

## Relação entre componentes óticamente ativos da água do reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca com imagem de satélite

Diego de Almeida Prado <sup>1</sup>

Daniela Wancura Barbieri <sup>1</sup>

Felipe Correa dos Santos <sup>1</sup>

Waterloo Pereira Filho <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Centro de Ciências Naturais e Exatas - CCNE / Departamento de Geociências

Prédio 17 - CEP 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil

{diegoprado1,daniwbarbieri, felipecorrea.geo,waterloopf}@gmail.com

**Abstract:** The main objective of this work was to analyze the use of land in the Watershed Dona Francisca, in the central region of Rio Grande do Sul and relate de agricultural phase in the periods between harvests of 2009, with the limnological variables Total Suspended Solids and Secchi disc transparency in Reservoir Hydroelectric Dona Francisca – RS. The methodology used for mapping and analysis of reservoir water consisted of theoretical analysis, cartographic documents, collection of satellite imagery and mapping of land use. After completion of thematic maps and data analysis were crossed information acquired in field and laboratory. The data were collected during one year, at some points since pre-established amount to downstream along the main axis of the reservoir. In examining the overall picture of the reservoir, it was found that the highest concentration of suspended solids and lower water transparency were found in the section upstream of the reservoir during the two periods in the downstream sector, the situation was found to reverse. The variations were smaller, possibly associated with a lower direct influence of the terrestrial ecosystem and the residence time of water in the reservoir. As the maps of land use, the agricultural phase showed a significant relationship with water clarity and suspended solids in the two periods, given that the final stage of soybean and wheat had greater exposure of the soil in the watershed.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, variáveis limnológicas, uso da terra, remote sensing, limnological variables, landuse.

### 1. Introdução

Os fenômenos geográficos estão distribuídos no espaço de diversas formas e podem ser compreendidos e analisados por técnicas distintas. A análise espacial possibilita compreender as mudanças e/ou transformações, sejam elas naturais ou antrópicas, que ocorrem no espaço e suas conseqüentes implicações no meio.

O avanço das novas tecnologias de informações, com destaque para os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto, possibilitou o desenvolvimento de análises espaciais complexas, visando o melhor planejamento e ordenamento territorial. Logo, em Geoprocessamento, área de atuação que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, é possível inferir relações espaciais entre dados quantitativos e qualitativos (Rosa e Brito, 1996).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são instrumentos computacionais que permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados, tornando possível a automatização da produção de documentos cartográficos. Além disso, oferecem alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, pois, armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica, permitindo a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados (Assad e Sano, 1998; Ribeiro, 2001).

O sensoriamento remoto tem contribuído na realização de estudos de ambientes aquáticos, ajudando a entender as complexidades do ecossistema e suas interações. Estudos da variação espacial e temporal da qualidade da água são possíveis com o uso do sensoriamento remoto, pois essa tecnologia permite identificar a gênese e o deslocamento de substâncias específicas em suspensão ou dissolvidas na água (Rudorff, 2006).

Um dos principais interesses no uso de imagens de satélite em ambientes aquáticos é verificar a variação espacial e temporal da composição da água, possibilitando investigar a origem e o deslocamento de substâncias específicas em suspensão ou dissolvidas na água. Sedimentos em suspensão, pigmentos fotossintetizantes, matéria orgânica dissolvida e as moléculas de água, em si, são os principais agentes que regem as propriedades ópticas inerentes da água e, portanto, são chamados de constituintes opticamente ativos (COAs) (Rudorff *et al.*, 2007; Jensen, 2009).

A água possui componentes opticamente ativos, especialmente o Total de Sólidos em Suspensão (TSS), que influencia no espectro de reflectância. A principal contribuição desse componente para aumento da reflectância está no processo de espalhamento, principalmente em comprimentos de onda da faixa do vermelho. Estudos realizados por Pereira Filho e Galvão (1997) encontraram correlação entre o total de sólidos em suspensão e a reflectância das bandas do visível (Banda 1, 2 e 3 - TM LANDSAT 5) na Usina Hidrelétrica de Passo Real – RS.

