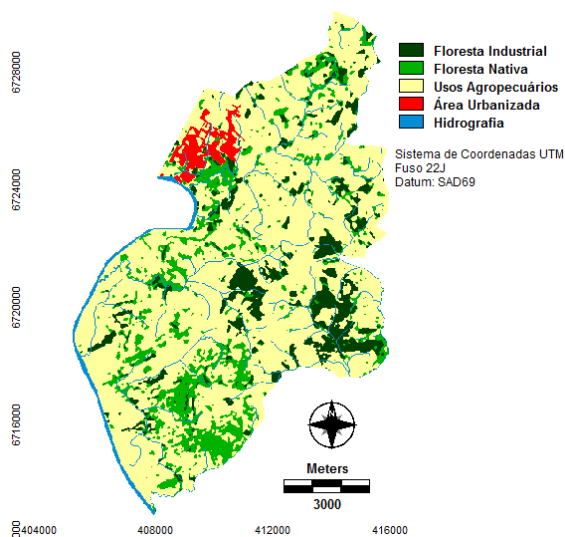
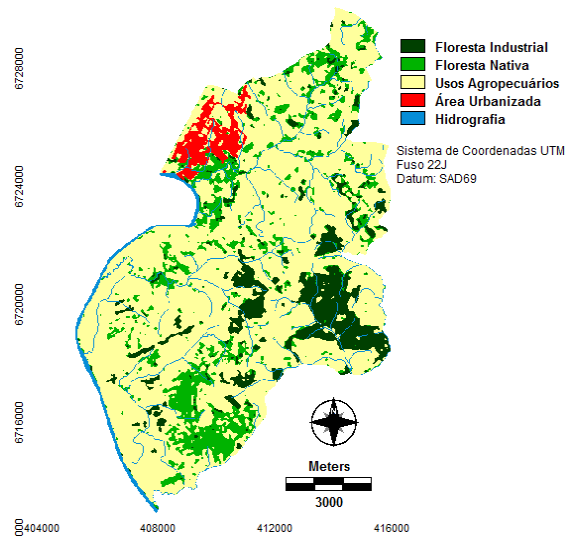


Figura 6. Mapa do uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 2005



A análise do cenário de uso e cobertura da terra de 2005 permitiu constatar um processo de densificação das áreas florestais industriais e das áreas urbanizadas. Observou-se também que houve significativa recuperação da cobertura florestal nativa, principalmente nas áreas mais declivosas do município, em comparação ao primeiro ano de análise. A referida análise pode ser constada ao comparar os resultados dos vários mapas de uso e cobertura da terra com o mapa de declividade do município (Figura 8). Além disso, a área urbana seguiu a tendência de expansão e em um período de 16 anos dobrou sua área. Ao observar o mapa de uso e cobertura da terra de 2005 percebeu-se que as áreas de uso agropecuário, apesar de

apresentarem tendência de redução da área total utilizada, mantiveram-se ou até foram ampliadas nas áreas mais planas, característica que favorece a mecanização da produção e maior produtividade.

Uso e Cobertura da Terra de 2011

A análise da imagem de satélite de 2011 ratificou o aumento da floresta nativa, da floresta industrial e da área urbanizada no município, com a consecutiva redução das áreas de uso agropecuário. Em 2011, 15,81% do município conservavam áreas florestais nativas e 17,23% apresentavam florestas industriais, enquanto as áreas de uso agropecuário somavam 58,84% da área. A área urbanizada manteve a tendência de expansão, representando 3,07% do município em 2011. A Tabela 6 apresenta o cenário de uso e cobertura da terra do município de Bom Retiro do Sul do ano de 2011, enquanto a Figura 7 apresenta o mapa de uso e cobertura da terra para o mesmo ano.

Tabela 6. Cenário de uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 2011

Classe de Uso da Terra	Área (km ²)	%
Florestal Industrial	17,71	17,23
Floresta Nativa	16,25	15,81
Uso Agropecuário	60,47	58,84
Área Urbanizada	3,15	3,07
Hidrografia	5,18	5,04
Total	102,77	100,00

Figura 7. Mapa do uso e cobertura da terra de Bom Retiro do Sul de 2011.

