



As alterações no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra, Rio Grande do Sul, entre 2003 e 2014

Vivian Teixeira Alves Branco¹
Aliane Pedroso da Croce²
Alexandro Gularte Schafer³

Laboratório de Modelagem, Simulação Computacional e Geoprocessamento.

Unipampa Campus Bagé. Avenida M. A. G. de Godoy, 1650 – 96413-172- Bagé, RS, Brasil.

¹viviantabranco@gmail.com, ²alianecroce@hotmail.com, ³alexandro.schafer@unipampa.edu.br

Abstract. This paper presents the results of the mapping of the changes in land use and land cover of the Bocarra River watershed, in Rio Grande do Sul, Brazil, in the last 11 years, using images of Landsat Data Continuity Mission (LDCM). We used images of Landsat 7 and Landsat 8, in 2003 and 2014, respectively. The selected scenes were imaged on January 6 and 29, 2003, for Landsat 7, and December 5 and 14, 2014, for Landsat 8. Six types of LULC types were defined for supervised classification: water, grassland, agriculture, forest, reforestation and urban. The method used for the classification was the MaxVer. To facilitate the visual identification of the different types of LULC in the "training" stage, we performed five work trips to the study area. Findings show that in the Bocarra River watershed the predominant class in 2003 was "grassland", that occupied 70,93% of the watershed area, decreased about 52.5% in those eleven years. The agricultural area increased 279.9% in the study period, occupying 41,01% of the watershed in 2014. The forest area increased 6.77% and the reforestation area decreased 82.94% in this period. Based on the results presented, we can notice that there was an increase in the in the agriculture areas, that occupied areas previously occupied by grassland. The growth of agricultural areas was, for the most part, increase soybean cultivation in the Bocarra River watershed.

Palavras-chave: LULC, changes, Bocarra river watershed, Uso e cobertura da terra, Alterações, Bacia hidrográfica do Arroio Bocarra.

1.Introdução

O uso e a cobertura da terra são elementos chave para descrever o ambiente terrestre com relação as atividades naturais e as atividades humanas (Mendoza et al., 2011; López-Granados, 2013). O termo uso da terra está relacionado às atividades humanas ou funções econômicas associadas com uma determinada porção da superfície terrestre. Já o termo cobertura da terra indica que tipo de feição está presente na superfície terrestre (Lillesand e Kiefer, 2008).

A avaliação dos impactos que as mudanças no uso e na cobertura da terra exercem na hidrologia é essencial para o desenvolvimento de estratégias de desenvolvimento sustentável de recursos hídricos. Avaliar os impactos dessas mudanças na hidrologia é a base para o gerenciamento e para a restauração de uma bacia hidrográfica. O entendimento de como as mudanças em cada classe de uso e cobertura da terra influencia os componentes hidrológicos melhora consideravelmente a previsibilidade das consequências hidrológicas dessas mudanças, auxiliando assim na tomada de decisão (Nieet al., 2013).

Os estudos relacionados a avaliação dos impactos das mudanças do uso e da cobertura da terra na hidrologia em bacias hidrográficas normalmente incluem, entre outros: a) A avaliação das condições hidrológicas da bacia com base em diferentes mapas de uso e cobertura da terra; b) Comparações entre valores de diferentes componentes hidrológicas obtidas através de simulações considerando diferentes cenários de uso e cobertura da terra e; c) A avaliação de respostas

temporais da descarga em canais de acordo com as mudanças no uso e cobertura da terra (por exemplo, Ghaffari et al., 2009; FranczykandChangk, 2009; Mohammedet al., 2009).

Embora a verificação e a quantificação dos impactos das mudanças no uso e na cobertura da terra sobre a hidrologia seja reconhecido como de grande relevância, a realização de estudos relacionados a esse tema se deparam com a disponibilidade limitada de mapas de uso e cobertura da terra. Desta maneira, é possível afirmar que o desenvolvimento de mapas de uso e cobertura da terra para apoiar estudos que tenham como objetivo estimar os impactos que as alterações no uso e na cobertura da terra ocasionam na hidrologia de bacias hidrográficas é importante no contexto do gerenciamento integrado dos recursos hídricos.