O impacto das atividades humanas nos ecossistemas aquáticos tem gerado uma série de problemas. Assim, segundo Breunig (2006), os estudos de rios, lagos e áreas alagáveis apresentam uma importância cada vez maior para a sociedade, devido ao intenso uso da água e em função das atividades antrópicas que têm alterado as características naturais, sendo a poluição um dos principais problemas a ser enfrentado. De acordo com Jobin (1998), a construção de um reservatório define padrões hidrodinâmicos, com implicações diretas no deslocamento e na concentração de sólidos em suspensão, na temperatura, na disponibilidade de alimentos e nos habitats da fauna e flora aquáticos.

O conjunto dos aspectos físico-naturais das bacias hidrográficas produz consequências diretas e indiretas sobre o seu sistema hídrico. A qualidade da água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com a quantidade de chuva, uso da terra na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição. As alterações na qualidade da água estão diretamente relacionadas com as alterações que ocorrem na bacia hidrográfica, como vegetação e solo (Esteves, 1998).

Nesta perspectiva, este trabalho teve como objetivo analisar o uso da terra da Bacia Hidrográfica Dona Francisca, na região central do estado do Rio Grande do Sul e relacionar a fase agrícola, nos períodos de entressafra do ano de 2009, com as variáveis limnológicas Total de Sólidos em Suspensão (TSS) e Transparência do Disco de Secchi (DS), no Reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca –RS.

A bacia hidrográfica apresenta uma área total de 240.131,52 ha com a presença de 1.493,94 km de rede de drenagem. A Usina Hidrelétrica Dona Francisca – RS (Figura 1) é a última represa da série em cascata do Rio Jacuí, com rio encaixado, a área alagada do reservatório é de aproximadamente 19,85 Km<sup>2</sup> e potência efetiva de 125 MW. A usina tem sua casa de força localizada na região central do estado. Na margem direita, a Usina abrange parte dos municípios de Nova Palma e Pinhal Grande e à esquerda, Agudo, Ibarama, Estrela Velha e Arroio do Tigre.

