

Uso de imagens orbitais multitemporais para caracterização de uso e ocupação da terra no município de São Borja

Use of multi-temporal satellite images to characterize the use and occupation of land in the municipality of São Borja - RS

Bruna Nascimento de Vasconcellos Schiavo¹, Lueni Gonçalves Terra², Manoela Mendes Duarte³, Thales Nascimento Gatiboni⁴

Universidade Federal do Paraná^{1,3}, Universidade Federal de Santa Maria², Universidade do Estado de Santa Catarina⁴

Resumo

O crescimento desordenado das cidades torna indispensável a necessidade de desenvolver políticas de planejamento ambiental eficazes. Para tal, são necessários estudos que visam entender as dinâmicas dessas ocupações em diferentes áreas. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a dinâmica temporal do uso e ocupação da terra em São Borja – RS. Mapas temáticos dos anos 2000, 2005 e 2010 foram elaborados. Os resultados apontaram que a classe definida como 'campo' apresentou a maior redução no período avaliado: de 51,97% do total mapeado em 2000 para 23,42% em 2010. A classe 'solo exposto e urbanização' foi a que apresentou maior crescimento: de 6,1% em 2000 para 22,63%. A classe 'florestas' obteve o mesmo comportamento, porém de forma menos significativa: de 16,05% no primeiro ano analisado para 24,53% em 2010. A classe denominada 'agricultura' mostrou comportamento variável ao longo do período estudado: em 2000 apresentou 9,27%, no ano de 2005 o mapeamento apontou 25,14% e no último ano analisado esta porcentagem baixou para 14,57%. A classe de recursos hídricos se manteve com percentual semelhante em todos os anos mapeados (16,61%, 16,69% e 14,85% consecutivamente). Conclui-se que este estudo pode vir a ser uma ferramenta importante para delimitar, e promover, ações de planejamento ambiental e territorial pela esfera pública.

Palavras-chave: Imagens de Satélite, geoprocessamento, meio ambiente, gerenciamento territorial.

Abstract

The disordered growing of cities made indispensable the need to develop efficient policies of environmental planning. To so, studies that aim the understanding of the dynamic of this occupations in different areas are necessary. Before that, this paperwork has the objective to measure the temporal dynamic of the use and occupation of the land in São Borja – RS. Thematic maps of the years 2000, 2005 and 2010 have been elaborated. The results indicate that the class defined as 'field' presented the greatest reduction in the assessed period: from 51,97% of the total mapped area in 2000 to 23,42% in 2010. The class 'exposed soil and urbanization' was the one which showed the greatest growing: from 6,1% in 2000 to 22,63%. The class 'forest' obtained the same behavior, thought in a less significantly: from 16,05% in the first analyzed year to 24,53% in 2010. The class called 'agriculture' showed a very variable behavior during the studied period: in the year 2000 it presented 9,27%, in the year 2005 the mapping indicated 25,14% and in the last year, the percentage dropped to 14,57%. The class of 'water resources' maintained a very similar percentage in all three mapped year (16,61%, 16,69% e 14,85% consecutively). We can conclude that this study can become a very useful and important tool to define and promote the actions of environmental and territorial planning of the public sphere.

Keywords: Satellite Image, geoprocessing, environment, territorial management.

1 Introdução

A crescente ocupação do espaço urbano e as práticas não sustentáveis de uso dos recursos naturais tende a provocar alterações nos ambientes, levando a degradação da paisagem e dos ecossistemas. A sociedade tem avaliado a necessidade de encontrar um equilíbrio entre o uso e preservação do meio ambiente, através da pesquisa científica, gerenciamento e monitoramento dos recursos naturais (MUEHE, 1998).

O monitoramento do uso e da cobertura da terra também é essencial para o conhecimento da realidade ambiental do local estudado. Logo, deve-se entender que estas análises precisam considerar uma postura científica multidisciplinar, que permita integrar processos físicos, naturais e sociais (TORRES, 2011).

