

**USO E COBERTURA DA TERRA EM FUNÇÃO DAS DECLIVIDADES DO
TERRENO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO DO RESERVATÓRIO ERNESTINA-RS**

**LAND USE AND LAND COVER ACCORDING TO THE INCLINATION OF THE
LAND IN THE CATCHMENT AREA OF THE RESERVOIR
ERNESTINA-RS**

Joceli Augusto GROSS¹
Felipe Correa dos SANTOS²
Waterloo Pereira FILHO³

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi avaliar os usos e cobertura da terra em função das declividades do terreno na área de captação do reservatório Ernestina - RS. De forma complementar avaliou-se as Áreas de Preservação Permanente nas margens dos principais canais fluviais e nas encostas de morros, conforme o Código Florestal vigente. A área de estudo foi subdividida em setores que englobam os principais tributários do reservatório Ernestina para fins de avaliações comparativas entre os mesmos. Para as avaliações dos usos e cobertura da terra em função das declividades do terreno foi realizada a Álgebra de mapas, sendo as declividades associadas às classificações de escoamento superficial das águas pluviais e de formas de relevo. As áreas de preservação permanente nas margens dos rios e do reservatório Ernestina foram avaliadas em *buffers* seguindo as designações do Código Florestal. Os resultados demonstraram que o uso da terra na área de estudo é predominantemente agrícola sobre terrenos com declividades que caracterizam relevos suaves/ondulados a ondulados, sujeitos a escoamentos superficiais de lentos a rápidos. No entanto, entre nos setores avaliados ocorrem variações de declividades, que provavelmente influenciaram para maior ou menor exploração das terras pela agricultura temporária, inclusive em áreas de preservação permanente.

Palavras-Chave: Declividade; Uso da Terra; Reservatório Ernestina.

Abstract: The aim of the present study was to evaluate the land use and the land cover according to the inclination of the catchment area of the reservoir Ernestina-RS. As a complement, the Permanent Preservation Areas in margins of the main river channels and hillside, according to the Forestry Code in effect, were evaluated. The studied area was subdivided into sectors which include the main tributaries of Ernestina reservoir for comparative evaluations. To the evaluation of land use and land cover according to the inclination of the land, the map algebra was applied, and the inclination was associated to the superficial flow classification of rainwater and landforms. The Permanent Preservation Areas in the margins of the river and the Ernestina Reservoir were evaluated in buffers following the headings of the Forestry Code. The results show that the land use in the studied area is mostly agricultural over the land with inclination, which characterizes soft/waving to waving landforms, subject to superficial flows, from slow to fast. However, amongst the evaluated sectors, variations of inclination occur, which probably influences to higher or lower exploitation of the land by temporary agriculture, even in Permanent Preservation Areas.

Key words: Inclination; Land use; Ernestina Reservoir.

^{1;2} Doutorandos em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

¹<gross_joceli_augusto@hotmail.com>; ²<felipecorrears@hotmail.com>.

³ Doutor e Geografia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

³<waterloopf@gmail.com>.

Introdução

A terra como ambiente é caracterizada como o próprio solo, ou seja, a cobertura da terra que filtra as águas pluviais e de escoamento superficial e serve de hábitat para a fauna e a flora. Para a economia a terra é um insumo para a alocação da produção, da infraestrutura, moradia e conseqüentemente, uma reserva de capital (HUBACEK & VAN DEN BERGH, 2002).

De acordo com a FAO (1999), o uso da terra se configura na organização, atividades e insumos que as comunidades humanas ou pessoas alocam sobre determinada tipologia de cobertura das terras para produzir, modificar ou preservar essa cobertura. Dessa maneira, esse conceito aborda não somente as atividades produtivas, ou seja, os benefícios da produção, como também as ações de manejo visando manter a produtividade das atividades do homem ligadas à terra (OLIVEIRA, 2009). Por outro lado, a cobertura da terra, de acordo com Anderson et al. (1979), foi definida como os elementos da natureza, ou seja, solo, rochas, água, vegetação e construções criadas pelo homem.

De acordo com Oliveira (2009) e frente às conceituações supra expostas, entende-se a terra como um recurso indispensável para sobrevivência e geração de renda para as comunidades humanas, tornando-se de fundamental importância o conhecimento de como esse recurso foi utilizado ao longo do tempo, para a geração de informações que integrem políticas públicas e estratégias governamentais, para o gerenciamento e proteção dos recursos naturais.

Nesse sentido, o mapeamento do uso e cobertura da terra é uma representação cartográfica das diferentes ocupações antrópicas sobre o ambiente natural, permitindo o seu monitoramento, o que assume fundamental importância na verificação das mudanças nos aspectos socioeconômicos de uma região e, conseqüentemente no meio ambiente natural ao longo do tempo (MOTA, 1981). Nessa perspectiva, Rosa (2003) salienta sobre a necessidade do acompanhamento constante da distribuição espacial do uso da terra como subsídio aos estudos de desenvolvimento de determinada região.

Aliadas aos usos da terra, as avaliações sobre a declividade do terreno constituem-se em importantes instrumentos de apoio aos estudos sobre a potencialidade de uso agrícola e planejamento urbano de uma determinada área. Distinções baseadas nessas condicionantes são empregadas para prover informação sobre a praticabilidade de emprego de equipamentos agrícolas, normalmente os mecanizados e facultar inferências sobre susceptibilidade dos solos à erosão (DE BIASI, 1992).

