

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM DOIS
RESERVATÓRIOS DO RIO JACUÍ NO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Diego de Almeida Prado

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM DOIS RESERVATÓRIOS DO RIO JACUÍ NO RIO GRANDE DO SUL

Diego de Almeida Prado

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Regional, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado.

**COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM DOIS
RESERVATÓRIOS DO RIO JACUÍ NO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Diego de Almeida Prado

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Waterloo Pereira Filho, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Roberto Cassol, Dr. (UFSM)

Tatiana Mora Kuplich, Dr^a. (INPE)

Santa Maria, 28 de março de 2014.

AGRADECIMENTOS

Aos pais, irmãos e demais familiares pelo apoio em todos os momentos, pelos conselhos, ajuda, paciência, amor e carinho que nunca deixaram de me oferecer.

Aos professores do Centro de Educação, Centro de Ciências Rurais e Geociências pelos conhecimentos transmitidos, em especial, Waterloo Pereira Filho pelo companheirismo, responsabilidade e dedicação na orientação de trabalhos.

A todos os colegas do Laboratório de Geotecnologias (Labgeotec), em especial, a Felipe Correa dos Santos, Greice Vieira Silveira e Patricia Michele Trindade pela colaboração, apoio e amizade em todos os momentos.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Centro Regional Sul – INPE/CRS por disponibilizar o ambiente de estudos e pesquisas.

A Universidade Federal de Santa Maria, pela possibilidade de cursar um Ensino de Pós-Graduação gratuito e de qualidade.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de mestrado.

E a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho.

“Há pessoas que transformam o sol numa simples mancha amarela. Mas há, também, aquelas que fazem de uma simples mancha amarela, o próprio Sol.”

(Pablo Picasso)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM DOIS RESERVATÓRIOS DO RIO JACUÍ NO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: DIEGO DE ALMEIDA PRADO

ORIENTADOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de março de 2014.

Tendo em vista o grande potencial de uso do sensoriamento remoto aliado aos estudos de ambientes aquáticos, o tema central desta Dissertação de Mestrado refere-se à análise de duas bacias hidrográficas e a influência de variáveis limnológicas em seus respectivos reservatórios, situados na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Nessa perspectiva, o objetivo geral desta pesquisa é comparar a dinâmica das variáveis limnológicas dos reservatórios Itaúba e Dona Francisca, localizados no alto curso do rio Jacuí – RS, no contexto de suas bacias hidrográficas. O estudo realizado nas bacias de captação dos dois reservatórios possibilitou enfatizar as condições e inter-relações físicas e ambientais com a utilização de imagens de Sensoriamento Remoto e dados limnológicos. O trabalho foi desenvolvido de acordo com as seguintes etapas: coleta das informações, elaboração da base cartográfica, quantificação e análise dos dados. Os resultados desse estudo permitiram verificar as principais atividades agrícolas, as quais se caracterizam pelo cultivo da soja e do milho na época do verão e no início do inverno a plantação de pastagens como o trigo, o azevém e o nabo forrageiro. Os dados pluviométricos mostraram certa irregularidade no volume de chuvas acumulada nas duas áreas em análise. A análise dos dados limnológicos está relacionada com diversos outros fatores entre eles os diferentes usos da terra da bacia hidrográfica e a precipitação quando estes relacionam o aumento de sedimentos suspensos e outras matérias. Na comparação das temperaturas dos reservatórios observou-se que o reservatório Dona Francisca apresentou a maior amplitude. Isso demonstra que o reservatório Itaúba apresentou menor variância da temperatura em relação ao outro reservatório. Na comparação das médias de transparência da água dos reservatórios observou-se que o reservatório Dona Francisca apresentou a menor variação entre os valores observados. Isso demonstra que esse reservatório apresentou menor variância da transparência em relação ao outro reservatório. Na comparação dos valores dos totais de sólidos em suspensão (TSS) dos reservatórios, observou-se que o reservatório Itaúba apresentou a menor variação. Em uma comparação entre os dois reservatórios observou-se que somente a variável TSS apresentou diferença significativa. Isto indica que as diferentes condições meteorológicas e de uso da terra proporcionaram diferenças significativas nestes reservatórios somente em relação aos sólidos em suspensão e não impactaram diferentemente a temperatura e transparência da água.

Palavras-chaves: Bacia hidrográfica. Sistema de Informação Geográfica. Limnologia. Uso da Terra.

ABSTRACT

Master Dissertation
Postgraduate Program in Geography and Geosciences
Federal University of Santa Maria

COMPARISON OF LIMNOLOGICAL VARIABLES IN TWO RESERVOIRS OF JACUÍ RIVER IN RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: DIEGO DE ALMEIDA PRADO

ADVISOR: WATERLOO PEREIRA FILHO

Date and Place of Defense: Santa Maria, March 28th, 2014.