Nesse sentido, torna-se indispensável (re) conhecer o meio e suas possíveis susceptibilidades. Para tanto é necessário a apreciação dos componentes do meio físico, sendo estes de fundamental importância na avaliação ambiental de uma região, logo, a necessidade de um diagnóstico bem circunstanciado, para que a avaliação ambiental seja confiável (CAMPOS E MANZIONE, 2010).

De acordo com Gomes et al (2009), uma das mais modernas ferramentas utilizadas para os monitoramentos ambientais são os produtos de sensoriamento remoto, que permitem uma análise quantitativa das alterações na paisagem ocasionadas pelos diferentes padrões de uso e ocupação da terra. Aliadas a isso, as técnicas de geoprocessamento e de processamento digital de imagens permitem a avaliação das alterações do ambiente.

Assim, percebe-se que o auxílio deste tipo de mapeamento temático viabiliza a compreensão dos padrões de organização espacial, com os quais se pode diagnosticar e, até mesmo, prognosticar as mudanças da paisagem e mostrar a distribuição espacial real das diferentes formas de uso dos recursos naturais cada vez mais alterados pelas ações do homem (TORRES, 2011).

O estudo do uso e ocupação de solo em escala municipal consiste em buscar conhecer a forma com que área de interesse é utilizada, permitindo uma caracterização das interações antrópicas com o meio ambiente, constituindo-se como uma representação espacial dessas interações (SANTOS E PETRONZIO, 2011). Assim, análises de uso e ocupação da terra são importantes ferramentas para que a situação ambiental local seja verificada e com isso, um melhor gerenciamento de recursos naturais e planejamento urbano possam ser efetivados.

Para Cotta Júnior (2005), os trabalhos que abordam a análise multitemporal cada vez mais se intensificam, principalmente em função das características espectrais das imagens de satélite atuais. Nesse sentido, Rosa (2001) salienta que a análise temporal do uso e ocupação da terra permite acompanhar a evolução dos padrões de organização do espaço geográfico, facilitando a compreensão de impactos ambientais gerados em consequência do uso inadequado da terra.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal é necessário tendo em vista, principalmente a adequação do uso do solo e a análise da evolução da ocupação de uma determinada área. Ainda, as mudanças no uso da terra produzem consequências, sendo também uma necessidade para o estabelecimento da sociedade humana. (KLEINPAUL, 2005).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise temporal de uso e cobertura da terra, nos anos 2000, 2005 e 2010, utilizando geotecnologias, a fim de compreender as transições ocorridas no município de São Borja, Rio Grande do Sul.

2 Metodologia do Trabalho

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

Conforme pode ser observado na figura 01, São Borja localiza-se na região noroeste do Rio Grande do sul, sob as coordenadas geográficas: 28° 39' 38" latitude sul e a 56° 00' 16" longitude oeste, a cerca de 590 km da capital, Porto Alegre. O município tem uma área de aproximadamente 3.616,026 km² e sua população é de 61.671 habitantes (IBGE, 2010).