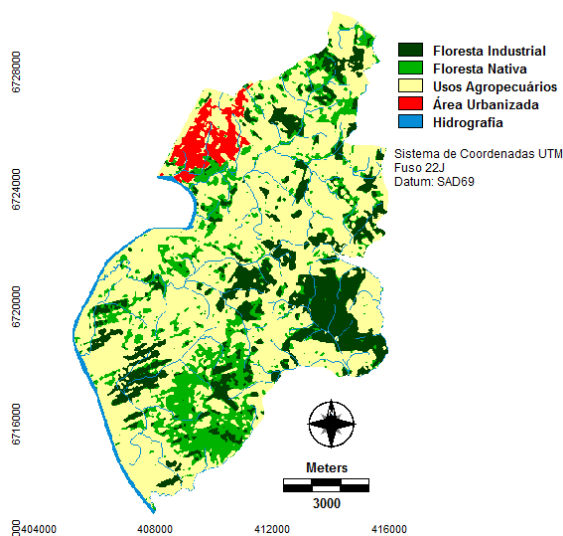
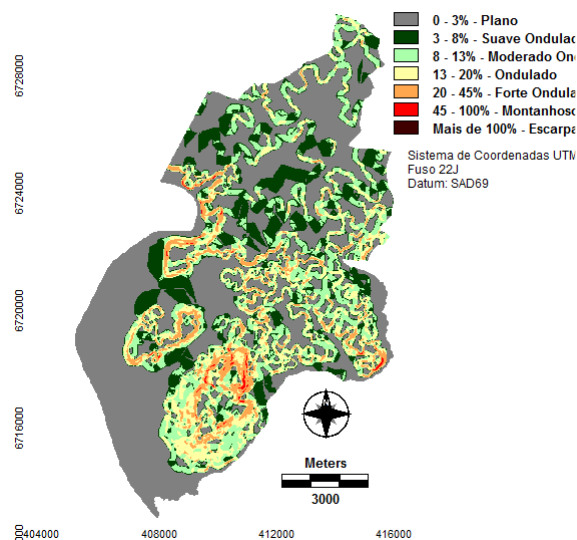


Figura 8. Mapa de Bom Retiro do Sul apresentando as classes de declividade.



De acordo com a classificação de Ramalho Filho e Beek, 1995.

Dinâmica da Paisagem de Bom Retiro do Sul

A configuração espacial da paisagem, expressa pelos mapas de uso e cobertura da terra, decorre das ações naturais e antrópicas sobre esta. Assim sendo, a dinâmica da paisagem envolve, basicamente, a evolução espacial do sistema ao longo do tempo. As Tabelas 7 e 8 e a Figura 9 apresentam a síntese da dinâmica da paisagem de Bom Retiro do Sul no período de 1989 a 2011.

A análise da Figura 8 aponta que as áreas florestais nativas e industriais aumentaram no período de 1989 a 2011, sendo que este aumento intensificou-se na última década. Em 1989 as áreas florestais nativas representavam 10,58% da área do município e em 2011 representavam 15,81% do município. As florestas industriais representavam 8,33% em 1989 e

em 2011 representam 17,23%. O aumento das áreas florestais nativas no município, no período analisado, foi de 49,49% e das Florestas Industriais foi de 106,89%.

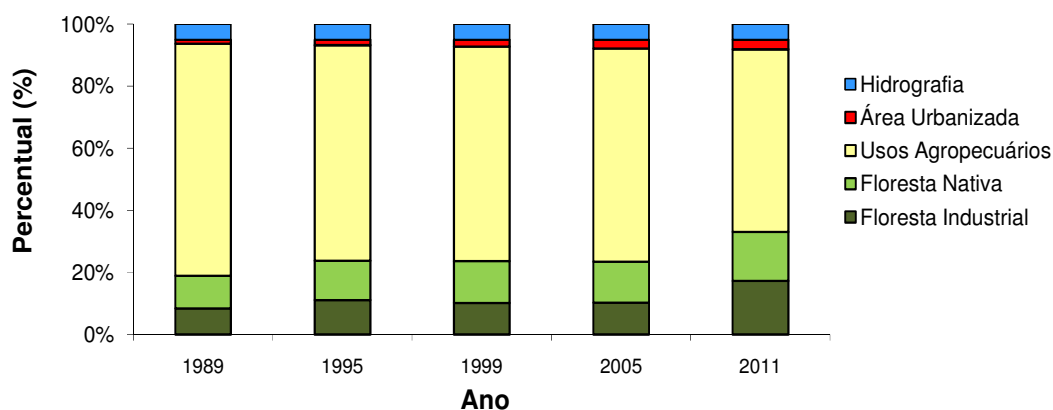
Tabela 7. Síntese da evolução da paisagem de 1989 a 2011