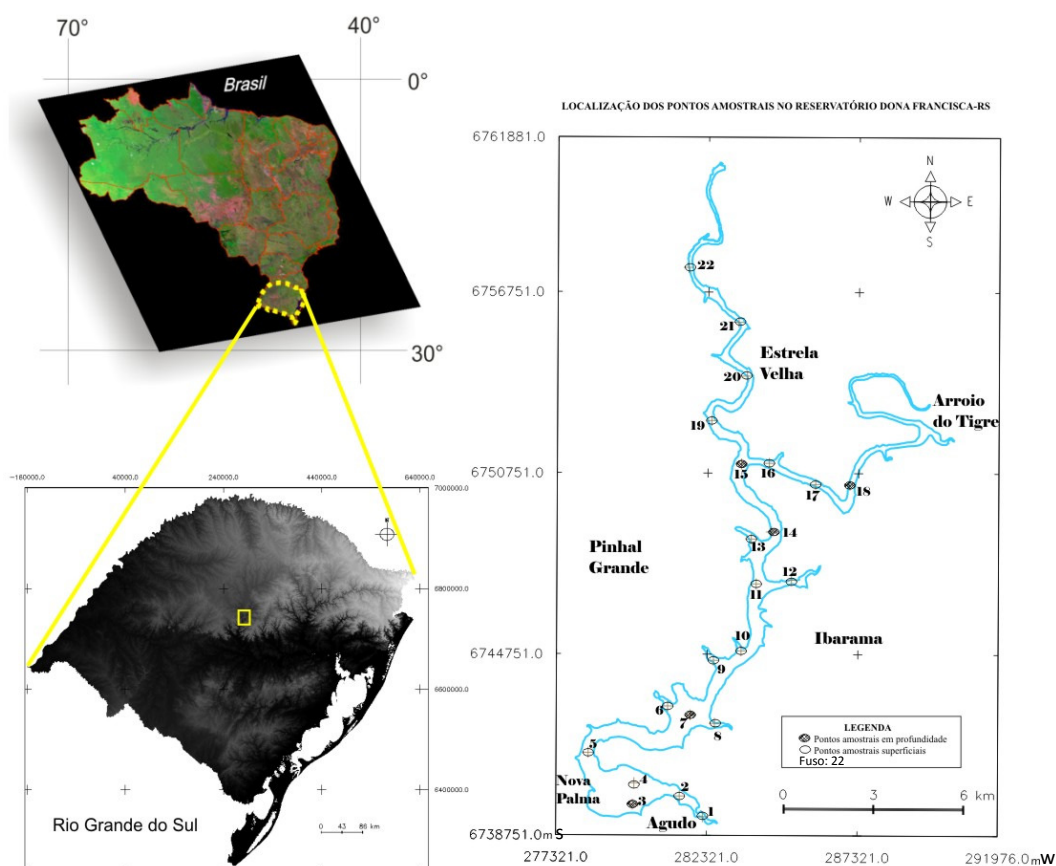


Figura 1 – Localização espacial dos pontos amostrais no Reservatório Dona Francisca – RS.

## 2. Materiais e métodos

A metodologia utilizada para o mapeamento do Reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca constou da análise de documentos cartográficos junto à 1ª Divisão de Levantamento, coleta de imagens de satélite e elaboração do mapa de uso da terra. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu com a realização de trabalhos de campo no reservatório, no período de janeiro a dezembro de 2009, com a coleta de dados de transparência e amostras de água para a medida em laboratório do TSS. Os dados do disco de Secchi foram obtidos conforme (CETESB, 1987; Esteves, 1998). O TSS foi calculado a partir do processo de filtragem (Equação 1):

$$TSS = \left( \frac{P_f - P_i}{V} \right) \times 1000 \quad (1)$$

Onde  $TSS$  representa o Total de Sólidos em Suspensão;  $P_f$  é o Peso Final em gramas (g);  $P_i$  é o Peso Inicial em gramas (g); e  $V$  é o Volume em litros (L).

Em seguida, criou-se um banco de dados, ou seja, o diretório onde foram armazenados todos os dados referentes à área de estudo. Para tanto, utilizou-se a carta topográfica de Santa Maria, Folha SH-22-V-C na escala 1/250000 e imagem do satélite Landsat-5 disponível no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), correspondente a março e outubro de 2009, nas bandas 3, 4 e 5 do sensor “Thematic Mapper”. A passagem nas duas imagens foi correspondente à órbita 222, ponto 80. A identificação e o mapeamento do uso da terra e a sua quantificação por meio da classificação supervisionada foram realizados após a elaboração de

uma composição falsa-cor (RGB 345). Nessa composição, os corpos d'água mostram-se em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetação em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados.

Com o auxílio do aplicativo Spring 4.3.3, elaborou-se os mapas uso da terra na bacia hidrográfica que abrange a região da Usina Hidrelétrica. Para a elaboração dos mapas, definiram-se cinco classes de uso da terra: áreas florestais – áreas com florestamento ou reflorestamento, culturas, os campos com pastagens, solo-exposto – representando os locais em preparo ou onde há solo não cultivável e água – diz respeito aos corpos hídricos.

Para obter os valores dos dados do Disco de Secchi e TSS foram coletadas amostras de água em frascos de plástico (1 litro). A filtragem foi realizada em laboratório vinculado ao projeto CNPq. Os dados limnológicos utilizados foram obtidas na Usina Hidrelétrica Dona Francisca distribuídos espacialmente conforme a Figura 2, além de dados espectrais.