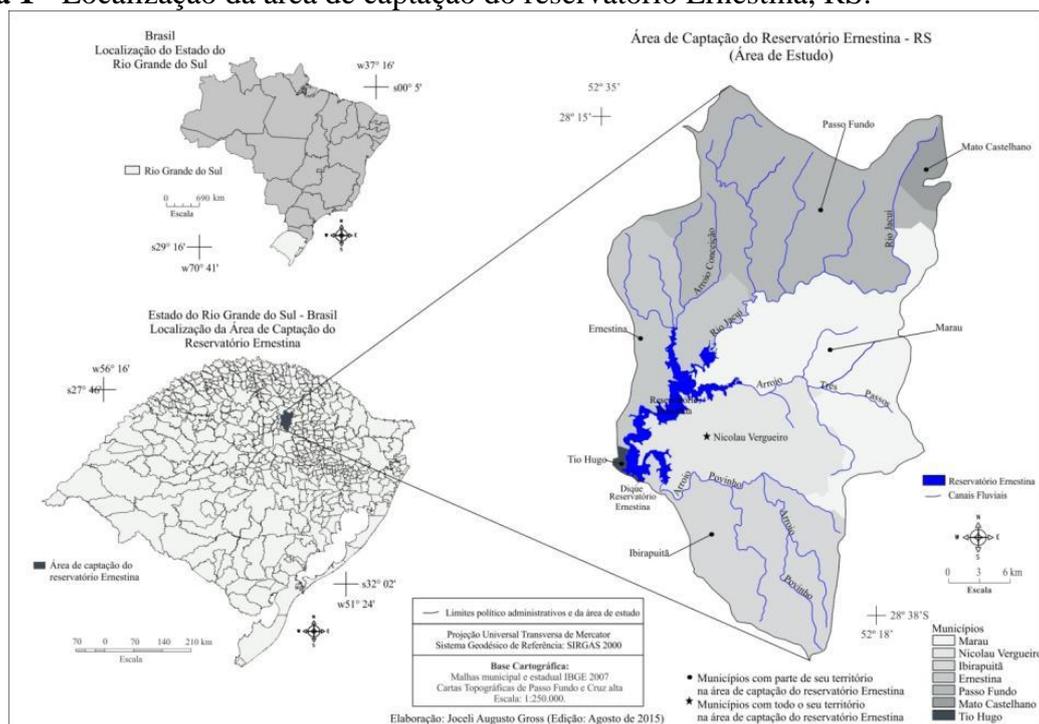
Ressalta-se de acordo com Fichtelmann *et al.* (2005) que a demanda por informação contínua, incluindo as questões ambientais, cresce constantemente. No entanto, somente o registro das condições de um ambiente durante um espaço de tempo maior, permite calcular ou derivar tendências da sua variabilidade natural em relação complexa com os diferentes fatores naturais ou humanos que influenciam estas tendências. Informações atuais servirão de base para a tomada de decisão no que concerne a preservação dos recursos naturais em ações imediatas, a médio e a longo prazo, sendo essas informações passíveis de comparação com outras a serem geradas, considerando um monitoramento periódico e constante. Destaca-se, que em parte essas exigências estão associadas a uma elevada repetição temporal e espacial de imagens orbitais e em paralelo, a disponibilidade de satélites e sensores adequados no âmbito do Sensoriamento Remoto.

Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos usos e cobertura da terra em função das declividades do terreno na área de captação do reservatório Ernestina - RS. De forma complementar foram avaliadas as Áreas de Preservação Permanente (APP) nas margens dos principais canais fluviais e encostas de morros, conforme o Código Florestal, (Lei nº 12.651 de 2012).

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Geotecnologias LABGEOTEC junto ao Centro Regional Sul do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRS/INPE) localizado na cidade universitária da Universidade Federal de Santa Maria em Santa Maria - RS. A área de estudo (Figura 1) compreende a área de captação do reservatório Ernestina, localizada na porção Centro-Norte do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo partes dos municípios de Ernestina, Passo Fundo, Tio Hugo, Marau, Ibirapuitã, Mato Castelhanos e todo o município Nicolau Vergueiro (COLLISCHONN & TUCCI, 1997).

Figura 1 - Localização da área de captação do reservatório Ernestina, RS.



A não ser pelo município de Nicolau Vergueiro, os demais municípios representados no mapa da área de estudo tem apenas parte de seus territórios integrando a área de captação do reservatório Ernestina.

O reservatório Ernestina foi construído para fins de geração de energia elétrica na denominada Usina Hidrelétrica (UHE) Ernestina, concluída no ano de 1954, sendo a primeira das cinco usinas hidrelétricas hoje instaladas no alto curso do Rio Jacuí. A UHE Ernestina entrou em operação no ano de 1957 e desde então é de responsabilidade da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE) (COAJU, 2009; 2010). Na sua área de captação a economia agrícola tem como base a produção de soja, milho e trigo, além dos cultivos de aveia e azevém principalmente para alimentação de gado bovino e leiteiro, tanto no período de verão como no de inverno. Com a construção do reservatório, outras atividades como residências para fins de lazer e silvicultura, tomaram lugar em seu entorno (CEEE-GT, 2011).

Para as avaliações no presente trabalho, a área de captação do reservatório Ernestina foi subdividida em setores (S) a saber: S1 = bacia hidrográfica do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina; S2 = bacia hidrográfica do Arroio Povinho; S3 = bacia hidrográfica do Arroio Três Passos; S4 = bacia hidrográfica do Arroio Conceição, englobando outros dois tributários do reservatório que tem seus exutórios próximos a foz do Arroio Conceição; S5 = Áreas adjacentes ao reservatório que não pertencem as áreas dos setores S1, S2, S3 e S4. A

subdivisão da área de estudo nestes setores foi realizada porque englobam os principais tributários do reservatório Ernestina com relação as suas águas e conseqüentemente com carga detrítica, sendo esta, mais ou menos significativa em função das condições dos usos e cobertura da terra e capacidade dos rios de transportá-la, o que por sua vez, se relaciona com as declividades do terreno, dentre outros fatores. Neste contexto, é observada a unidade geográfica bacia hidrográfica, de fundamental importância para o planejamento de uso dos recursos naturais.

O banco de dados geográficos foi construído no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING, 1996) versão 4.3.3, com base nas informações disponíveis da área de captação do reservatório Ernestina, em documentos cartográficos analógicos e digitais. Para a elaboração da base cartográfica foi realizado o georreferenciamento, mosaico e digitalização das cartas topográficas de Cruz Alta e Passo Fundo na escala 1:250.000, elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) - Ministério do Exército. Das cartas topográficas foram extraídos (digitalizados) os limites da área de estudo, assim como dos referidos setores determinados no presente trabalho, que drenam suas águas para o reservatório Ernestina e os principais cursos de água em termos de extensão longitudinal.

Os usos e coberturas da terra foram avaliados em uma cena LISS III/Resourcesat-1 (órbita 327/ponto 99) do dia 17 de agosto de 2012, sendo esta considerada devido a ausência de cobertura de nuvens. A imagem foi geometricamente corrigida com a utilização de dados das cartas topográficas anteriormente citadas, no software Spring 4.3.3. A classificação foi do tipo supervisionada, com o classificador Battacharya, por regiões e prévia segmentação da imagem (MOREIRA, 2005). As características das classes de usos e cobertura da terra (IBGE, 2006) avaliados na área de estudo estão relacionadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Características das classificações de usos e coberturas da terra.

Classificações	Uso e cobertura da terra	Descrição
Áreas antrópicas não-agrícolas	Área urbana	Áreas densamente povoadas, onde se concentram residências, vias de transporte e os locais em que se dão várias atividades econômicas e sociais da população.
Áreas Antrópicas agrícolas	Culturas anuais	Áreas com cobertura agrícola, abrangendo uma dada fase de desenvolvimento da planta conforme o período do ano.
	Solo exposto	Áreas de preparo do solo, por meio da mobilização do solo ou por meio de dessecante. Estão incluídas as áreas expostas por atividades de mineração estradas pavimentadas e não-pavimentadas.
Áreas de vegetação	Florestal	Floresta nativa primária e secundária. Florestamentos realizados com espécies exóticas.
	Campestre	Áreas com gramíneas e cespitosas.
Águas	Corpos d'água	Superfícies aquáticas formadas por rios e reservatórios.