In view of the great potential of using remote sensing coupled with studies of aquatic environments, the focus of this Master Dissertation refers to the analysis of two watershed and influence of limnological variables in their respective reservoirs, located in the central region of state of Rio Grande do Sul. From this perspective, the general objective of this research is to compare the dynamics of limnological variables of reservoirs Itaúba and Dona Francisca, located on the upper course of the Jacuí River, in the context of their hydrographic basins. The study, carried out in the catchment basins of the two reservoirs, enabled emphasizing the physical and environmental conditions and interrelationships with the use of remote sensing images and limnological data. The study was conducted according to the following steps: data gathering, development of cartographic base, quantification and analysis of data and finally the writing of the paper. The results of this study help us check the main agricultural activities, which are characterized by the cultivation of soybeans and corn in the summer season, and the planting pastures such as wheat, ryegrass and wild radish in early winter. The rainfall data showed some irregularity in the volume of accumulated rainfall in the two areas in question. The analysis of limnological data is related to many other factors, including the different land uses of the hydrographic basin and rainfall when they relate to the increase of suspended sediment and other materials. In the comparison of the temperatures of the tanks, it was observed that the reservoir of Dona Francisca showed the greatest amplitude. This demonstrates the reservoir Itaúba showed smaller variance in temperature in relation to the other reservoir. Comparing the averages of transparency of water in the reservoirs, it was observed that the reservoir Dona Francisca showed the smallest variation between the observed values. This shows that this reservoir showed less variance of transparency in relation to the other reservoir. Comparing the values of total suspended solids (TSS) of the reservoirs, it was observed that the reservoir Itaúba showed the lowest variation. In a comparison between the two reservoirs it was observed that only the TSS variable showed significant difference. This indicates that the different weather and land using conditions provided significant differences in these reservoirs only in relation to suspended solids and they did not impact differently to temperature and water transparency.

Key words: Watershed. Geographic Information System. Limnology. Land use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de localização das Usinas Hidrelétricas Dona Francisca e Itaúba. | 14 |
| Figura 2 – Usina Hidrelétrica de Itaúba..... | 15 |
| Figura 3 – Usina Hidrelétrica de Dona Francisca..... | 15 |
| Figura 4 – Espectro eletromagnético. | 22 |
| Figura 5 – Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos da pesquisa..... | 35 |
| Figura 6 – Mapa de localização das estações meteorológicas, com coleta de dados pluviométricos históricos do INMET, mais próximas às usinas Hidrelétricas Dona Francisca e Itaúba. | 38 |
| Figura 7 – Carro e barco utilizados para a coleta dos dados no reservatório. | 40 |
| Figura 8 – Localização dos pontos amostrais coletados no reservatório Itaúba..... | 41 |
| Figura 9 – Localização dos pontos amostrais coletados no reservatório Dona Francisca..... | 42 |
| Figura 10 – Coleta de temperatura da água, utilizado termômetro simples de bulbo. | 43 |
| Figura 11 – Disco de Secchi. | 44 |
| Figura 12 – Frasco plástico de 1 litro, utilizado para armazenar as amostras. | 45 |
| Figura 13 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 1. ... | 49 |
| Figura 14 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 2. ... | 50 |
| Figura 15 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 3. ... | 51 |
| Figura 16 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 4. ... | 52 |
| Figura 17 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 1. | 54 |
| Figura 18 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 2. | 55 |
| Figura 19 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 3. | 56 |
| Figura 20 – Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 4. | 57 |
| Figura 21 – Índices pluviométricos observados em 30 dias anteriores à realização dos trabalhos de campo no reservatório Itaúba. | 60 |
| Figura 22 – Índices pluviométricos observados em 30 dias anteriores à realização dos trabalhos de campo no reservatório Dona Francisca. | 61 |
| Figura 23 – Volume pluviométrico acumulado na bacia hidrográfica em trinta dias anteriores ao trabalho de campo no reservatório Itaúba. | 62 |
| Figura 24 – Volume pluviométrico acumulado na bacia hidrográfica em trinta dias anteriores ao trabalho de campo no reservatório Dona Francisca. | 63 |
| Figura 25 – Temperatura da água para os quatro campos no reservatório Itaúba. | 66 |
| Figura 26 – Temperatura da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca. | 67 |
| Figura 27 – Distribuição espacial da temperatura da água para os quatro campos no reservatório Itaúba. | 68 |
| Figura 28 – Distribuição espacial da temperatura da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca. | 69 |
| Figura 29 – Transparência da água para os quatro campos no reservatório Itaúba. | 71 |
| Figura 30 – Transparência da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca. ... | 72 |
| Figura 31 – Distribuição espacial da transparência da água para os quatro campos no reservatório Itaúba. | 73 |
| Figura 32 – Distribuição espacial da transparência da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca. | 74 |