O presente artigo tem como objetivo principal apresentar os resultados do mapeamento das mudanças no uso e cobertura da terra que ocorreram na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra, Rio Grande do Sul, Brasil, em um período de 11 anos, entre os anos de 2003 e 2014. Esse mapeamento está sendo produzidos com o intuito de apoiar futuros estudos hidrológicos na bacia hidrográfica.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A sub-bacia do Arroio Bocarra (Figura 1) faz parte da bacia hidrográfica do Rio Negro-RS e está localizada entre as coordenadas $31^{\circ} 18' 07,2''$ e $31^{\circ} 31' 51,6''$ Sul e $54^{\circ} 09' 00''$ e $54^{\circ} 20' 31,2''$ Oeste.

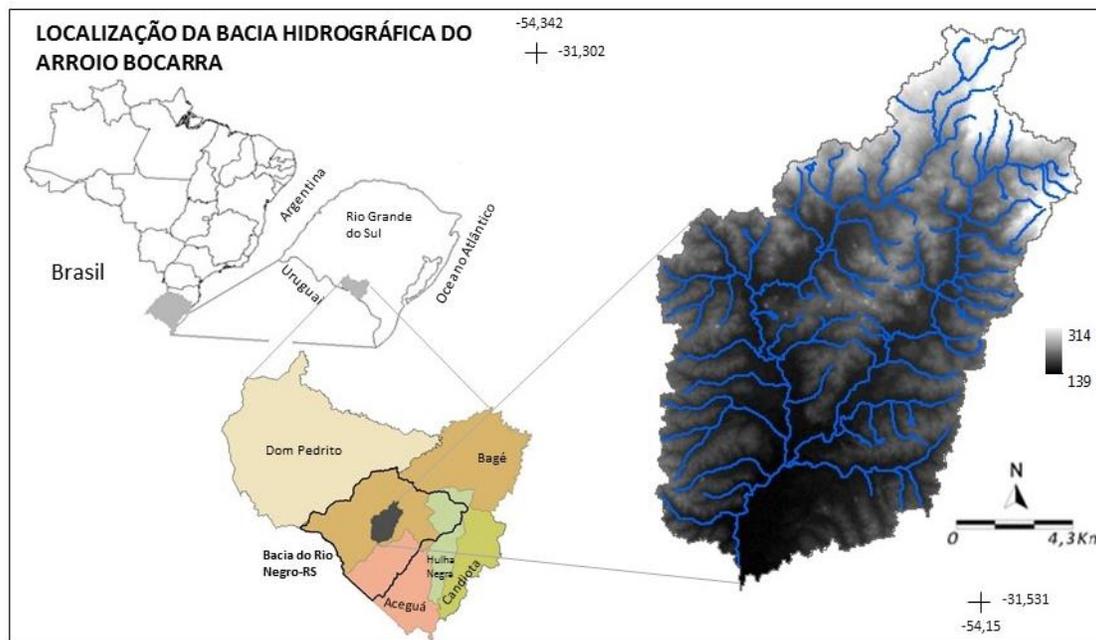


Figura 1- Localização da área de estudo

A sub-bacia está completamente inserida no município de Bagé-RS. Sua bacia de contribuição tem área de drenagem de aproximadamente 215,08 km². A região onde está inserida a sub-bacia do Arroio Bocarra apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima tipo subtropical ou virginiano (Cfa), pertencente à área morfoclimática denominada Escudo Sul-Riograndense-Uruguaio, com altitudes inferiores a 400 m. As temperaturas médias máximas

giram em torno de 24,1 °C e as médias mínimas em torno de 13,1°C. Os solos presentes são do tipo Planossolo e Brunizem, que abrangem aproximadamente 71% e 29% da área da sub-bacia, respectivamente. A precipitação média anual em Bagé fica em torno de 1.423 mm (INMET – 1946 a 2006), sendo que ocorrem períodos de estiagem em que a precipitação mensal chega a ser nula, principalmente no período de novembro a março, como vem sendo registrado nos últimos anos.