Fonte: Adaptado de IBGE (2006). Org.: Wachholz (2011).

Para obtenção de dados referentes a topografia da área de estudo foi adquirida uma imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30 metros oriunda do projeto TOPODATA – Banco de Dados Geomorfológico do Brasil (VALERIANO, 2008). Os dados desta imagem possibilitaram a geração das curvas de nível e do mapa de declividades do terreno. Nesta avaliação, utilizou-se a classificação estabelecida por Lepsch *et al.* (1991), que propõem sete classificações segundo a capacidade de uso e cobertura da terra, a forma do relevo e a velocidade do escoamento superficial, conforme Tabela 1. No entanto, nesta classificação também foi considerado o artigo segundo do Código

Florestal Lei nº 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012) que designa encostas (áreas) com declividades superiores a 45° ou 100% como Áreas de Preservação Permanente (APP), de maneira que a classificação de Lepsch et al. (1991) foi adaptada nas duas faixas de declividade de maiores valores (45% a 70% adaptada para 45% a 100% e maiores de 70% adaptada para maiores de 100%), para atender o objetivo do presente trabalho. As formas de relevo e classificações referentes ao escoamento superficial foram mantidas conforme o autor supracitado.

Tabela 1 – Classificação das declividades do terreno segundo Lepsch *et al.*, (1991).

Classes de declividade (%)	Forma do relevo	Escoamento superficial
0 a 2	Plano (terraços)	Muito lento ou lento
2 a 5	Suave ondulado (colinas)	Lento ou médio
5 a 10	Ondulado (morros e morrotes)	Médio ou rápido
10 a 15	Muito inclinado (morros e morrotes)	Rápido
15 a 45	Fortemente ondulado (morros e serras)	Muito rápido
45 a 100	Montanhoso (montanhas e serras)	Muito rápido
Mais de 100	Escarpado (serras e escarpas)	Muito rápido

Fonte: Adaptado de Lepsch *et al.*, (1991).

Para a avaliação dos usos e cobertura da terra em função das declividades do terreno foi realizada a álgebra de mapas no *software* Spring 4.3.3, para efetuar o cruzamento destas variáveis. Para as avaliações das Áreas de Preservação Permanente (APPs) referentes as margens do reservatório e dos canais fluviais foram observadas as designações do Código Florestal (Lei nº 12.651 de 2012) (BRASIL, 2012). No referido código, para as APPs no entorno de reservatórios deve ser considerada uma faixa de 100 metros de largura e nos canais fluviais as APPs variam de acordo com a largura dos mesmos, e desta maneira foi determinada no presente trabalho, uma faixa 30 metros, considerando as observações de campo referentes a rios até 10 metros de largura. Estas áreas foram medidas com relação aos usos e coberturas da terra observados nas mesmas.

Resultados e discussões

As medições referentes a área de estudo resultaram em 1.053,35 km² na sua totalidade (Tabela 2), no entanto, sabendo-se que a lâmina de água do reservatório tem 31,15 km² mensurada na imagem LISS III do dia 17 de agosto de 2009, calculou-se a área total de captação das águas de escoamento superficial e fluvial do reservatório Ernestina, obtendo-se 1022,20 km².

Tabela 2 - Comprimento dos principais canais fluviais e a abrangência espacial (km²) dos setores determinados para as avaliações do reservatório Ernestina-RS.

Áreas avaliadas - Setores (S)	Comprimento dos canais	Área (km ²)
S1*	107,22	396,50
S2*	74,55	224,27
S3*	48,71	156,41
S4*	47,21	110,49
S5*	-----	165,67
Totais	277,69	1053,35

S=Setores. ^{S1*}(Área da Bacia Hidrográfica do rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina); ^{S2*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Povinho); ^{S3*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Três Passos); ^{S4*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Conceição, a qual foram englobados dois outros canais fluviais que tem seus exutórios a uma distância de 600 metros da foz do Arroio Conceição e no mesmo setor do reservatório Ernestina); ^{S5*}(Área da lâmina de água do reservatório Ernestina observada

(medida) em cena do sensor LISS III do dia 17 de agosto de 2012 e adjacências, que não fazem parte dos setores S1, S2, S3 e S4).

Os principais canais fluviais da rede de drenagem, perfazem 277,69 km de comprimento. Nas medidas dos comprimentos dos principais canais fluviais e as áreas de abrangência dos setores determinados para as avaliações no presente trabalho observou-se que o S1, ou seja, a bacia hidrográfica do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina, mantém 396,5 km² de área e 107,22 km de drenagem, considerando apenas os principais rios em extensão longitudinal, sendo estas as maiores verificadas.

Na Tabela 3 estão expostos os resultados referentes aos usos e cobertura da terra observados na área de estudo. O maior percentual é destinado aos cultivos anuais, ou seja, as lavouras temporárias. Dos setores avaliados, o S4, que engloba a bacia hidrográfica do Arroio Conceição, tem o maior percentual de áreas ocupadas com cultivos anuais e os menores com áreas de florestas.

Ressalta-se que as áreas de lavouras temporárias, se destacam em todos os setores analisados, em detrimento dos demais usos e cobertura da terra. O máximo de área de floresta foi observado na bacia hidrográfica do Arroio Três Passos (S3), somando 33,17%. Isso se deve provavelmente as condições topográficas favoráveis a mecanização agrícola, como será discutido posteriormente na análise das declividades do terreno. Outro aspecto importante é o solo na área de estudo, que considerando apenas os grandes grupos são do tipo LBRa e LEFa (Latosolo Bruno Intermediário para Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho escuro) geralmente de argiloso a muito argiloso (IBGE, 2002), sendo de fácil manuseio, no entanto, alguns tipos requerem correções periódicas para assegurar a sua fertilidade, como é o caso do Latossolo Vermelho escuro (EMBRAPA, 2015).

Tabela 3 - Percentuais de usos e cobertura da terra observados em uma cena do sensor LISS III do dia 17 de agosto de 2012 na área de captação do reservatório Ernestina-RS (AT*) e nos setores (S) determinados para as avaliações no presente trabalho.