| | |
|--|----|
| Figura 33 – Totais de sólidos em suspensão para os quatro campos no reservatório Itaúba.... | 76 |
| Figura 34 – Totais de sólidos em suspensão para os quatro campos no reservatório Dona Francisca..... | 77 |
| Figura 35 – Distribuição espacial do TSS para os quatro campos no reservatório Itaúba..... | 78 |
| Figura 36 – Distribuição espacial do TSS para os quatro campos no reservatório Dona Francisca..... | 79 |
| Figura 37 – Estatística dos dados de temperatura da água do reservatório Itaúba. | 82 |
| Figura 38 – Estatística dos dados de temperatura da água do reservatório Dona Francisca. ... | 82 |
| Figura 39 – Estatística dos dados de transparência da água do reservatório Itaúba..... | 83 |
| Figura 40 – Estatística dos dados de transparência da água do reservatório Dona Francisca. . | 83 |
| Figura 41 – Estatística dos dados de TSS do reservatório Itaúba..... | 84 |
| Figura 42 – Estatística dos dados de TSS do reservatório Dona Francisca..... | 84 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Datas das coletas dos dados limnológicos realizadas em campo e das imagens de satélite nos reservatórios da UHE Itaúba e da UHE Dona Francisca..... | 36 |
| Quadro 2 – Classificação de uso da terra para a bacia hidrográfica do reservatório Itaúba..... | 48 |
| Quadro 3 – Classificação de uso da terra para a bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca..... | 53 |
| Quadro 4 – Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas do reservatório Itaúba..... | 85 |
| Quadro 5 – Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas do reservatório Dona Francisca..... | 86 |
| Quadro 6 – Matriz de correlação do teste de hipóteses entre as variáveis limnológicas do reservatório Itaúba e do reservatório Dona Francisca. | 87 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Objetivos | 13 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 13 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 13 |
| 1.2 Características gerais da área de estudo | 14 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1 A Geografia e a relação homem e meio ambiente | 17 |
| 2.2 Reservatórios e impactos no curso d'água | 18 |
| 2.3 Sensoriamento Remoto | 21 |
| 2.4 Geoprocessamento | 24 |
| 2.5 Mapas de Uso da Terra | 27 |
| 2.6 Dados pluviométricos | 28 |
| 2.7 Variáveis Limnológicas | 29 |
| 2.7.1 Temperatura da Água | 30 |
| 2.7.2 Transparência da Água | 31 |
| 2.7.3 Totais de Sólidos em Suspensão - TSS | 32 |
| 2.8 Abordagem Estatística | 33 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 35 |
| 3.1 Mapas de Uso da Terra | 36 |
| 3.2 Dados Pluviométricos | 38 |
| 3.3 Variáveis Limnológicas | 39 |
| 3.3.1 Temperatura da Água | 43 |
| 3.3.2 Transparência da Água | 44 |
| 3.3.3 Totais de Sólidos em Suspensão - TSS | 44 |
| 3.4 Abordagem Estatística | 46 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 47 |
| 4.1 Mapas de Uso da Terra | 47 |
| 4.2 Dados Pluviométricos | 58 |
| 4.3 Variáveis Limnológicas | 64 |
| 4.3.1 Temperatura da Água | 64 |
| 4.3.2 Transparência da Água | 70 |
| 4.3.3 Totais de Sólidos em Suspensão - TSS | 75 |
| 4.4 Abordagem Estatística | 80 |
| 4.4.1 Média e dispersão | 80 |
| 4.4.2 Correlação entre variáveis limnológicas..... | 85 |
| 4.4.3 Comparação das variáveis limnológicas entre os reservatórios | 87 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 89 |
| 6 REFERÊNCIAS | 93 |

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais de maior importância sendo o principal constituinte dos organismos vivos e imprescindível para a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico da população, além de ser componente da paisagem e do meio ambiente (SETTI et al., 2000; MORAES e JORDÃO, 2002; FERREIRA e FERREIRA, 2006).

A preocupação com o aumento da necessidade de água para o abastecimento doméstico, industrial, irrigação, lazer e, principalmente, geração de energia elétrica, faz com que, hoje, a maioria das atividades humanas seja cada vez mais dependente da disponibilidade das águas continentais (ESTEVES, 1998). Com o aumento na demanda de abastecimento para tais usos, após 1950 foi estimulada a construção de reservatórios no Brasil. Os reservatórios cumprem diversos objetivos, como, o de controle de inundações, a captação de águas para irrigação, abastecimento de cidades, de navegação fluvial e atualmente com a produção de peixes em tanques-redes incentivados pelo governo, sendo assim, identificada a possibilidade de uso múltiplo das barragens (BAPTISTA et al., 2001).