2.2 Método

O método adotado para o desenvolvimento do estudo está sintetizado no fluxograma da Figura 2.

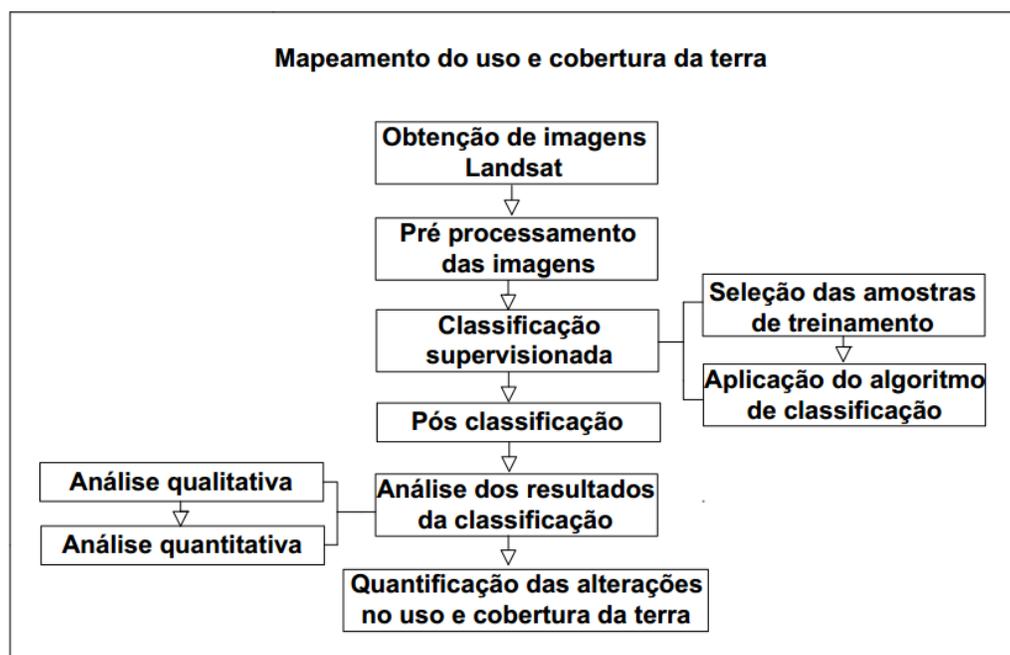


Figura 2- Método do mapeamento do uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do arroio Bocarra-RS

As imagens de satélite foram obtidas no catálogo do *United States Geological Survey* (USGS), disponibilizadas gratuitamente na internet. Foram utilizadas duas cenas (órbita/ponto 223/082) imageadas em 29/01/2003 (Landsat7) e em 05/12/2014 (Landsat 8).

Após a aquisição das imagens, deu-se início a etapa de pré-processamento. Na imagem de 2003 foi necessário realizar correção geométrica, em que foram adequadas as posições planimétricas e projeção das imagens, utilizando a base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala 1:50.000 (Hasenack e Weber, 2010).

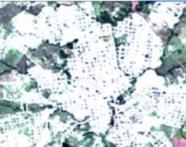
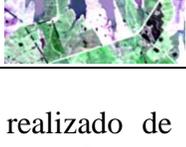
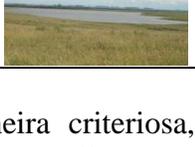
A bacia hidrográfica do Arroio Bocarra foi delimitada através da utilização de dados da missão do Shuttle Radar Topography Mission (SRMT), com resolução espacial de trinta metros. Para tanto, os dados foram submetidos a 9 etapas, utilizando a extensão ArcHydro (Maidment, 2002) do software ArcGIS (ESRI, 2015), versão 10.3.

A classificação supervisionada foi realizada utilizando o método máxima verossimilhança (MaxVer), que requer o conhecimento prévio das classes de interesse. Foram realizadas cinco saídas de campo na área em estudo. Foram definidas cinco classes de uso e cobertura da terra

(cultura temporária, silvicultura, campestre, área florestal e corpos d'água continental), de acordo com o Manual do Uso da Terra do IBGE (IBGE, 2006).