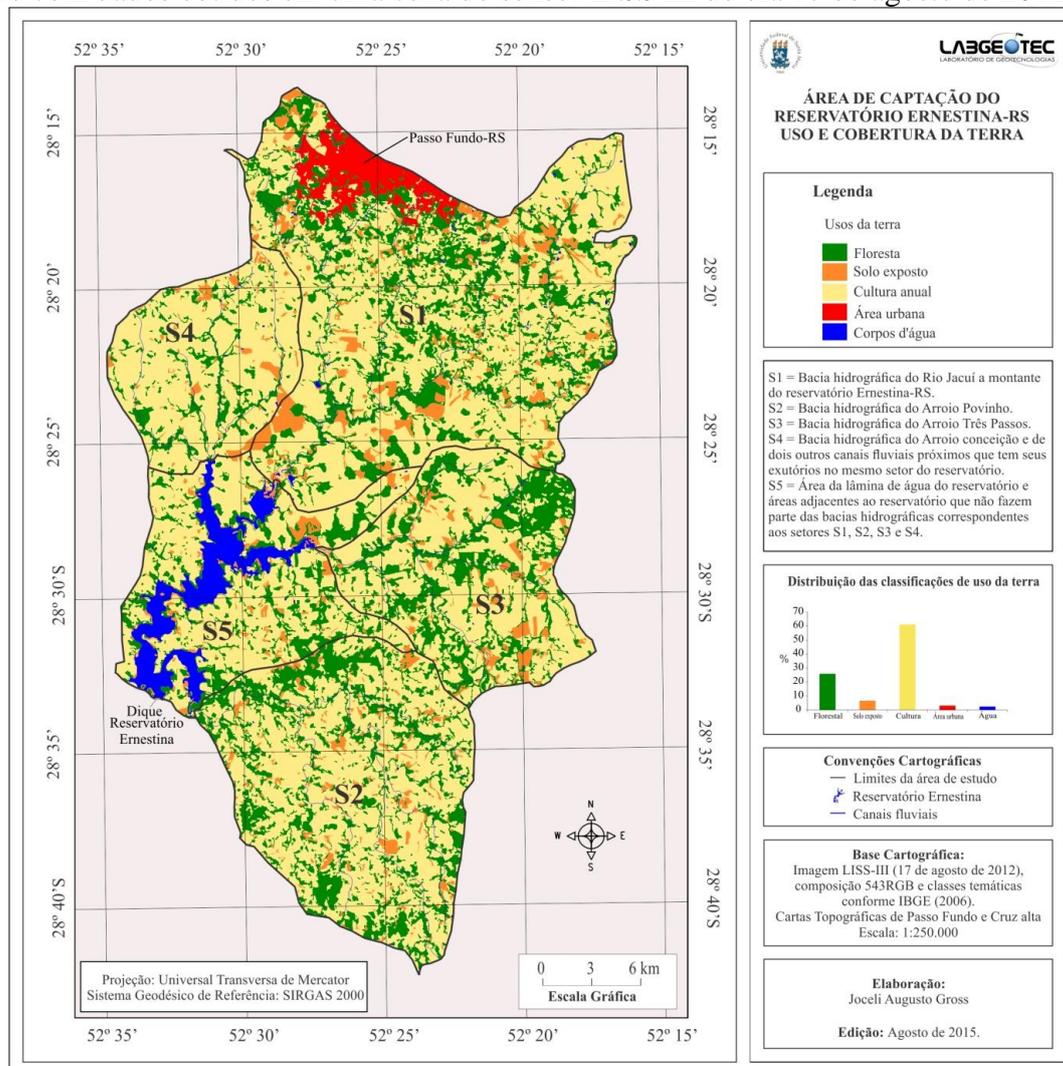
Áreas avaliadas Setores (S)	Usos e cobertura da Terra - Área (%)				
	Floresta	Solo exposto	Cultivos anuais	Corpos de água	Área urbana
S1*	25,91	9,02	58,12	0,37	6,58
S2*	29,00	5,50	65,39	0,11	0,00
S3*	33,17	6,97	59,82	0,03	0,00
S4*	15,38	5,17	79,30	0,15	0,00
S5*	24,69	7,38	66,84	1,09	0,00
AT*	26,40	7,30	63,41	0,34	2,55

S=Setores. S1* (Área da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina); S2* (Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Povinho); S3* (Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Três Passos); S4* (Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Conceição, a qual foram englobados dois outros canais fluviais que tem seus exutórios a uma distância de 600 metros da foz do Arroio Conceição e no mesmo setor do reservatório Ernestina); S5* (Área da lâmina de água do reservatório Ernestina observada (medida) em cena do sensor LISS III do dia 17 de agosto de 2012 e áreas adjacentes ao reservatório que não fazem parte dos setores S1, S2, S3 e S4); AT* (Área Total de estudo).

Na Figura 2 estão expostos os dados de uso e cobertura da terra espacializados na área de captação do reservatório Ernestina (AT) e subdivisões ou setores (S1; S2; S3; S4; S5) determinadas para avaliações no presente trabalho. Nesta representação espacial de uso e cobertura da terra, as áreas referentes ao solo exposto foram observadas principalmente no setor S1, provavelmente lavouras em preparo do solo para culturas como o milho, que tem sua época de semeadura a partir do mês de setembro para o Rio Grande do Sul (EMBRAPA,

2015). A área urbana se refere a sede municipal de Passo Fundo-RS no extremo Norte da área estudada e inserida na bacia hidrográfica do Rio Jacuí (S1) a montante do reservatório, de maneira que a influência urbana na qualidade da água do Rio Jacuí e consequentemente do reservatório Ernestina deve ser levada em consideração.

Figura 2 - Mapa de uso e cobertura da terra** da área de captação do reservatório Ernestina de acordo com dados obtidos em uma cena do sensor LISS III do dia 17 de agosto de 2012.



** (Notadamente, o uso da terra é predominantemente agrícola com maiores áreas de remanescentes florestais nos setores S1, S2 e S3 referentes as bacias hidrográficas do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina, do Arroio Povinho e Arroio Três Passos, respectivamente. No setor S4 que engloba a bacia hidrográfica do Arroio Conceição é expressivo o percentual de áreas destinadas aos cultivos anuais, quando comparada com os demais setores avaliados, principalmente se forem consideradas as áreas de solo exposto (em tons de laranja no mapa) como lavouras em preparo do solo para cultivos como o milho que tem época de semeadura iniciada no mês de setembro no Estado do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2015)).

As áreas cobertas por florestas ocupam 26,40% (Tabela 3) da área total de estudo (AT), ou seja, cerca de 270 km², sendo esta uma área considerável, no entanto, ressalta-se que não foram avaliadas as áreas de florestamentos com espécies não nativas que ocorrem naquela área e podem ser consideradas lavouras para silvicultura em detrimento da vegetação nativa. Dos setores avaliados, o S1 (Bacia hidrográfica do Rio Jacuí a montante do reservatório

Ernestina), S2 (Bacia hidrográfica do Arroio Três Passos), S3 (Bacia hidrográfica do Arroio Povinho) as florestas são mais representativas em termos de área de abrangência, formando em muitos casos áreas contínuas, provavelmente propícias ao abrigo da vida silvestre, se for o caso de áreas preservadas em termos de vegetação original, que se tratam de espécies do bioma Mata Atlântica (RIO GRANDE DO SUL, 2015) com Floresta Ombrófila Mista composta por elementos associados a Araucária Angustifolia (Floresta de araucárias) (LEITE & KLEIN, 1990), o que nos setores S4 e S5 é menos visível de acordo com os dados observados. No setor S4 e parte do setor S1 as áreas de cultivos anuais tem menores intercalações de remanescentes florestais, o que indica que as mesmas estão sendo intensamente exploradas para as atividades agrícolas como já ressaltado anteriormente. Próximo as margens do reservatório (setor S5), os remanescentes florestais são pouco visíveis, sendo aquelas áreas ocupadas principalmente pela agricultura e outras atividades, inclusive destinadas a lazer ou silvicultura.