A água é um dos recursos que está passando grandes alterações em suas características naturais, assim a necessidade de preservação desse recurso natural faz com que pesquisadores estejam em constante busca de informações sobre esse recurso, de forma a impedir que problemas decorrentes da poluição da água venham a comprometer seu aproveitamento múltiplo e integrado, e de forma a colaborar para a minimização dos impactos negativos ao meio ambiente.

A construção de grandes lagos artificiais têm repercutido em consequências negativas, tais como: o aumento das taxas de sedimentação à montante em seus afluentes; aumento, de maneira explosiva, das comunidades de macrófitas aquáticas, principalmente as flutuantes e aumento da possibilidade de ocorrência do processo de eutrofização, principalmente se áreas florestadas ou agrícolas forem submersas; entre vários outros efeitos (ESTEVES, 1998).

O impacto das atividades humanas nos ecossistemas aquáticos tem gerado uma série de problemas. 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.

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) no Reservatório de Passo Real – RS.

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

Como uma ferramenta de análise dos recursos terrestres o sensoriamento remoto é utilizado de diferentes maneiras, dependendo dos objetivos a serem alcançados. Tendo em vista o grande potencial de uso do sensoriamento remoto aliado aos estudos de ambientes aquáticos, o tema central desta Dissertação de Mestrado refere-se à comparação de variáveis limnológicas das bacias hidrográficas dos reservatórios da Usina Hidrelétrica (UHE) Dona Francisca e UHE Itaúba, situadas na região central do Estado do Rio Grande do Sul.

Conforme Paiva e Paiva (2001) a temperatura influencia em processos físicos, químicos e biológicos em corpos d'água, afetando as concentrações de diversas variáveis. O aumento de temperatura é acompanhado pelo aumento da velocidade de reações químicas e por redução da solubilidade de gases na água. O aumento da temperatura também causa o aumento da demanda de oxigênio e da decomposição de matéria orgânica. Na presença de nutrientes, o aumento de temperatura, resulta em aumento de crescimento de macrófitas e da floração de algas. Sendo assim, quanto maior a transparência da água, menor dispersão do campo da luz e maior a medida de profundidade do Disco de Secchi (DS).

O TSS é resultado das atividades do metabolismo aquático e tem relação com as atividades desenvolvidas no ambiente terrestre. Partículas orgânicas e inorgânicas são carregadas, através do escoamento superficial, nas sub-bacias hidrográficas até o reservatório. Entretanto, a perda de material varia em função do tipo do uso da terra. Por exemplo, áreas florestais disponibilizam uma menor quantidade de partículas para o sistema aquático que áreas agrícolas (WACHHOLZ, 2007).

As bacias hidrográficas enfrentam diversos problemas ambientais resultantes da utilização inadequada dos recursos naturais. Suas áreas de captação de drenagem direta nos reservatórios caracterizam-se pelo uso intensivo da terra para agricultura e pecuária, além de algumas aglomerações urbanas. O uso inadequado da terra e a ausência de práticas conservacionistas ocasionam diversos processos de degradação ambiental. O reconhecimento da ocorrência desses tipos de problemas é fundamental para a definição de ações e políticas públicas e o envolvimento da sociedade (FEPAM, 2008). De acordo com trabalho realizado por Pereira Filho e Galvão (1997), a porção montante da bacia hidrográfica do Jacuí apresenta intensa exploração agrícola, interferindo na qualidade da água do reservatório, associado com a entrada de material oriundo da área de captação.

Inserido neste contexto, o trabalho buscou realizar estudos por meio de técnicas de Geoprocessamento e trabalhos de campo para identificar as características físicas da área de captação com influência direta em cada reservatório. Destaca-se que a área de captação em análise faz parte da bacia hidrográfica do rio Jacuí.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é comparar a dinâmica das variáveis limnológicas dos reservatórios Itaúba e Dona Francisca, localizados no alto curso do rio Jacuí – RS, no contexto de suas bacias hidrográficas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a distribuição espacial e temporal da temperatura, da transparência da água e dos totais de sólidos em suspensão, nos dois reservatórios;
- Relacionar as variáveis limnológicas dos reservatórios estudados de acordo com as suas condições do uso da terra em diferentes fases de desenvolvimento das culturas agrícolas associadas a dados pluviométricos;
- Identificar relações entre as variáveis limnológicas temperatura, transparência e TSS.
- Comparar as variáveis limnológicas entre os reservatórios.

1.2 Características gerais da área de estudo

Tendo em vista os impactos das atividades antrópicas praticadas nas bacias hidrográficas e conseqüentemente nas características da água de rios e reservatórios, esta pesquisa tem como área de estudo os reservatórios das Usinas Hidrelétricas Dona Francisca e Itaúba que estão localizados na região Central do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil (Figura 1).