Ano	Floresta Nativa (km ²)	Floresta Industrial (km ²)	Área Urbanizada (km ²)	Uso Agropecuário (Km ²)	Hidrografia (km ²)
1989	10,87	8,56	1,36	76,80	5,18
1995	13,04	11,40	1,79	71,35	5,18
1999	13,87	10,43	2,21	71,06	5,18
2005	13,51	10,54	2,92	70,61	5,18
2011	16,25	17,71	3,15	60,47	5,18

Tabela 8. Evolução da paisagem de Bom Retiro do Sul de 1989 a 2011

Classes de Uso	1989	2011	Δ km ²	Δ %
Floresta Industrial	8,56	17,71	+9,15	+106,89
Floresta Nativa	10,87	16,25	+5,38	+49,49
Uso Agropecuário	76,80	60,47	-16,33	-21,26
Área Urbanizada	1,36	3,15	+1,79	+131,62
Hidrografia	5,18	5,18	0,00	0,00
Total	102,77	102,77	-	-

Figura 8. Evolução da paisagem de Bom Retiro do Sul de 1989 a 2011



Em decorrência do aumento da vegetação nativa e exótica, as áreas de uso agropecuário registraram redução ao longo do período analisado. As áreas de uso agropecuário tiveram redução de 16,33% de 1989 até o ano de 2011, ocupando atualmente 58,84% do município. Em 1989 a população de Bom Retiro do Sul era de 6.977 habitantes. Ao longo dos 22 anos analisados, as áreas urbanizadas tiveram aumento considerável. A área urbanizada de 1989 até 2011 aumentou 131,62%, sendo que a área urbana concentra hoje 9.162 habitantes.

Os resultados da dinâmica da paisagem de Bom Retiro do Sul são semelhantes aos estudos conduzidos por Silva et al. (2011) e Altmann et al. (2009), que conduziram estudos similares em municípios localizados nas adjacências da área de estudo. O que explica a dinâmica da paisagem nesta região é o forte êxodo rural iniciado na década de 1980, processo que favoreceu a transferência da população rural para as cidades. Além do êxodo rural, a alteração do sistema de produção, baseado no uso de equipamentos agrícolas manuais, para um sistema de produção mecanizado, com o uso de implementos agrícolas, que não puderam ser utilizados em declividades acentuadas, favoreceu o abandono de áreas com usos agropecuários nestes locais. Em virtude destes aspectos houve a regeneração natural e a recuperação da cobertura vegetal nativa nas áreas com elevada declividade.

CONCLUSÕES

Conclui-se que desde 1989 está ocorrendo um processo de redução das áreas de uso agropecuário, que estão sendo ocupadas por áreas urbanas, por estágios sucessionais de floresta nativa em regeneração e por florestas industriais plantadas no município de Bom Retiro

do Sul. O abandono das áreas agropecuárias foi mais intenso nas áreas com elevadas declividades. Essas áreas de uso agropecuário abandonadas, dentro de um processo natural, ao longo dos 22 anos analisados, foram recuperando a cobertura florestal por um processo natural de regeneração. Além disso, as demandas por madeira favoreceram a ampliação das áreas com florestas industriais no município, plantadas principalmente em áreas antes ocupadas por agricultura e pastagens.

A recuperação florestal constatada neste estudo no município de Bom Retiro do Sul segue uma tendência registrada em toda a Região do Vale do Taquari e também em boa parte do estado do Rio Grande do Sul. Esta tendência é altamente positiva sob o aspecto ambiental, visto que reduz a pressão sobre o solo e os recursos hídricos, além de criar condições mais favoráveis para que a fauna encontre alimentos e abrigo.