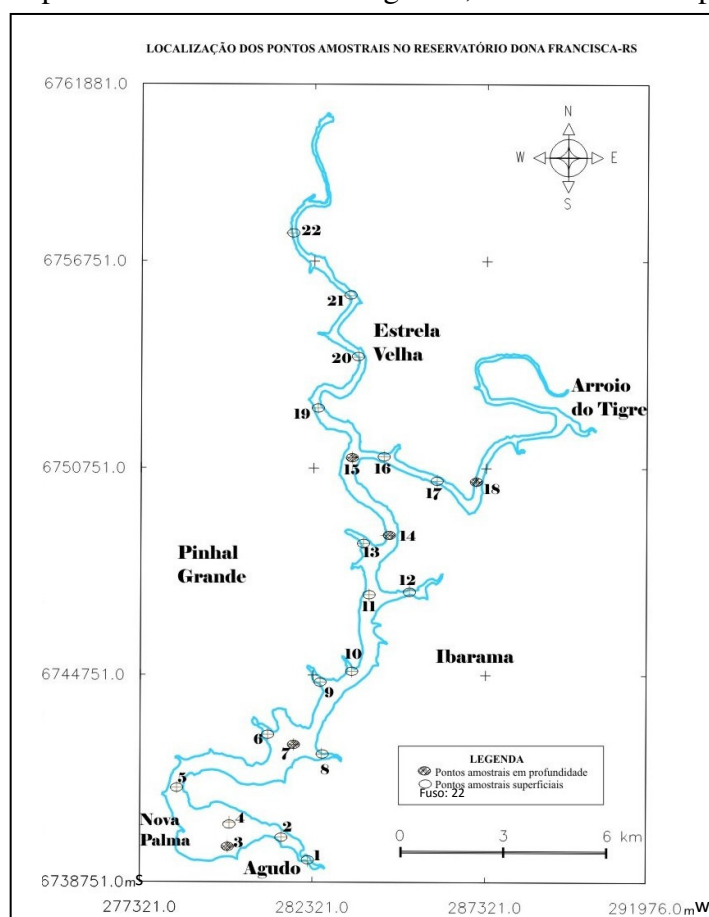


Figura 2 - Localização dos pontos amostrais no Reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca.

Após a conclusão dos mapas temáticos e a análise dos dados coletados, foram analisadas as informações adquiridas em campo e no laboratório.

### 3. Resultados e Discussão

Ao analisar o panorama geral do reservatório, verificou-se que a maior concentração de TSS e menor DS (Figura 3) foram encontradas na seção montante do reservatório nos dois períodos (2,17mg/L em março e 8,33mg/L em outubro) e (1,48m e 0,79m respectivamente). No setor jusante, a situação encontrada foi inversa, TSS (1,67mg/L em março e 8,00mg/L em outubro) e DS (1,51m e 0,93m respectivamente). As variações foram menores, possivelmente associadas a uma menor influência direta do ecossistema terrestre e ao tempo de residência da água no reservatório. Em março, o maior aporte de sedimentos foi encontrado no ponto 15, localizado na seção intermediária do reservatório na foz do Rio Jacuizinho. Nesse setor ocorreu a maior variação de TSS e DS durante o período avaliado, podendo estar associado ao elevado índice pluviométrico no período de 19 de fevereiro a 03 de março e 23 de setembro a 23 de outubro de 2009 conforme visualizado na Figura 4.