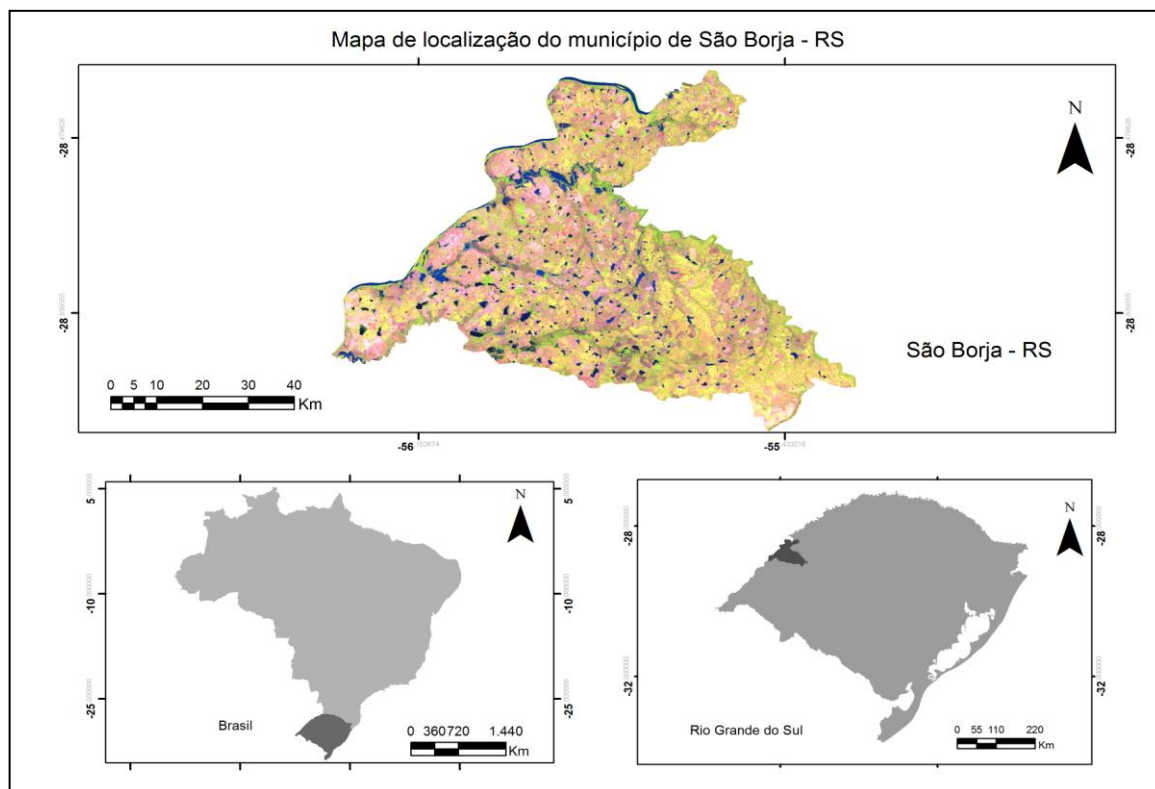


Figura 01 – Mapa de localização de São Borja – RS

2.2 Metodologia

Para análise e mapeamento do uso e ocupação do solo de São Borja foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 5*, sensor TM (*Thematic Mapper*), dos anos de 2000, 2005 e 2010, sendo que as mesmas apresentam resolução espacial de 30 metros. A escolha justifica-se pela disponibilidade gratuita através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela resolução adequada à área de estudo e a identificação dos temas de interesse.

Os dados foram processados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis 10.1 e para o tratamento cartográfico foram adotados a projeção Policônica e o Datum WGS 84 (*World Geodetic System 1984*). As imagens foram georreferenciadas através da seleção de pontos de controle obtidos de cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) do Rio Grande do Sul, na escala 1/50.000.

Na etapa de processamento digital da imagem, aplicou-se a técnica de contraste linear para realce das feições de interesse, onde foram testadas várias combinações de bandas, cores e contrastes, de modo a extrair o máximo de informações das imagens.

A partir da delimitação do município, foi realizada a classificação digital supervisionada. Utilizou-se o algoritmo MaxVer (Máxima Verossimilhança). De acordo com Venturiere e Santos (1998), o algoritmo MaxVer adota a função de densidade probabilística,

baseada na estatística bayesiana, a qual verifica a probabilidade de cada *pixel* pertencer a determinada classe, e classificando-o como pertencente a de maior probabilidade.

Foram criadas cinco classes para a classificação digital, conforme pode ser visualizado na Tabela 01.

Tabela 01 – Tipos de abrangência para cada classe de uso da terra

Legenda	Tipo de Uso
Recursos Hídricos	Cursos d'água, bem como rios, córregos, barragens e afins.
Florestas	Todas as formas florestais, bem como matas ciliares, regeneração natural e silvicultura.
Agricultura	Áreas ocupadas por culturas anuais e perenes.
Campo	Formações rasteiras e pastagens.
Solo Exposto e Urbanização	Áreas sem cobertura, com exposição direta do solo, e áreas urbanas.