A detecção de mudanças no uso e cobertura da terra por sensoriamento remoto permite reconstituir como determinada área foi utilizada em cada período de tempo, e assim, compreender a dinâmica da paisagem. Se a tendência de alteração da paisagem se mantiver semelhante às últimas décadas, provavelmente, em um futuro próximo, as áreas florestais irão compor a matriz da paisagem do município de Bom Retiro do Sul.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. C.; VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P. Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia Oriental. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, 1996. **Anais**. INPE, p. 475-478, 1996.

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra - estudo de caso no município de Teutônia - RS - Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 61/03, p 273-283, 2009.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). Brasília: Embrapa, 1998. p. 3-11.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. **Carta Topográfica de Estrela**, Folha SH. 22-V-D-V-1, MI 2969/1, Escala 1:50.000. 2 ed. Porto Alegre: DSG, 1980.

DUARTE, W. O.; BRITO, J. L. S. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do alto curso do rio Uberabinha utilizando imagens CBERS 2. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. **Anais**. INPE, p. 2965-2972, 2005.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Kilimanjaro Tutorial**. Worcester: Clark Labs University, 2003. 270 p.

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

GARCIA, J. M. P.; XAVIER-DA-SILVA, J.; GÓES, M. H. de B.; DIAS, J. E. Avaliação ambiental por geoprocessamento para delimitação e classificação de áreas de suscetibilidade a movimentos de massa na região de Itatiaia, Estado do Rio de Janeiro. **Caminhos de Geografia**. v. 7, n. 17, p. 199-209, Fev. 2006.

GIOTTO, E. **Aplicabilidade de Imagens RBV do LANDSAT 3 em levantamento do uso da terra no município de Tapera - RS**. 1981. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 1981.

HUANG, C. TOWNSHEND, J. R. G.; XIWU, Z. HANSEN, M.; DEFRIES, R.; SOHLBERG, R. Detecting land cover changes based on their trajectories in the spectral space. In: Geosciences and Remote Sensing Symposium. Proceedings, IGARSS, **IEEE International**, vol. 5, p. 1984-1986, 2000.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**. v. 4, n. 4, p. 367-376, 1988.

ITT Visual Informations Solutions. **ENVI 4.5 Help**. Boulder: ITT, 2007.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**: a remote sensing perspective. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 318 p.

MILARÉ, E. Estudo prévio de impacto ambiental no Brasil. In: **Previsão de Impactos**: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. AB' SABER, A. N.; MÜLLER-PLANTENBERG, C. (Org.). 2 ed. São Paulo: Edusp, 2006, p. 50-83.

MORAES, L. A. F. de. **Subsídios para o gerenciamento dos recursos naturais da sub-bacia do Rio Paraná, em um trecho entre Porto São José e Jupia**. 2000. 309 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais), Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá, 2000.

PONZONI, F. J.; CHIMABUKURU, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 136 p.

RANIERI, V. E. L. **Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental: o caso do município de Descalvado (SP)**. 2000. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo (USP). São Carlos, 2000.

REFOSCO, J. C. Modelos dinâmicos espaciais e sua utilização na análise de mudanças do uso do solo regional. In: **Geoinformação em urbanismo**: cidade real X cidade virtual. ALMEIDA, C. M. de; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p. 328-366.

REMPEL, C.; SUERTEGARAY, D.; JASPER, A. Aplicação do sensoriamento remoto para determinação da evolução da mata nativa da bacia hidrográfica do Rio Forqueta - RS entre 1985 e 1995. **Pesquisas Caderno de Botânica**, São Leopoldo, v. 51, n. 1, p. 101-112, 2001.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFSM / SEMA, 2002. Disponível em <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/index.php>>. Acesso: 15 de janeiro 2009.

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

SANTOS, R. F. dos (ORG.). **Vulnerabilidade Ambiental** - Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos? Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SILVA, J.F.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Análise temporal e modelagem ambiental da cobertura florestal nativa do município de Roca Sales - RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 63/04, p 629-642, 2011.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. 1998. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). São Paulo, 1998.

WATRIN, O. S. dos; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N. Análise multitemporal do uso da terra e suas inter-relações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do nordeste paraense. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 1998. **Anais**. INPE, p. 1573-1583.