A próxima etapa do trabalho consistiu na delimitação das amostras de treinamento. Nessa fase, foram selecionadas vinte amostras de cada classe de uso e cobertura da terra, perfazendo um total de aproximadamente 2200 pixels para cada uma delas. Em seguida, aplicou-se o método da máxima verossimilhança para classificar a imagem. Na Tabela 1 apresenta-se a chave de interpretação de cada uma das classes de interesse.

Tabela 1. Chave de interpretação das classes de uso e cobertura da terra

Classe Nível I	Classe Nível II	Coloração	Amostra 4R3GB2	Verdade terrestre
Área urbanizada	Área antrópica não agrícola	Branco		
Cultura temporária	Área antrópica agrícola	Tons de rosa e Branco		
Silvicultura	Área antrópica agrícola	Preto		
Campestre	Área de vegetação natural	Verde claro		
Área florestal	Área de vegetação natural	Verde escuro		
Corpo d'água continental	Água	Azul escuro e tons de roxo		

Ainda que o processo de classificação tenha sido realizado de maneira criteriosa, os algoritmos de classificação estão suscetíveis a algum tipo de erro. Desta maneira, realizou-se uma etapa de pós-classificação, para corrigir erros e inconsistências oriundos do processo de classificação. Para tanto, utilizou-se uma ferramenta específica do software de processamento de imagens ENVI, versão 5.0, que possibilita que a classe a um determinado pixel seja alterada manualmente pelo operador. As correções foram realizadas tendo como base as saídas a campo.

O mapeamento do uso e ocupação foi validado através da análise qualitativa e quantitativa dos dados gerados após a etapa de pós-classificação. Na análise qualitativa, foi realizada a comparação entre o mapa temático oriundo da classificação e as verdades terrestres, juntamente com o conhecimento adquirido nas saídas de campo. Na análise quantitativa, foi considerado o coeficiente Kappa, índice que quantifica a exatidão do mapeamento a partir de uma escala proposta por Landis e Koch (1977).

A última etapa do estudo consistiu na quantificação das áreas ocupadas por cada classe de uso e cobertura da terra em cada ano analisado. Por fim, realizou-se a quantificação das alterações nas áreas ocupadas por cada classe, no período em estudo.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 3 apresenta-se o mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra referente ao ano de 2003, após a realização da etapa de pós-classificação. O índice de confiabilidade atingiu coeficiente Kappa de 0,94.