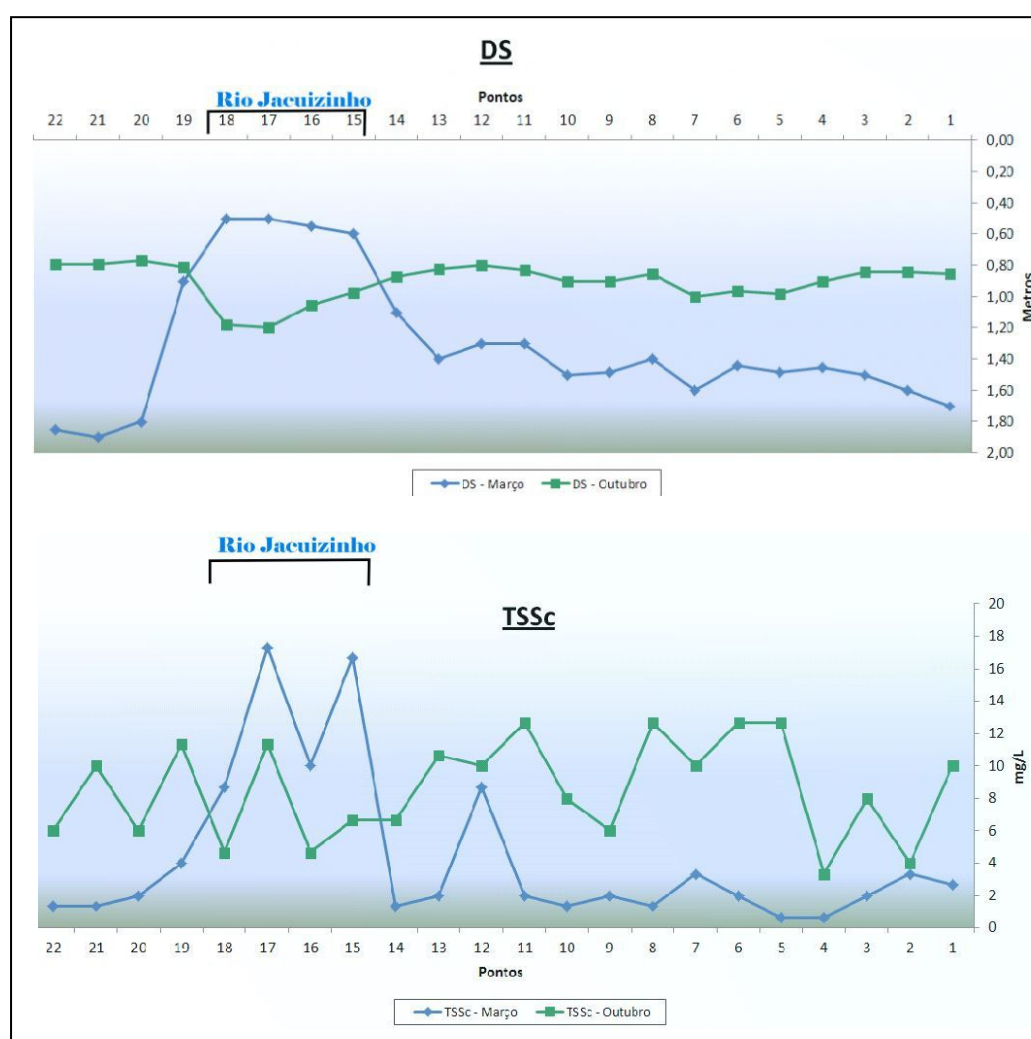


Figura 3 – Transparência da água e Totais de Sólidos em Suspensão do Reservatório Dona Francisca – RS, em março e outubro de 2009.