A qualidade das amostras da classificação digital supervisionada foi avaliada através da escala de classificação proposta Landis e Koch(1977), e pode ser observada na Tabela 02. A análise do Kappa é uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão temática que utiliza todos os elementos de confusão no cálculo, sendo considerada uma medida de quanto a classificação está de acordo com os dados de referência (FIGUEIREDO E VIERA, 2007).

Tabela 02 – Qualidade da classificação segundo intervalos do Coeficiente Kappa

Valor Kappa	Qualidade da Classificação
<0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch, 1977

4 Resultados e Discussão

A classificação digital supervisionada permitiu analisar a distribuição espacial e quantificar as formas de uso e cobertura da terra no município de São Borja. Os resultados são evidenciados em três mapas que correspondem aos anos de 2000 (Figura 02), 2005 (Figura 03) e 2010 (Figura 04) e na Tabela 03, que consistem na quantificação das formas de uso, ao longo do período de tempo avaliado.

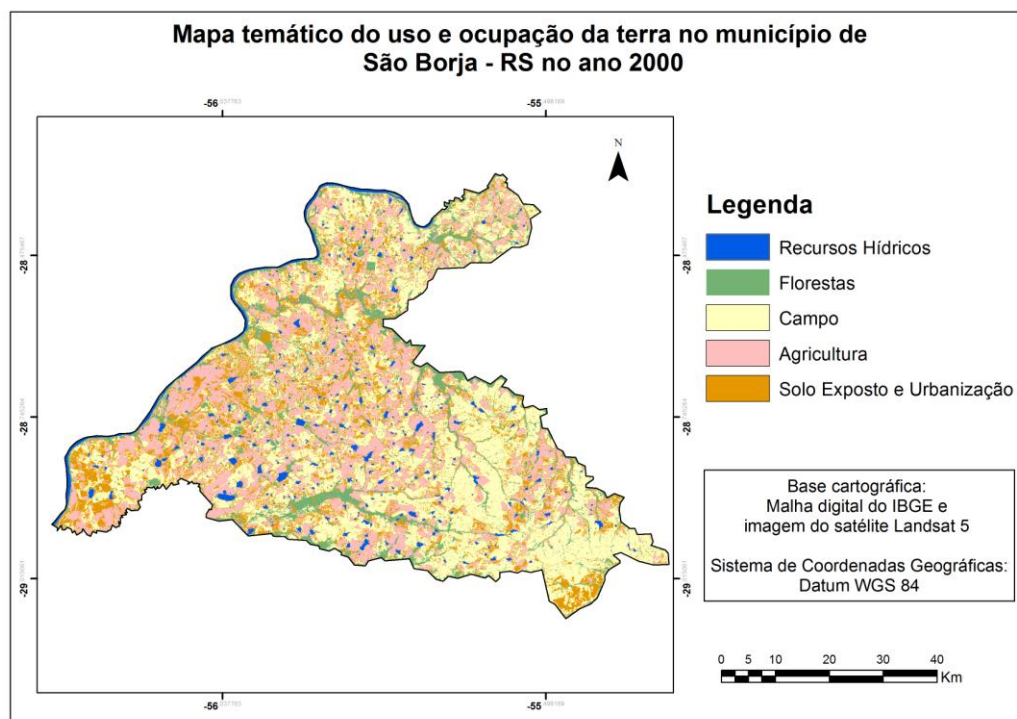


Figura 02 – Mapa temático de uso e ocupação da terra no município de São Borja no ano 2000.