Na Tabela 4 está exposto o resumo da análise exploratória para os dados de declividades do terreno na área de estudo, onde fica demonstrado de acordo com os valores de variância uma maior homogeneidade das declividades do terreno, nos setores S3, S4 e S5 referentes as bacias hidrográficas do Arroio Três Passos, Conceição e das bacias menores adjacentes ou próximas ao reservatório Ernestina, com predomínio de declividades entre 0% e 10% (Tabela 5; Figura 3).

Tabela 4 - Resumo de análise exploratória dos dados de declividades do terreno da área de captação do reservatório Ernestina e subdivisões (Setores), obtidos em imagem SRTM com resolução espacial de 30 m, do projeto TOPODATA, Banco de Dados Geomorfológico do Brasil (VALERIANO, 2008).

Áreas avaliadas	Número de pontos avaliados	Média de declividades (%)	Variância	Declividade mínima (%)	Declividade máxima (%)
S1*	44305	6,38	12,05	0,027	31,03
S2*	26168	6,76	15,39	0,037	30,50
S3*	18367	5,55	7,55	0,025	20,61
S4*	13040	5,97	7,53	0,060	16,69
S5*	21043	5,25	8,71	0,028	26,23
AT*	122255	6,10	11,34	0,025	31,03

S=Setores. ^{S1*}(Área da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina); ^{S2*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Povinho); ^{S3*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Três Passos); ^{S4*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Conceição, a qual foram englobados dois outros canais fluviais que tem seus exutórios a uma distância de 600 metros da foz do Arroio Conceição e no mesmo setor do reservatório Ernestina); ^{S5*}(Área da lâmina de água do reservatório Ernestina observada (medida) em cena do sensor LISS III do dia 17 de agosto de 2012 e bacias hidrográficas adjacentes ao reservatório que não fazem parte dos setores S1, S2, S3 e S4); ^{AT*}(Área Total de estudo). O número diferenciado de pontos avaliados em cada setor se deve abrangência espacial dos mesmos.

As demais áreas, ou seja, a bacia hidrográfica do Rio Jacuí (a montante do reservatório Ernestina - S1) e do Arroio Povinho (S2), as variâncias são superiores (Tabela 4), indicando maiores áreas com terrenos acidentados, como será discutido mais adiante na análise dos dados da Figura 3. Segundo a classificação de Lepsch *et al.* (1991) o relevo da área de captação do reservatório Ernestina (AT) é em sua maioria suave/ondulado a ondulado, tratando-se de terrenos sujeitos a escoamentos superficiais de lentos a rápidos em 81,29% da área estudada (Tabela 5). Nas áreas de declividades de 15% a 45% o escoamento pode ser considerado muito rápido sobre terrenos fortemente ondulados que perfazem 1,92% da área total (AT). Destaca-se que as declividades do terreno da área de captação do reservatório Ernestina (AT) variam de 0,025% a 31,03% com média de 6,10% (Tabela 4), sendo estas,

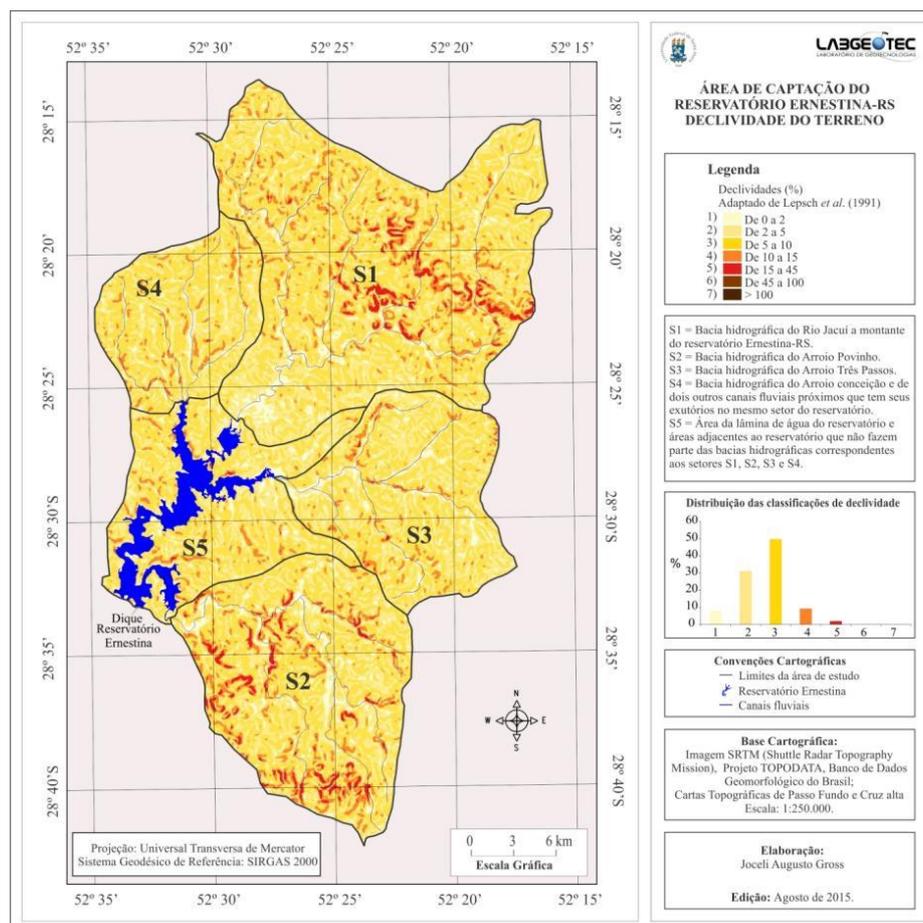
abaixo daquelas consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP) em encostas de morros, de acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651 de 2012) como será ressaltado posteriormente.

Tabela 5 - Percentuais de áreas por classificações de declividades segundo Lepsch *et al.* (1991) da área de captação do reservatório Ernestina-RS (AT) e, por setores (S) determinados para as avaliações no presente trabalho.