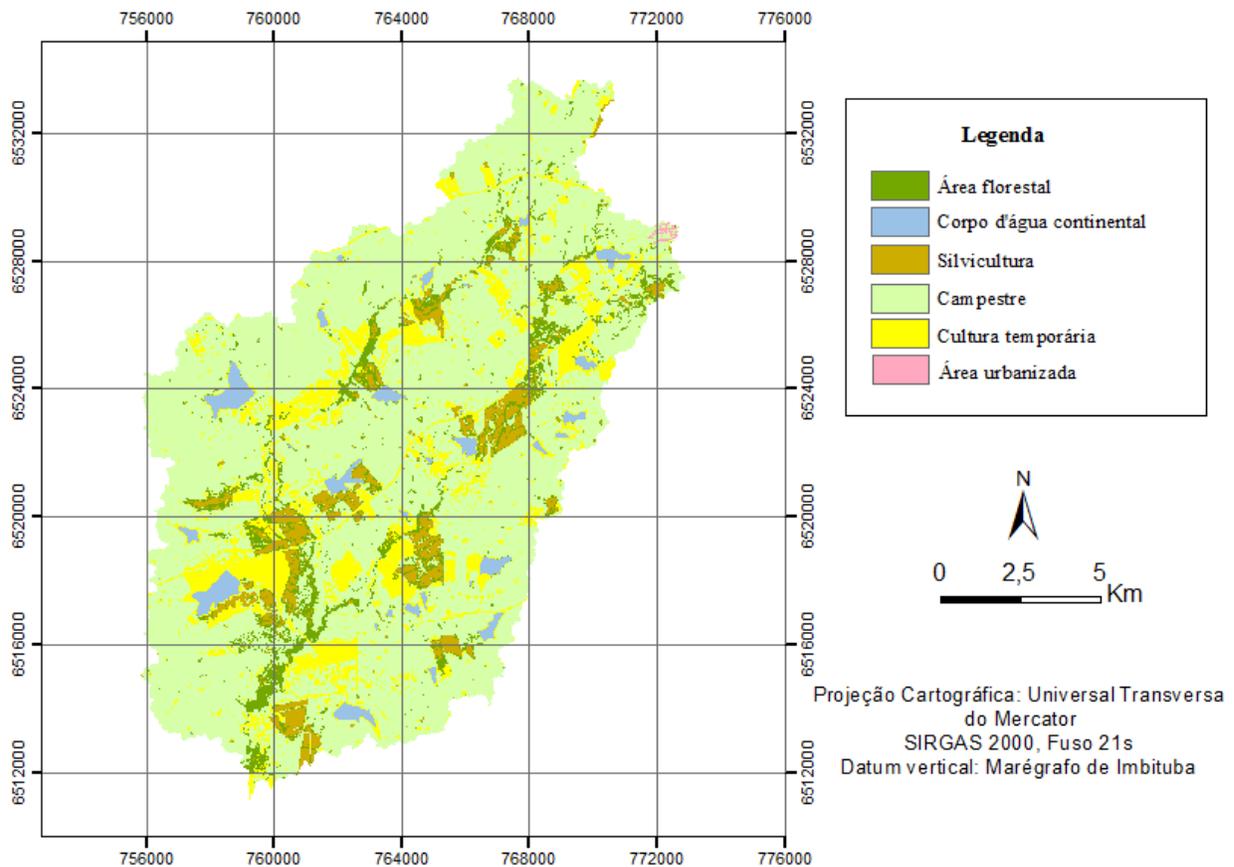


Figura 3 - Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra em 2003

Analisando visualmente a Figura 3, é possível verificar a predominância das áreas ocupadas pela classe campestre. Na Figura 4 apresenta-se o mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra referente ao ano de 2014, após a realização da etapa de pós-classificação. O índice de confiabilidade atingiu coeficiente Kappa de 0,96.