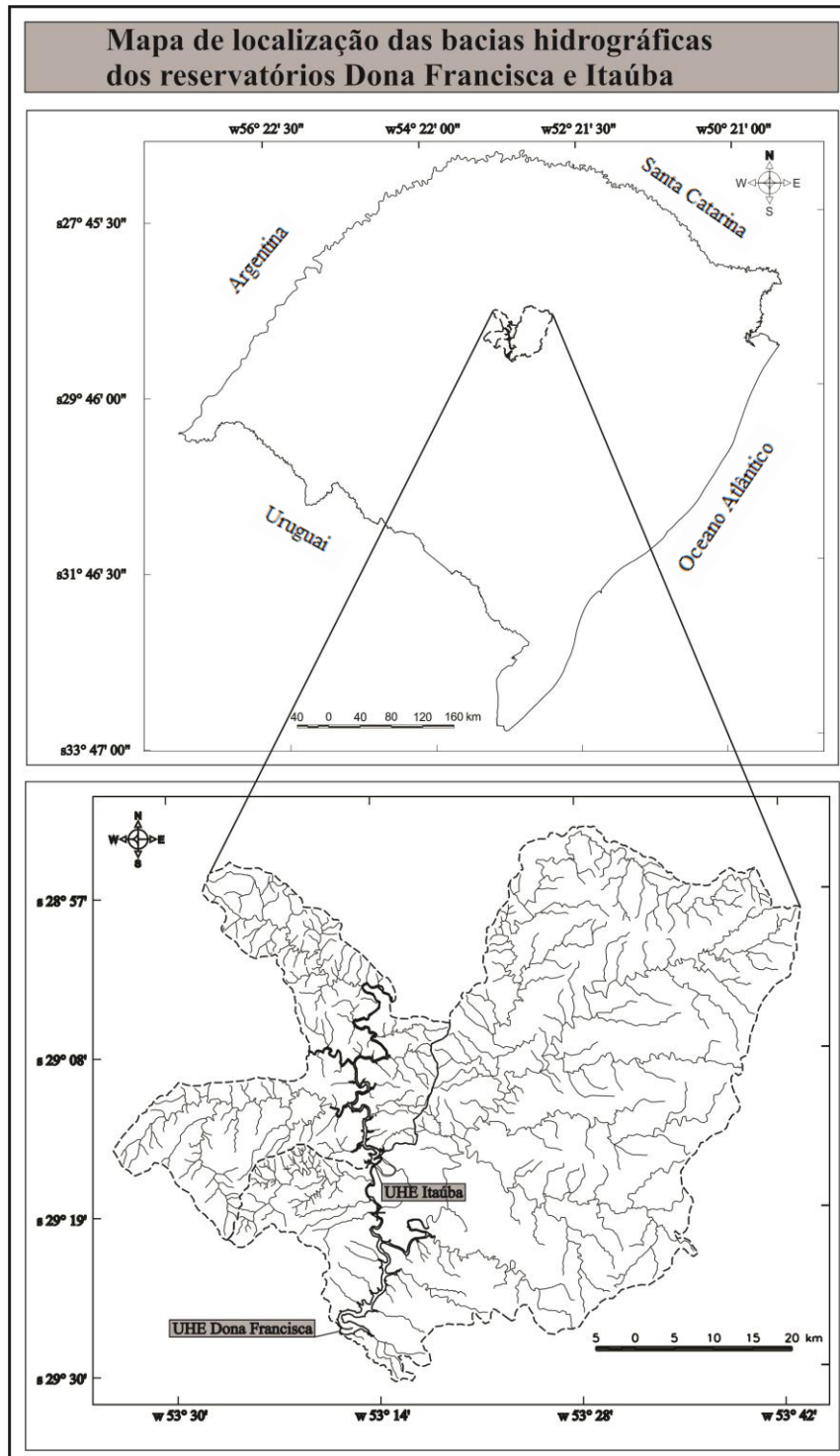


Figura 1 – Mapa de localização das bacias hidrográficas dos reservatórios Dona Francisca e Itaúba.

A Usina Hidrelétrica (UHE) de Itaúba (Figura 2) foi inaugurada em 1978, localizada no rio Jacuí, no município de Pinhal Grande no estado do Rio Grande do Sul. Possui quatro unidades geradoras de 125 MW, capacidade que permite abastecer uma cidade de 350 mil habitantes (CEEE; DFESA, 2001). A área alagada do reservatório perfaz 1.295 hectares e a área total da bacia hidrográfica chega a 79.260 hectares. Atualmente a usina hidrelétrica é administrada pela Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE.



Figura 2 – Usina Hidrelétrica de Itaúba.