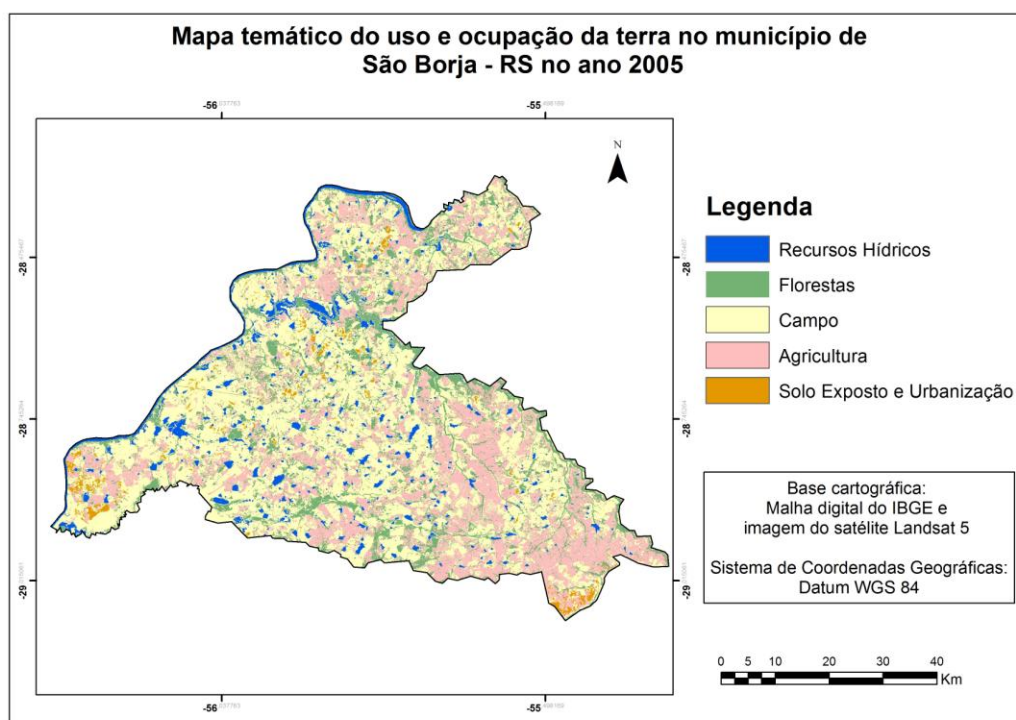


Figura 03- Mapa temático de uso e ocupação do solo no município de São Borja no ano de 2005

O mapeamento temático de uso e cobertura da terra de São Borja apresentou uma área total de 3.617 km². Desse total, no ano de 2000, a classe mais representativa foi a de campo, com áreatotal de 51,97% do mapeamento. No mesmo ano, a classe agricultura representou 9,27% do total mapeado e solo exposto e urbanização 6,1%. Enquanto em 2005, houve um decréscimo na área de campo (29,21%) e um aumento na classe denominada agricultura (25,14%).