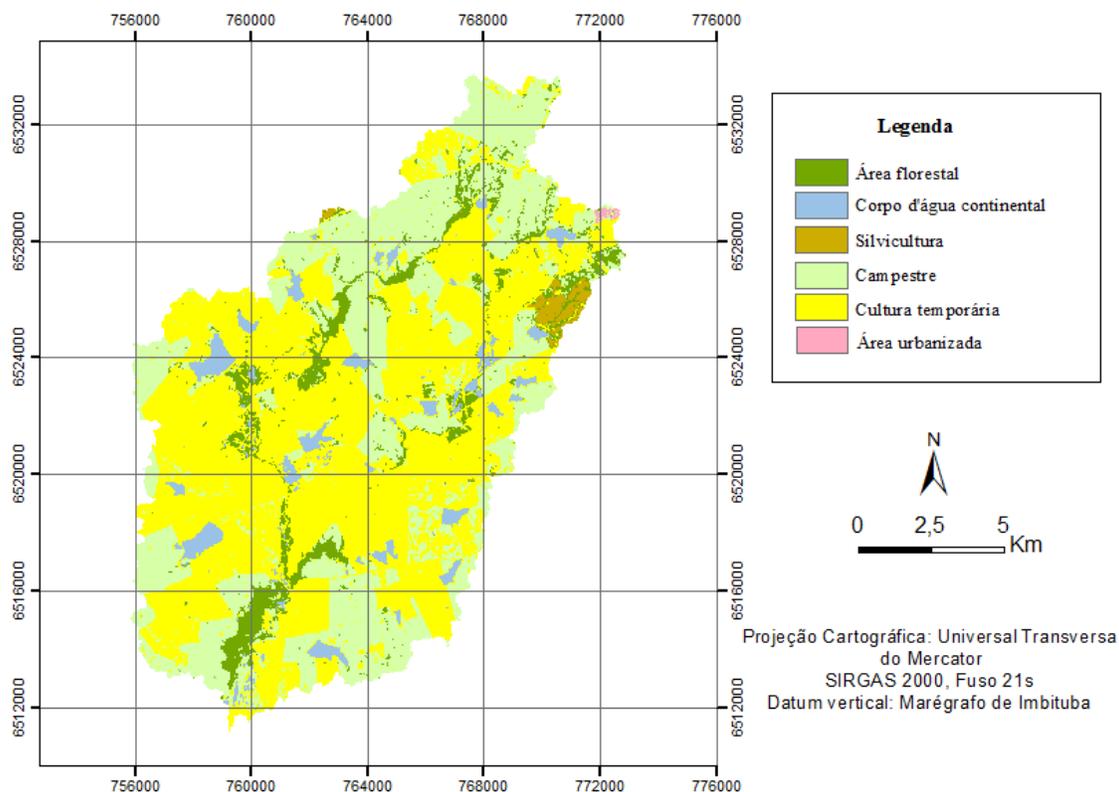


Figura 4 - Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra em 2014

Na tabela 2 apresenta-se a quantificação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica realizada com base nas imagens apresentadas nas figuras 3 e 4, bem como a quantificação das alterações que ocorreram no período em estudo.

Tabela 2. Quantificação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra

Classe	Área ocupada em 2003 (km ²)	Porcentagem com relação a área total da bacia	Área ocupada em 2014 (km ²)	Porcentagem com relação a área total da bacia	Alteração (km ²)
Área urbanizada	0,23	0,11	0,25	0,12	0,02
Campestre	152,55	70,93	72,53	33,72	-80,02
Cultura temporária	30,58	14,22	116,17	54,01	85,59
Área Florestal	14,04	6,53	14,99	6,97	0,95
Corpo d'água continental	6,25	2,91	9,20	4,28	2,95
Silvicultura	11,43	5,31	1,95	0,91	-9,48

A classe de uso e cobertura da terra predominante na área de estudo em 2003 era a classe “campestre”, que ocupava aproximadamente 70,93% da área da bacia. As áreas urbanizadas abrangiam uma área de 0,23km², ou 0,11% da área da bacia. A classe “cultura temporária”, composta principalmente por plantações de milho, ocupava 14,22% da área (30,58km²), enquanto



as áreas florestais correspondiam por 6,53%. A classe “corpo d’água continental” ocupava 6,25% da área da bacia, e as áreas ocupadas por silvicultura correspondiam a 11,43% dessa área.

No ano de 2014, a classe de uso e cobertura da terra predominante na área de estudo era a classe “cultura temporária”, ocupando 54,01% da área da bacia e composta basicamente por plantações de soja. As áreas urbanizadas abrangiam uma área de 0,25km², ou 0,12% da área da bacia. A classe “campestre” passou a ocupar 33,72% da área da bacia, enquanto as áreas florestais ocupavam 14,99%. A classe “corpo d’água continental abrangia 4,20km² (9,20% da área da bacia) e as áreas de silvicultura, 1,95%.

Verifica-se que, no período em estudo, as alterações mais relevantes ocorreram nas classes “campestre” e “cultura temporária”. A classe “campestre” sofreu uma redução em área de 52,45%, enquanto a classe “cultura temporária” ocupava, em 2014, uma área 279,89% maior do que em 2003. As áreas urbanizadas aumentaram em 8,70% no período em estudo. As áreas florestais aumentaram em 6,77%, enquanto as áreas ocupadas por silvicultura sofreram um decréscimo de 82,94%. Verifica-se, por fim, o aumento em 47,20% na área ocupada pela classe “corpo d’água continental” no período em estudo.

4. Conclusões

Apresentaram-se, neste artigo, os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na área de abrangência da bacia hidrográfica do Arroio Bocarra, que faz parte da bacia hidrográfica do Rio Negro, Rio Grande do Sul, em 2003 e em 2014. O uso de técnicas de geoprocessamento com base em sensoriamento remoto e em sistemas de informações geográficas permitiram realizar as análises, demonstrando a capacidade de contribuição para a detecção das mudanças no uso e cobertura da terra e para a sua representação cartográfica.