A Usina Hidrelétrica Dona Francisca (Figura 3) entrou em operação com uma máquina em 5 de fevereiro de 2001, a segunda começou o trabalho a partir de 12 de maio de 2001. A usina encontra-se construída no alto curso do rio Jacuí, com potência efetiva de 125 MW (CEEE; DFESA, 2001), abrangendo na sua margem direita áreas do município de Nova Palma e Pinhal Grande e na margem esquerda, os municípios de Agudo, Ibarama, Estrela Velha e Arroio do Tigre. O reservatório recebe águas do tributário rio Jacuizinho e da série em cascata de reservatórios do rio Jacuí. A área do lago perfaz 2.316 hectares e a área total da bacia hidrográfica perfaz 240.130 hectares.



Figura 3 – Usina Hidrelétrica de Dona Francisca.

Em trabalho de Prado et al. (2010) na área da UHE Dona Francisca foi verificado que os totais de sólidos em suspensão (TSS) e a transparência da água (DS) do reservatório dependeram das características do uso da terra da bacia hidrográfica. A fase de colheita proporcionou menores impactos nas variáveis estudadas, porém o compartimento aquático do rio Jacuizinho apresentou um padrão diferenciado, sendo o mês de março os de menores transparências. Em geral, o material em suspensão deposita-se no sentido do fluxo da água, conferindo ganho na transparência na direção jusante. A precipitação pluviométrica influenciou as variáveis estudadas, sendo que episódios de elevados valores de chuvas próximo ao trabalho de campo foi determinante nos dados da água (PRADO et al., 2010).

Para este trabalho considerou-se área de influência direta nos reservatórios as bacias hidrográficas cujos rios que os drenam não sejam represados. As bacias hidrográficas que abastecem os reservatórios, mas que têm represamento dos rios não foram mapeadas por considerar que as represas alteram o fluxo normal dos rios.

Neste enfoque, tem-se a perspectiva de fornecer subsídios para um melhor planejamento para ações futuras que envolvam a gestão dos recursos hídricos bem como os reservatórios artificiais, visto sua importância econômica, social e ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Geografia e a relação homem e meio ambiente

No final do século XIX e início do século XX, surge com a Geografia Tradicional o estudo das relações entre o homem e o meio. Baseado no positivismo, de acordo com as idéias de Andrade (1992), a geografia passa a estudar o meio como lugar apropriado ao homem, comparando a superfície terrestre (espaço geográfico) como um organismo vivo. O homem é visto como um ser ativo, que sofre influência do meio, mas que atua sobre este, transformando-o. Nesse sentido, a descrição da realidade deve priorizar a relação de elementos físicos e humanos que resulta na estruturação do espaço. A representação cartográfica torna-se o instrumento analítico e a síntese final da pesquisa geográfica, uma vez que tudo na natureza está em constante dinamismo. A terra é encarada como um todo que só pode ser compreendido numa visão de conjunto (ANDRADE, 1992).

O homem constrói e reproduz sua existência em sociedade através de um conjunto de elementos explorados da natureza a fim de garantir sua sobrevivência enquanto ser social, levando a transformação do elemento natural. O processo histórico de ocupação do espaço, bem como suas transformações, faz com que o meio tenha um caráter dinâmico. Assim, o ambiente é alterado pelas atividades humanas, e o grau de alteração do espaço é avaliado pelos diferentes modos de produção e os estágios de desenvolvimento da tecnologia (GUERRA; CUNHA, 1998).

Com o surgimento da Nova Geografia ou Geografia Quantitativa na década de 1960/70 no Brasil, inicia um período técnico-científico-informacional, quando a preocupação volta-se ao planejamento regional. O objeto de estudo principal da geografia passa a ser a organização do espaço. Tem-se a visão sistêmica, como instrumento conceitual auxiliando na organização espacial. O emprego de técnicas quantitativas nos estudos geográficos torna-se fundamental para coleta e análise de dados, orientando por meio de mapeamentos a espacialização das informações. Além das técnicas quantitativas deve se acrescentar o Sistema de Informação Geográfica, cartografia digital e demais técnicas de geoprocessamento. Além de softwares específicos que contribuem para o armazenamento de dados, facilitando as pesquisas geográficas (ANDRADE, 1992).

Diante da natureza, o homem passa a agir na configuração dos espaços naturais, nas formas de apropriação deste espaço e utilização dos recursos naturais. A influência do homem sobre a terra, por meio da agricultura, criação de animais, construção de estradas e cidades, devastou inúmeras áreas de florestas provocando modificações no território (TOMMASI, 1931). Como agente deteriorador do ambiente, o homem causa danos ao solo e a cobertura vegetal natural. A degradação decorrente das modificações ambientais, ocasionadas no processo de utilização dos recursos naturais, está relacionada principalmente ao desmatamento, abertura de estradas, ocupação de áreas inadequadas para urbanização, manejo dos solos para práticas agrícolas, florestais ou pastoris não adequadas às condições ambientais (PALMIERI; LARACH, 1998).