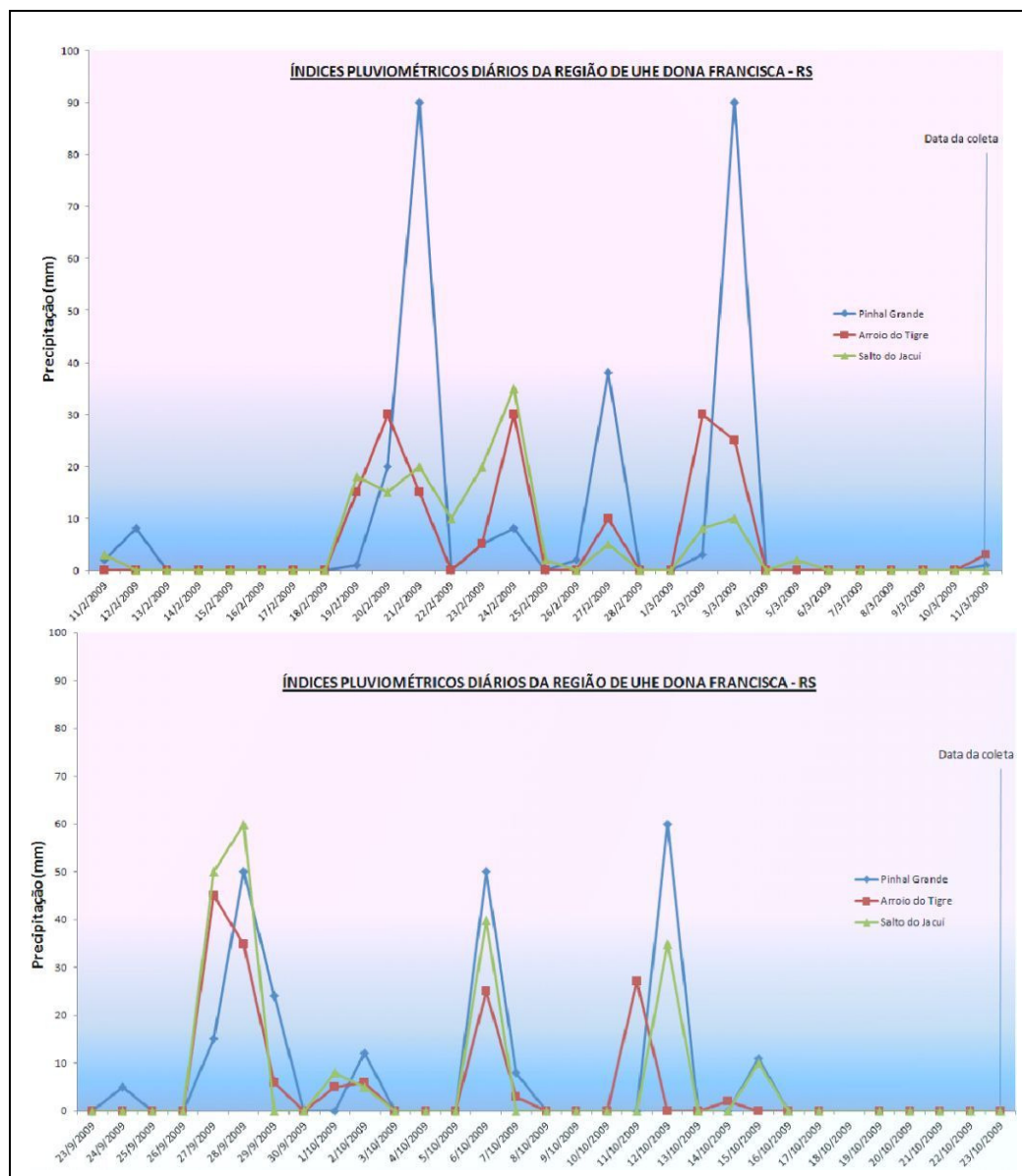


Figura 4 – Índices pluviométricos diários da Região da UHE Dona Francisca – RS nos meses de março e outubro, respectivamente.

Fonte dos dados: Defesa Civil/RS.

Mediante a análise da Figura 5 pode-se constatar que as áreas com floresta representam a maior parte do uso nos dois períodos (48% em março e 43% em outubro de 2009), encontradas principalmente as margens do reservatório com predomínio na foz e na porção leste da bacia hidrográfica. A segunda maior representação refere-se à presença de campos delineando aproximadamente 30% e 35% total dos usos, respectivamente, identificados principalmente na porção nordeste e noroeste da bacia. No que tange a classe de culturas presentes na área estudada, esta representa em torno de 15% e 13% do total e são encontradas na porção oeste e norte da bacia hidrográfica. Por último, a porcentagem de 1,3% em março e 2,8% em outubro representam o total de solo exposto na porção oeste coincidindo com as áreas de culturas.