Áreas avaliadas	Classificações de declividade (%) - (Adaptada de Lepsch <i>et al.</i> , 1991).						
	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 45	45 a 100	Mais de 100
S1	7,10	30,23	50,48	9,92	2,27	0,00	0,00
S2	7,44	28,20	47,65	12,47	4,23	0,00	0,00
S3	8,86	36,02	49,06	5,70	0,36	0,00	0,00
S4	7,16	30,54	54,65	7,52	0,13	0,00	0,00
S5	8,73	35,60	48,93	6,46	0,28	0,00	0,00
AT	7,67	31,41	49,88	9,12	1,92	0,00	0,00

As variações de declividade (Tabela 4) podem ser observadas na Figura 3, onde nos setores S1 e S2 as tonalidades de vermelho que representam a classe de declividades entre 15% e 45% (Máximo de 31,03% - Tabela 4) são notadamente significativas em comparação com os demais setores avaliados.

Figura 3 - Mapa de declividades do terreno** da área de captação do reservatório Ernestina-RS.



** (Notadamente as áreas de maiores declividades estão situadas em sua maioria nos setores S1 e S2, referentes as bacias hidrográficas do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina e do Arroio Povinho).

Em suma as declividades observadas, caracterizam terrenos de fácil mecanização agrícola, mesmo aqueles de maior inclinação. Neste sentido, os resultados da Álgebra de Mapas expostos na Tabela 6, demonstram, de maneira geral, que os principais usos e cobertura da terra observados, ou seja, os cultivos anuais e floresta, estão situados em sua maioria sobre relevos suaves/ondulados, em terrenos sujeitos a escoamentos superficiais de lentos a rápidos com declividade de 2% a 10% que são as predominantes em todos os setores.

Tabela 6 - Resultados da Álgebra de mapas. Uso e cobertura da terra em função das declividades do terreno.

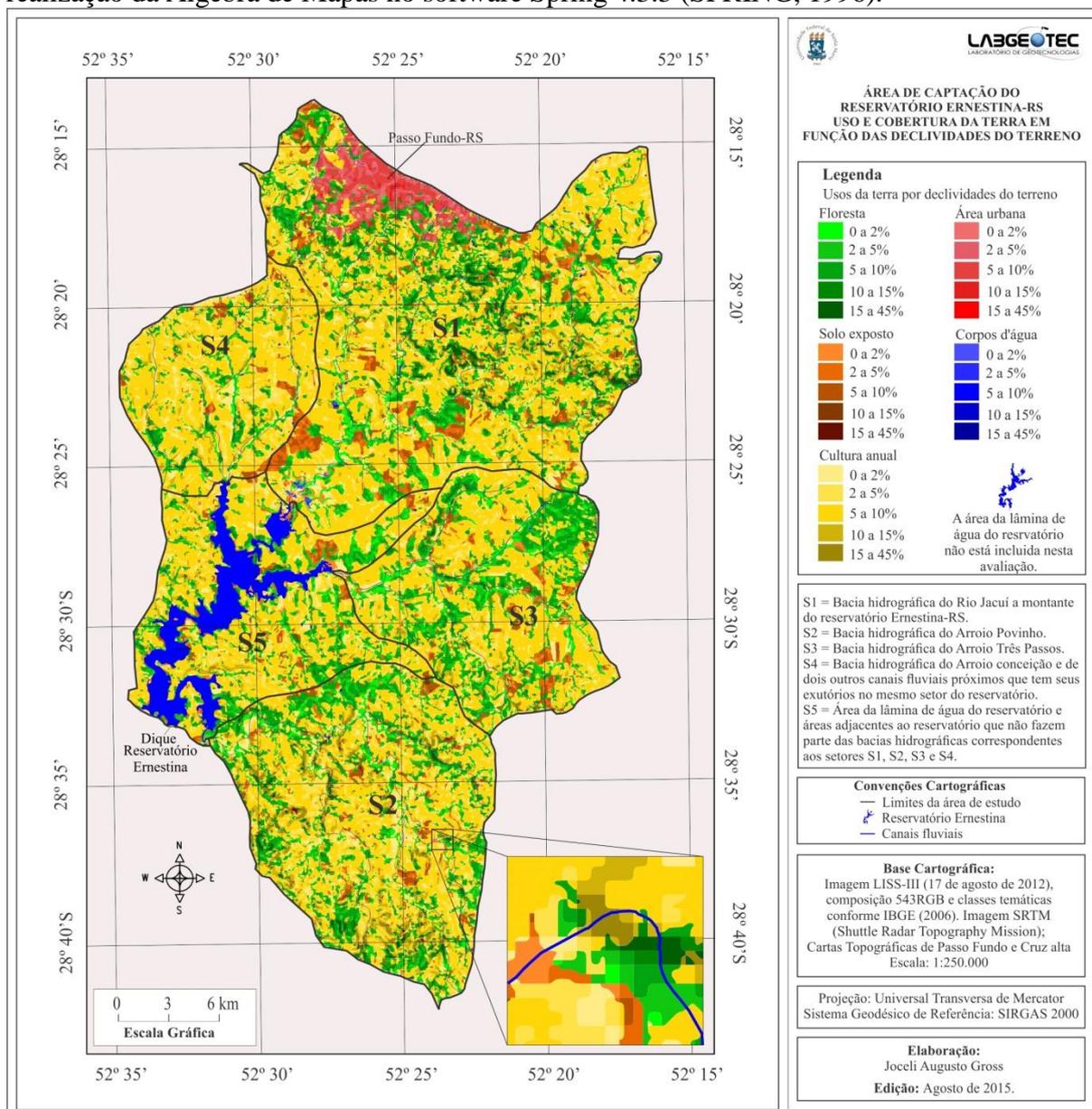
Áreas avaliadas	Área (km ²)	Classificações de declividade (%)	Usos e cobertura da Terra - Área (%)**					Totais (%)
			Floresta	Solo	Cultivos	Corpos	Área	
S1	396,5	0 a 2	2,09	0,69	3,85	0,09	0,38	7,1
		2 a 5	6,51	3,31	18,53	0,14	1,74	30,23
		5 a 10	11,69	4,34	30,26	0,12	4,07	50,48
		10 a 15	4,17	0,58	4,76	0,02	0,39	9,92
		15 a 45	1,45	0,1	0,72	0	0	2,27
		Totais (%)	25,91	9,02	58,12	0,37	6,58	100
S2	224,27	0 a 2	2,40	0,38	4,65	0,01	0,00	7,44
		2 a 5	7,91	1,47	18,79	0,03	0,00	28,20
		5 a 10	13,42	2,84	31,35	0,05	0,00	47,65
		10 a 15	3,84	0,62	7,99	0,02	0,00	12,47
		15 a 45	1,42	0,19	2,61	0,00	0,00	4,23
		Totais (%)	29,00	5,50	65,39	0,11	0,00	100
S3*	156,41	0 a 2	3,35	0,69	4,81	0,01	0,00	8,86
		2 a 5	11,27	2,67	22,07	0,02	0,00	36,02
		5 a 10	15,90	3,28	29,86	0,01	0,00	49,06
		10 a 15	2,45	0,32	2,93	0,00	0,00	5,70
		15 a 45	0,20	0,01	0,15	0,00	0,00	0,36
		Totais (%)	33,17	6,97	59,82	0,03	0,00	100
S4	110,49	0 a 2	1,63	0,30	5,21	0,01	0,00	7,16
		2 a 5	4,23	1,93	24,30	0,08	0,00	30,54
		5 a 10	7,48	2,75	44,37	0,05	0,00	54,65
		10 a 15	1,95	0,19	5,37	0,00	0,00	7,52
		15 a 45	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00	0,13
		Totais (%)	15,38	5,17	79,30	0,15	0,00	100
S5	134,52	0 a 2	2,15	1,08	5,32	0,18	0,00	8,73
		2 a 5	8,97	2,77	23,41	0,45	0,00	35,60
		5 a 10	11,46	3,17	33,89	0,41	0,00	48,93
		10 a 15	1,98	0,35	4,08	0,05	0,00	6,46
		15 a 45	0,13	0,00	0,15	0,00	0,00	0,28
		Totais (%)	24,69	7,38	66,84	1,09	0,00	100
AT*	1022,2**	0 a 2	2,31	0,63	4,51	0,06	0,15	7,67
		2 a 5	7,62	2,59	20,39	0,13	0,67	31,41
		5 a 10	12,23	3,52	32,44	0,12	1,58	49,88
		10 a 15	3,31	0,48	5,16	0,02	0,15	9,12
		15 a 45	0,93	0,08	0,90	0,00	0,00	1,92
		Totais (%)	26,40	7,30	63,41	0,34	2,55	100