A fim de usufruir de condições ambientais propícias ao uso agrícola, o homem aprimora tecnologias com o intuito de transformar a terra em espaço produtivo, muitas vezes não considerando o potencial e a limitação do uso da terra. A exploração de novas áreas, provocando degradação é ocasionada pelo fato da agricultura possuir abundância de terras e atender as exigências do mercado (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999).

A degradação ambiental resulta em processos de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas das propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva de recursos ambientais (IBGE, 2006). O manejo inadequado da terra, aliado as condições naturais, é a principal causa de degradação ambiental. (ROSS, 1998).

A gestão dos recursos hídricos, considerando a qualidade e as características químicas, físicas, biológicas e ecológicas da água, depende do uso e ocupação das áreas no entorno dos canais (MACHADO, 2001). A poluição dos leitos fluviais está relacionada ao uso e ocupação dos solos. Em áreas onde ocorrem depósitos de poluentes no solo, esses materiais podem ser arrastados para os cursos fluviais, aumentando assim a poluição (TÁPIA, 2004).

2.2 Reservatórios e impactos no curso d'água

Reservatórios são ambientes artificiais que foram e continuam sendo construídos com o propósito principal de fornecer reservas de água para múltiplas finalidades de uso, entre as quais se destacam a produção de energia elétrica, o abastecimento doméstico e industrial, o transporte, a irrigação e a recreação e turismo (MATSUMURA-TUNDISI, 1999; TUNDISI, 1999, 2005, 2006).

O grande potencial hídrico favoreceu a construção de hidrelétricas para captação de energia no Brasil. Segundo Kelman et al (1999), a iniciativa privada foi a principal responsável pela produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, para a população das principais cidades do País, até final dos anos 40. Entretanto a partir de 1950 com o advento do crescimento das indústrias e do espaço urbano, estes induziram o aumento na demanda por energia elétrica. Atualmente pode-se dizer que o Brasil é um dos países que mais se destaca pelo aproveitamento dos recursos hídricos para a produção de energia elétrica.

Neste sentido, para que uma usina hidrelétrica seja viável economicamente, são necessários alguns ajustes, neste caso, intervenções no curso do rio e grandes empreendimentos visando criar um desnível ou uma queda d'água artificial, por meio da construção de uma represa. De acordo com Drew (1998), quanto mais à jusante for o ponto da intervenção no curso d'água, menores são as chances de que muitos elementos do sistema hidrológico sejam afetados. Sendo assim ainda que se possa escolher com cuidado o ponto de intervenção, todo o sistema corre o risco de sofrer alterações e impactos.

Para a produção de energia elétrica, as usinas caracterizam-se por utilizarem a força física das águas sob o efeito da gravitação, e por isto necessitam serem instaladas em cursos d'água que apresentem uma grande vazão, quedas d'água ou consideráveis desníveis de relevo entre a montante e a jusante (FARENZENA, 2006). No entanto, nem todas as drenagens apresentam a estrutura natural necessária para a produção de energia elétrica, alguns possuem grande volume d'água, mas percorrem áreas de planície, outros áreas de planalto com desníveis acentuados de relevo, mas apresentam pequeno volume na sua vazão intermitente (KELMAN, 1999).

Thomaz et al (1997) afirmam que a construção de uma barragem implica no aumento imediato do tempo de residência da água do antigo sistema lótico. Destacando que essa transformação do ambiente lótico para lêntico é a principal responsável pelas alterações nas características limnológicas observadas nas águas represadas e a jusante das mesmas. Ocorrem também alterações na fauna e na flora circunvizinhas e na qualidade física e química da água à jusante da represa, o que vai refletir na biota aquática, além de em longo prazo serem observadas alterações químicas no solo das áreas alagáveis (ESTEVEES, 1998; TUNDISI, et al., 2006).

A alteração no curso natural da água reduz a vazão do rio, prejudica a vida aquática e terrestre, ocorrem modificações nas variáveis limnológicas, como, por exemplo, as taxas de oxigênio, os totais de sedimentos em suspensão, o surgimento de termoclina, que é a variação brusca de temperatura em uma determinada profundidade do mar ou em ambientes de água doce entre outros (TUNDISI, 2008).

O termo bacia hidrográfica pode ser definido como a área de captação natural da água da precipitação, drenando essa água por ravinas, canais e tributários, para um curso d'água principal, tendo a vazão uma única saída, desaguando em um curso d'água maior, lago ou oceano (TONELLO, 2005). Cada bacia hidrográfica se interliga a outra de maior tamanho, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. As bacias hidrográficas maiores são resultantes do conjunto de pequenas bacias.