A partir do mapeamento realizado, constatou-se a ocorrência de uma intensa mudança com relação aos usos e à cobertura da terra na área da bacia hidrográfica. A principal alteração registrada foi a substituição da classe campestre como principal uso pela classe cultura temporária, que no mapeamento de 2014 passou a ocupar 54,01% da área em estudo. As alterações no uso e na cobertura da terra podem ser atribuídas às mudanças na atividade econômica na bacia hidrográfica. As atividades econômicas predominantes são a agricultura e a pecuária. A criação de gado de corte é a principal atividade relacionada à pecuária. Já com relação à agricultura, destacam-se a produção de arroz e de soja. Ao longo do período em estudo, um aumento considerável na produção de soja. Desta maneira, é possível afirmar que as alterações nas áreas ocupadas pelas classes “campestre”, “cultura temporária” e “silvicultura” na bacia hidrográfica do Arroio Bocarra foram ocasionadas pelo aumento do cultivo de soja, que ocorreu em áreas anteriormente ocupadas por floresta de eucalipto e de acácia e também por campos destinados a pecuária. De fato, os dados dos censos agropecuários do IBGE de 1995/1996 e de 2006 já evidenciavam essa tendência para o município de Bagé-RS. Entre os dois censos realizados, as áreas destinadas ao cultivo de arroz reduziram de 13.636 hectares para 10.000 hectares e as áreas destinadas ao plantio de soja aumentaram de 10.000 para 20.000 hectares. Nesse mesmo período, o número de cabeças de gado caiu de 321.000 para 282.500.

A próxima etapa prevista no estudo é a realização do mapeamento do uso e cobertura da terra para outros cenários, anteriores à 2003, o que permitirá verificar a evolução e as tendências de mudança nas classes de uso e cobertura da terra ao longo do tempo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS pelo incentivo através do auxílio financeiro referente ao edital pesquisador gaúcho (PqG) 2013 e PICMEL (2014).

Referências Bibliográficas

Esri. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.3. Software, 2015

Franczyk, J., Changk, H.. The effects of climate change and urbanization on the run off the rock creekbasin in the Portland metropolitan area, Oregon, USA. **Hydrological Processes**, 23, p. 805–815, 2009.

Ghaffari, G., Keesstra, S., Ghodousi, J., Ahmadi, H. SWAT-simulated hydrological impact to land-use change in the Zanjaanrood Basin, Northwest Iran. **Hydrological Processes**, 24(7), p. 892-903, 2009.

Landis, J.R. E Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

Lillesand, T., Kiefer, R. **Remote Sensing and Image Interpretation**, John Wiley and Sons, USA, 4th edition, 2008.

López-Granados, E., Mendoza, M., González, D. 2013. Linking geomorphologic knowledge, RS and GIS techniques for analyzing land cover and land use change: a multitemporal study in the Cointzio watershed, Mexico. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 8(1), 18-37, 2013.

Maidment, D. 2002. **ArcHydro: GIS for Water resources**. ESRI Press, Redlands, CA.

Mendoza, M., López-Granados, E., Geneletti, D. Pérez-Salicrup, D., Salinas, V.. Analysing land cover and land use change processes at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). **Applied Geography**, 31, p. 237-250, 2011.

Mohammed, M., Liu, Y., Hartman, H., Stewart, S., Wagener, T., Semmens, D., Stewart, R., Gupta, H., Dominguez, D., Dominguez, F., Hulse, D., Letcher, R., Rashleigh, B., Smith, C., Street, R., Ticehurst, J., Twery, M., van Delden, H., Waldick, R., White, D., Winter, L.. A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making. **Environmental Modelling and Software**, 24 (7), p. 798–808, 2009.

Nie, W.; Yongping Yuan, Y.; Kepner, W.; Maliha S. Nash, M.; Jackson, M.; Erickson, C.. Assessing impacts of Land use and Land cover changes on hydrology for the upper San Pedro watershed. **Journal of Hydrology**, 407, p. 105–114, 2011.

United States Geological Survey (USGS). Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.