** (Para o valor de área do setor S5 e o cálculo dos percentuais de uso e cobertura da terra por classificação de declividades não foi considerada a área da lâmina de água do reservatório (31,15 km²)

apenas as áreas emersas adjacentes ao mesmo e desta maneira a área total do estudo (1053,35 km²) está reduzida na tabela.

Na Figura 4 estão espacializados os dados resultantes da Álgebra de Mapas, onde podem ser visualizadas as variações do uso e cobertura da terra em termos de área de abrangência, em função das declividades do terreno.

Figura 4 - Uso e cobertura da terra em função das declividades do terreno **, resultante da realização da Álgebra de Mapas no software Spring 4.3.3 (SPRING, 1996).



** (Em primeiro plano uma amostra da distribuição dos usos e cobertura da terra em função das declividades do terreno no setor S2 que se refere a bacia hidrográfica do Arroio Povinho que integra a área de captação do reservatório Ernestina-RS).

Outra avaliação proposta no presente trabalho foi relacionada as áreas de preservação permanente referentes as declividades do terreno. No entanto, declividades superiores a 100% (45°) não foram observadas na área de estudo como ressaltado anteriormente (Tabelas 4, 5 e 6; Figura 3). Desta maneira foram avaliados os usos e cobertura da terra nas áreas de maiores

declividades observadas, ou seja, aquelas áreas de declividades de 15% a 45% (Máximo de declividade verificada = 31,03%) conforme a classificação proposta por Lepsch *et al.* (1991), obtidos na realização da Álgebra de Mapas no software Spring 4.3.3 (SPRING, 1996).

Na Tabela 7, estão expostos os resultados das avaliações dos usos e cobertura da terra em áreas de maior declividade observadas, considerando toda a área de captação do reservatório Ernestina, onde fica demonstrado que se forem consideradas as áreas de solo exposto como lavoura em preparo do solo, a maioria dos 19,61 km² de área com declividade de 15% a 45% é utilizada com cultivos anuais e um percentual de área considerável (48,68%) é coberto por florestas. Estes resultados são significativos para os setores S1 e S2, sendo que nos demais setores (S3, S4, S5) as referidas áreas de declividades são inexpressivas, conferindo aos mesmos os relevos mais suaves observados (entre setores) e devido a este fator sujeitos a intensa exploração agrícola, com destaque para o setor S4, como ressaltado nas avaliações referentes aos usos e cobertura da terra (Tabela 3; Figura 2) e as declividades do terreno (Tabela 4), sendo a amplitude entre as declividades máxima e mínima do setor S4 menor que a dos demais setores da ordem de 16,63%.

Neste sentido, as menores áreas cobertas por florestas no setor S4, podem ser explicadas em parte por esse fator, haja vista, que as terras daquela área em particular, podem ser tidas como sem restrição para uso de maquinário agrícola, em termos de declividade do terreno, sendo que as áreas de preservação permanente podem estar restritas as margens dos canais fluviais e não preservadas em sua maioria, conforme será discutido posteriormente nas avaliações das Áreas de Preservação Permanente (Tabela 8).

Tabela 7 - Usos e cobertura da terra em áreas com declividades** de 15% a 45% na área de captação do reservatório Ernestina.

Unidades de medida	Usos e cobertura da terra - Área (km ² ; %)					Totais
	Floresta	Solo exposto	Cultivos anuais	Corpos de água	Área urbana	
km ²	9,55	0,86	9,17	0,03	0,00	19,61
%	48,68	4,41	46,77	0,14	0,00	100

** (Destaca-se que o maior percentual de declividade observado é de 31,03%, sendo que essas declividades não são consideradas APP segundo o Código Florestal (Lei n^o 12.651 de 2012), no entanto, de acordo com Lepsch *et al.* (1991), caracterizam-se como relevos fortemente ondulados e sujeitos a escoamentos superficiais muito rápidos, o que pode gerar energia de escoamento superficial significativa para o transporte de carga detrítica principalmente em áreas de lavouras).

Na Tabela 8 estão expostos os resultados da avaliação das áreas de preservação permanente nas margens dos principais rios e no entorno do reservatório Ernestina, onde fica demonstrado, que mais de 45% das faixas de 30 metros de largura em torno de todos rios avaliados e de 100 metros no entorno do reservatório Ernestina são utilizados para cultivos anuais (lavoura temporária). Somando este percentual com aqueles observados para o solo exposto nas margens dos rios e reservatório, e área urbana do município de Passo Fundo-RS, 58,16% das APPs estão em desacordo com as leis ambientais, sendo os demais 41,82% cobertos por floresta e adequados para preservação daqueles ambientes, caso sejam florestas nativas.

Nos setores S1 e S3 as APPs, nas margens de rios, estão em melhores condições de preservação, onde as áreas de florestas representam 47,83% e 49,17%, respectivamente (Tabela 8). No entanto, as áreas de preservação permanente utilizadas para cultivos anuais, são significativas em todos os setores avaliados, principalmente quando considera-se as áreas de solo exposto como prováveis lavouras em preparo do solo. Neste sentido, nos setores S2 e S4 mais de 60% das APPs nas margens de seus principais rios estão em desacordo com as leis ambientais, sendo o setor S4, aquele onde observou-se as menores áreas cobertas por

florestas, em comparação com os demais setores avaliados com relação ao uso e cobertura da terra (Tabela 3; Figura 2) e conseqüentemente o maior percentual de área ocupada com cultivos anuais, como ressaltado anteriormente.