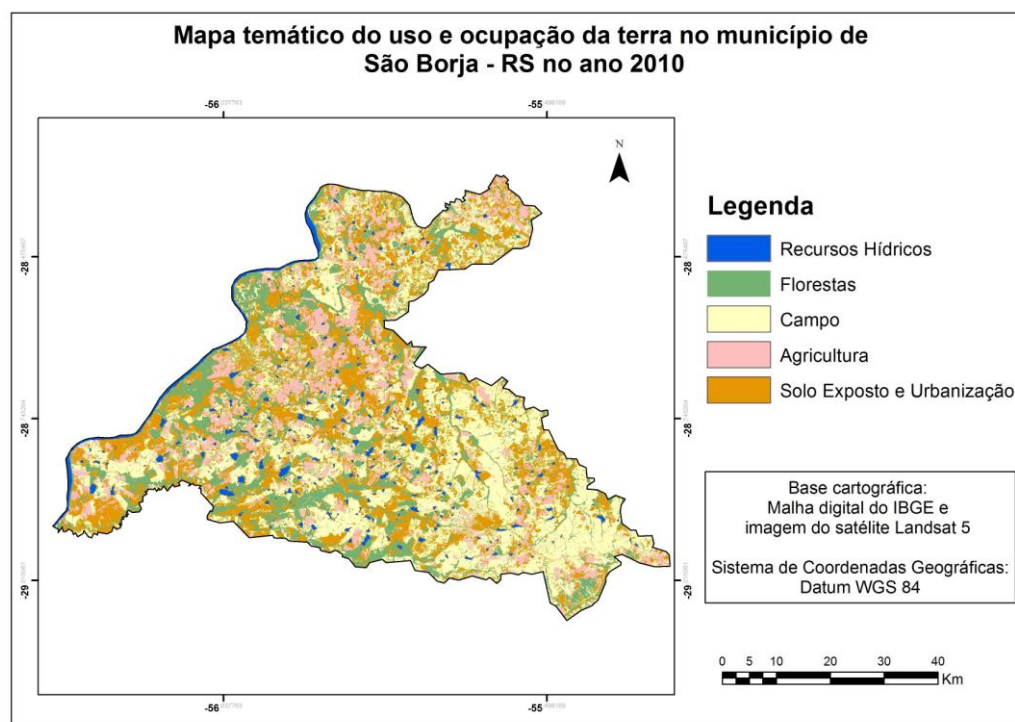


Figura 04 - Mapa temático de uso e ocupação da terra no município de São Borja no ano 2010

Em 2010, os percentuais de campo e de agricultura diminuíram, representando respectivamente 23,42% e 14,57%. O contrário ocorreu com a classe solo exposto e urbanização no último ano mapeado, quando um aumento significativo foi registrado: 22,63% do total. Observa-se ainda, que a classe florestas apresentou um aumento evolutivo no período de 10 anos, passando de 16,05% em 2000 para 24,53% do total em 2010. Ressalta-se que a expansão florestal representa a realidade de boa parte dos municípios brasileiros, pois a Legislação Ambiental Brasileira tornou-se bastante restritiva quanto ao uso de recursos florestais.

Conforme pode ser observado nos mapas apresentados, a classe recursos hídricos foi a que apresentou uma menor variação no período analisado. Verificou-se um decréscimo de aproximadamente 2 % (Tabela 2), o qual não é considerado significativo, em função dos períodos de estiagem e da volatilidade de barragens e cursos d'água.

Em síntese, a classe campo, dentre todas, foi a que apresentou um maior índice de decréscimo. Esse fato pode estar relacionado ao aumento de áreas florestadas, bem como ao incentivo da silvicultura no estado do Rio Grande do Sul. Além disso, acredita-se que os produtores rurais têm buscado novas alternativas econômicas.

A classe agricultura não apresentou uma evolução contínua no período de 10 anos. Esse fator pode ser considerado normal, pois está diretamente relacionada a ação antrópica,

variando conforme a sazonalidade das cultura. A classe denominada solo exposto e urbanização apresentou um aumento evolutivo significativo, fator relacionado ao processo de transição da classe campo, destinado a novos usos e ao aumento da zona urbana em São Borja.

Tabela 03 - Ocupação das classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2000, 2005 e 2010 em São Borja - RS

Classe	Área em 2000 (Km ²)	Percentual em 2000	Área em 2005 (km ²)	Percentual em 2005	Área em 2010 (km ²)	Percentual em 2010
Recursos Hídricos	600,78	16,61	603,67	16,69	537,12	14,85
Florestas	580,52	16,05	686,86	18,99	887,25	24,53
Campo	1879,79	51,97	1056,52	29,21	847,10	23,42
Agricultura	335,29	9,27	909,31	25,14	526,99	14,57
Solo Exposto e Urbanização	220,63	6,1	360,61	9,97	818,52	22,63
Total	3617 km²					

A partir da análise do Coeficiente Kappa (figura 05) percebeu-se que as classes recursos hídricos e florestas apresentaram 100% de confiabilidade, ou seja, o percentual de *pixels* confundidos pelo algoritmo classificador foi zero, obtendo a melhor classificação nos resultados. Entretanto, a classificação pode ser considerada confiável, pois apresentou um limiar de aceitação maior que 75% em todas as análises.

Os resultados foram de 0,942, 0,916 e 0,936 para a classificação dos anos 2000, 2005 e 2010 respectivamente. Resultado considerado “excelente”.