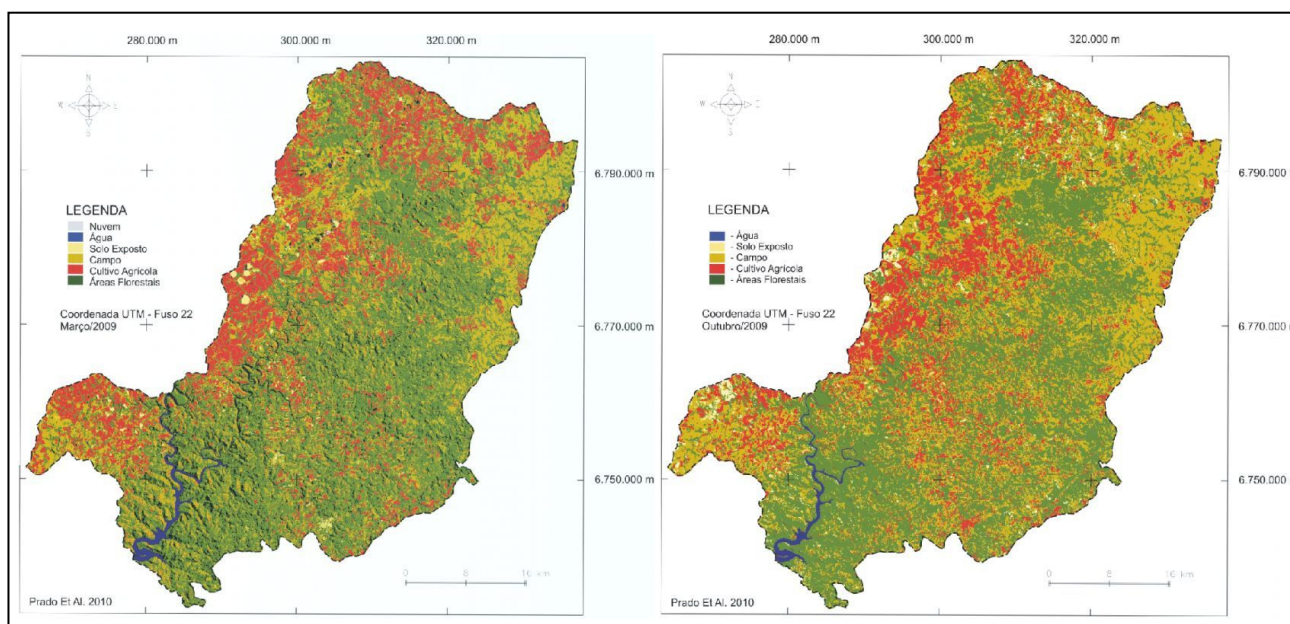


Figura 5 – Mapas de uso da terra da Bacia Hidrográfica da UHE Dona Francisca – RS nos meses de março e outubro, respectivamente.

#### 4. Conclusões

A concentração de sólidos em suspensão (TSS) e a transparência (DS) de um reservatório dependem das características da bacia hidrográfica, especialmente pela fase agrícola que determinada cultura se encontra. Em geral, o material em suspensão deposita-se no sentido do rio, conferindo ganho na transparência. Conforme os mapas de uso do solo, a fase agrícola apresentou relação significativa com o DS e TSS nos dois períodos, tendo em vista que no estágio final das culturas da soja e de trigo (março e outubro), havia maior exposição do solo na bacia hidrográfica.

#### Agradecimentos

Ao CNPq, projeto nº 484712/2007-1, pelo apoio financeiro.

Ao CNPq/PIBIC/UFSM 2009-2010, projeto nº 024691, por bolsa de estudos de iniciação científica ao primeiro autor.

E a toda equipe do Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) da Universidade Federal de Santa Maria.

## Referências

- Assad, E. D.; Sano, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. Brasília: 2. ed. Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.
- Breunig, F. M. **Características limnológicas e espectral do reservatório de água da CORSAN, Itaara/Júlio de Castilhos, RS**. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.
- Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.
- Esteves, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- Jobin, W. **Sustainable Management for Dams and Waters**. Boston: Lewis Publishers, 1998.
- Pereira Filho, W.; Galvão, L. S. **Relações entre reflectância espectral e concentração de sedimentos em suspensão no reservatório Passo Real, região Sul do Brasil**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1997, Mérida, Anais..., Mérida: Selper, 1997.
- Ribeiro, G. P. **Tecnologias digitais de geoprocessamento: sistemas de informação geográfica (SIGs)**. In: Archela, R. S.; Fresca, T. M.; Salvi, R. F. (Org.) *Novas tecnologias*. Londrina: Ed. UEL, 2001. 150 p.
- Rosa, R.; Brito, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996. 104 p.
- Rudorff, C. M. **Estudo da composição das águas da Planície Amazônica por meio de dados de reflectância do sensor Hyperion/EO-1 e de espectrômetro de campo visando à compreensão da variação temporal dos seus constituintes opticamente ativos**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.
- Rudorff, C. M; et al. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 279-290, 2007.