Tabela 8 - Percentuais de área por usos e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APP) nas margens dos principais rios¹ (em extensão longitudinal) e do reservatório², na área de captação do reservatório Ernestina-RS e setores da mesma área determinados para as avaliações no presente trabalho.

APPs avaliadas	Usos e cobertura da terra - Área (%)					APP (km ²) total
	Floresta	Solo exposto	Cultivos anuais	Corpos de água	Área urbana	
Margens - Rios - S1*	47,83	3,62	42,51	0,00	6,04	6,45
Margens - Rios - S2*	36,33	5,02	58,65	0,00	0,00	4,50
Margens - Rios - S3*	49,17	9,12	41,71	0,00	0,00	2,82
Margens - Rios - S4*	37,40	4,07	58,54	0,00	0,00	2,87
Margens - reservatório S5*	40,03	20,72	39,26	0,00	0,00	15,59
APPsT**	41,82	11,63	45,18	0,00	1,35	32,24

S=Setores. ^{S1*}(Área da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina); ^{S2*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Povinho); ^{S3*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Três Passos); ^{S4*}(Área da Bacia Hidrográfica do Arroio Conceição, a qual foram englobados dois outros canais fluviais que tem seus exutórios a uma distância de 600 metros da foz do Arroio Conceição e no mesmo setor do reservatório Ernestina); ^{S5*}(Área da lâmina de água do reservatório Ernestina observada (medida) em cena do sensor LISS III do dia 17 de agosto de 2012 e bacias hidrográficas adjacentes ao reservatório que não fazem parte dos setores S1, S2, S3 e S4); ^{APPsT**}(Área total das APPs, referente as margens dos principais rios da área estudo e do reservatório Ernestina). ¹(Para as margens dos rios as áreas de APP se referem a uma faixa de 30 metros de largura); ²(Para as margens do reservatório Ernestina, as áreas de APP compreendem uma faixa de 100 metros de largura conforme Código Florestal - Lei n° 12.651 de 2012).

Considerações finais

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os usos e cobertura da terra em função das declividades do terreno na área de captação do reservatório Ernestina - RS e de forma complementar avaliou-se as Áreas de Preservação Permanente (APP) referentes as margens dos principais canais fluviais e as declividades do terreno em encostas de morros, conforme o Código Florestal, (Lei n° 12.651 de 2012). Neste sentido, destaca-se que a metodologia utilizada atendeu ao objetivo proposto, permitindo verificar as condições de uso e cobertura da terra, considerando as declividades do terreno e suas variações, relacionadas as formas do relevo e ao escoamento superficial.

De maneira geral, o relevo da área de captação do reservatório Ernestina pode ser considerado suave/ondulado a ondulado com terrenos sujeitos a escoamentos superficiais de lentos a rápidos, sendo utilizados predominantemente com agricultura. As áreas de maior declividade foram observadas nos setores que abrangem as bacias hidrográficas do Rio Jacuí a montante do reservatório Ernestina e do Arroio Povinho, sendo as mesmas principalmente utilizadas para atividades agrícolas e em parte cobertas por florestas, no entanto, não se configuram em áreas de preservação permanente em função das declividades observadas.

Dentre os setores determinados para as avaliações no presente trabalho, destaca-se que no setor que engloba a bacia hidrográfica do Arroio Conceição foram observados os maiores percentuais de área utilizada com cultivos anuais e as menores áreas de remanescentes

florestais, indicando intensa exploração das terras naquela área em particular, provavelmente devido ao relevo suave favorável as atividades agrícolas. Ressalta-se que este setor, juntamente com aquele referente a bacia hidrográfica do Arroio Povinho, mantém um dos menores percentuais de áreas de preservação permanente em margens de rios em acordo com as leis ambientais.

As áreas de preservação permanente nas margens dos principais rios e do reservatório Ernestina, estão sendo em grande parte utilizadas para agricultura, o que deve ser levado em consideração pelos tomadores de decisão sobre a preservação daqueles ambientes, tanto aquáticos como terrestres.

Referências

ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 79 p.

BRASIL. Código Florestal. **Lei nº 12.651** de 25 de maio de 2012.

CEEE-GT (Companhia Estadual de Geração de Energia Elétrica – Geração e Transmissão). **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do Reservatório da UHE Ernestina**. Porto Alegre: PROFFIL, 2011.

COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. **Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí**: consolidação das informações existentes sobre os recursos hídricos da bacia. Relatório Temático – RT 2, Passo Fundo, 2009.

COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí. **História do Sistema Jacuí**. Disponível em:

<www.upf.br/coaju/download/Historia_Sistema_Jacui_1.ppt> Acesso em: 11 de outubro de 2010.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Análise do rompimento hipotético da Barragem de Ernestina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 2, n. 2, p.191-206, 1997.

DE BIASI, M. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, USP – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, 1992.

EMBRAPA - Agência de Informação Embrapa, Bioma Cerrado. **Latossolos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html> Acesso em: 06 Ago. de 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Terminology for integrated resources planning and management. **Land cover classification system (LCCS)**, 179p, 1999.

FICHTELMANN, B., *et. al.* Automação de SR com Base num Exemplo de Monitoramento Operacional de Clorofila no Mar Báltico. In.: BLASHKE, T.; KUX, H. (Orgs.). **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 253-262.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 2. Ed. IBGE: Rio de Janeiro, 2006. (Manuais técnicos em Geociências, nº 7).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul 2002**. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Diretoria de Geociências - DGC. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/umidades_federacao/rs_pedologia.pdf>. Acesso: 14 Ago. 2015.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> Acesso em: 15 Ago. 2015.

LEITE, Pedro Furtado & KLEIN, Roberto Miguel. **Geografia do Brasil: Vegetação**. Rio de Janeiro, 1990: IBGE. P.113-150.

LEPSCH, I. F., *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCC, 1991. 175p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Fortaleza, Edições UFC, 1981.

OLIVEIRA, T. E. de. **Dinâmica do Uso da Terra e a Pecuária nas Regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil (1975-2006)**. Porto Alegre, 2009.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO (SCP) **Atlas Socioeconômico do Rio Grande Do Sul**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/>> Acesso em: 15 Ago. 2015.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 5º ed., Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

VALERIANO, M. de M. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.

WACHHOLZ, F. **Influência das bacias hidrográficas e características espaço-temporal de variáveis limnológicas em reservatórios no Rio Grande do Sul**. 2011. 191 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

Artigo recebido em 02-01-2016
Artigo aceito para publicação em 31-03-2016