A							B						
TEMA	% de pixel bem classificado	% de pixel em confusão					TEMA	% de pixel bem classificado	% de pixel em confusão				
		A	B	C	D	E			A	B	C	D	E
A) Recursos Hídricos	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A) Recursos Hídricos	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B) Florestas	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	B) Florestas	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C) Campos	96,45%	0,00	0,00	0,00	1,34	2,21	C) Campos	83,25%	0,00	0,00	0,00	14,41	2,34
D) Agricultura	93,67%	0,00	0,00	5,12	0,00	1,21	D) Agricultura	88,16%	0,00	0,00	3,98	0,00	7,86
E) Solo exposto e urbanização	81,17%	0,00	0,00	12,13	6,7	0,00	E) Solo exposto e urbanização	86,99%	0,00	0,00	3,14	9,87	0,00
Total	94,258%						Total	91,68%					

C						
TEMA	% de pixel bem classificado	% de pixel em confusão				
		A	B	C	D	E
A) Recursos Hídricos	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B) Florestas	100%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C) Campos	87,42%	0,00	0,00	0,00	4,24	8,34
D) Agricultura	88,22%	0,00	0,00	9,54	0,00	2,24
E) Solo exposto e urbanização	92,6%	0,00	0,00	2,06	5,34	0,00
Total	93,64%					

Figura 05 - Classificação em (%) de pixel bem classificado e de pixel em confusão das classes de uso ocupação da terra em São Borja. A) ano de 2000, B) ano de 2005 e C) ano de 2010

9 Conclusões

O mapeamento temático de São Borja permitiu analisar as categorias predominantes de uso e ocupação da terra no município, bem como avaliar as modificações na paisagem no período de 10 anos. As classes agricultura e floresta foram as que apresentaram um aumento significativo, fator que pode estar relacionado ao incentivo do agronegócio e silvicultura no estado do Rio Grande do Sul.

O processamento digital das imagens *Landsat* concomitante com as ferramentas de geoprocessamento foram consideradas eficazes na análise multitemporal, mostrando-se uma tecnologia acessível e economicamente viável. Além disso, os resultados obtidos pelo coeficiente Kappa permitiram considerar a classificação digital confiável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (Capes) pela concessão das bolsas de estudo.

Referências

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em 15. Mar 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em 15. Mar 2014.

GABOARDI, C. Utilização da imagem de coerência SAR para classificação do uso da terra: Floresta Nacional do Tapajós. São José dos Campos: INPE. Dissertação de Mestrado, 2003.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2nd. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise da cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 351-371.

COTTA JUNIOR, J. T.; TEUBNER, E. R. Monitoramento do uso do Solo e Cobertura Florestal na Microbacia do Rio Batatal, Alfredo Chaves, ES. In: GIS BRASIL, 2000, Salvador. Anais... CD_Rom, Salvador, 2000.

GOMES, A. R.; OLIVEIRA, P. E.; SAAD, A. R.; SANCHES, R. C. Análise multitemporal utilizando imagens CBERS-2 e LANDSAT-TM no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacareí, São Paulo. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009.

KLEINPAUL, J. J. Análise multitemporal da cobertura florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria - RS. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2005MUEHE, G. de C. O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação IN: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. Geomorfologia do Brasil, Rio de Janeiro, Bertrand Brasileiro, 1998.

SANTOS, A. B; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: **ANAIS...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5, 2011, Curitiba, p.6185. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0210.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

SOARES , A. M.; CUNHA , D. A. I.; DANTAS , G. D.; OLI VEIRA , H. L. P. Bacia hidrográfica do córrego Lagoinha. Uberlândia (MG): desafios do planejamento urbano. **Revista da Católica, Uberlândia**, v. 1, n. 1, p. 103-115, 2009. Disponível em: <www.catolicaonline.com.br/revistadacatolica>. Acesso em: 07. out. 2013.

TORRES, D. R. Análise multitemporal do uso da terra e cobertura florestal com dados dos satélites LANDSAT e ALOS. 2011. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2005.