A bacia hidrográfica é uma unidade espacial das mais importantes em análise de estudos da geografia física. Uma bacia consiste no espaço geográfico que alimenta um curso de água e por ele é drenado (DEMANGEOT, 1998).

As bacias hidrográficas permitem, segundo Cunha e Guerra (1999), uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas. Considerar a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão impõe-se abordar todos os seus elementos, tanto os naturais como os sociais, tendo uma visão de totalidade a partir de inter-relacionamentos dinâmicos entre eles.

Maksoud (1956) define bacia de drenagem, ou bacia hidrográfica, como “um conjunto de terrenos drenados por um curso d'água e seus tributários”. Semelhantemente a Lencastre & Franco (1984), que consideram a bacia hidrográfica uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou por um sistema interligado de cursos de água tal que todos os caudais efluentes sejam descarregados através de uma única saída; e também semelhante a Suguio e Bigarella (1990), que definem bacia de drenagem como “uma área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e seus tributários”.

Sendo essas, várias peculiaridades conhecidas como padrões de drenagem, ou seja, o arranjo em planta, dos rios dentro da bacia que, por sua vez, determinam vários esquemas de classificação dos rios e das respectivas bacias.

Para Netto (2003), uma bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial, sendo os limites de uma bacia hidrográfica ou de drenagem conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. A bacia de drenagem apresenta-se como uma unidade conveniente ao entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos e das ligações espaciais entre áreas distintas que podem afetar tanto o planejamento local como planejamento regional.

Guerra e Cunha (1998) consideram que as bacias hidrográficas estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, juntamente com material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano, sendo que as bacias recebem

energia fornecida pela atuação do clima e da tectônica locais, eliminando fluxos energéticos pela saída da água, sedimentos e solúveis, deduzindo-se que as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas. As mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, porém, nos últimos anos, o homem tem sido o agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem.

Um dos grandes desafios da ecologia aquática hoje é conhecer o funcionamento de base dos ecossistemas aquáticos e compreender suas respostas decorrentes de perturbações introduzidas pelas atividades humanas, de modo a prever o impacto dessas sobre suas condições de sustentabilidade em médio e longo prazo (SANTOS e PEREIRA FILHO, 2010). Dessa forma, ações antrópicas com o uso de tecnologias de geoprocessamento podem ajudar na interpretação dos padrões óticos da água como na transparência e carga de sólidos em suspensão.

2.3 Sensoriamento Remoto

Grande parte do esforço de pesquisa na área de sensoriamento remoto se concentra na tarefa de extração de informações de imagens obtidas por satélites orbitais. Este esforço é particularmente importante no caso de países com extensões continentais como é o caso do Brasil. Nos últimos dez anos, satélites utilizando sensores nunca antes utilizados em missões orbitais civis tornaram-se operacionais.

O sensoriamento remoto permite adquirir informações sobre a superfície terrestre, a partir da detecção e registro da energia radiante resultante da interação da energia eletromagnética e do objeto (CURRAN, 1986). Essa técnica pode ser definida como a amostragem do espectro eletromagnético (GALVÃO, 2001). O dado coletado é ambiental, pois são resultantes de componentes bióticos e abióticos em uma dada área e momento (NOVO, 2008).

De acordo com Novo (2008), sensoriamento remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos e fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações.

O Sol é a principal fonte de energia (radiação) eletromagnética para o sistema solar, bem como para o sensoriamento remoto da superfície terrestre. A energia radiada pela fotosfera (superfície aparente do Sol) em direção à Terra é denominada de Fluxo Radiante e

apresenta natureza dual: ora se comporta como partícula (Teoria Corpuscular), ora se comporta como onda (Teoria Ondulatória). O máximo de energia solar disponível na superfície terrestre para fins de sensoriamento remoto encontra-se na faixa de 0,4 μm a 0,7 μm , que é conhecida como a região visível do Espectro Eletromagnético (NOVO, 2008).

Para Moreira (2005) a interação da radiação eletromagnética com os alvos da superfície terrestre e com o próprio solo depende, sobretudo, das características de cada um dos alvos e do ambiente que os cerca, dessa forma, diferentes quantidades de energia absorvida e refletida, o que possibilita a discriminação de diversas ocupações da superfície terrestre, pois cada alvo possui respostas espectrais diferenciadas.

Sendo assim, a Figura 4 mostra as nove faixas do espectro eletromagnético, porém, a tecnologia de sensoriamento remoto opera principalmente nas faixas do espectro refletivo (visível e infravermelho próximo), respectivamente, na faixa de sinal entre 400 a 720nm e entre 720 a 1300nm, que detectam e imageiam os alvos naturais da superfície terrestre: água, vegetação (floresta, campo e agricultura), solo e rochas (NOVO, 1998; ROCHA, 2000; MOREIRA, 2005).

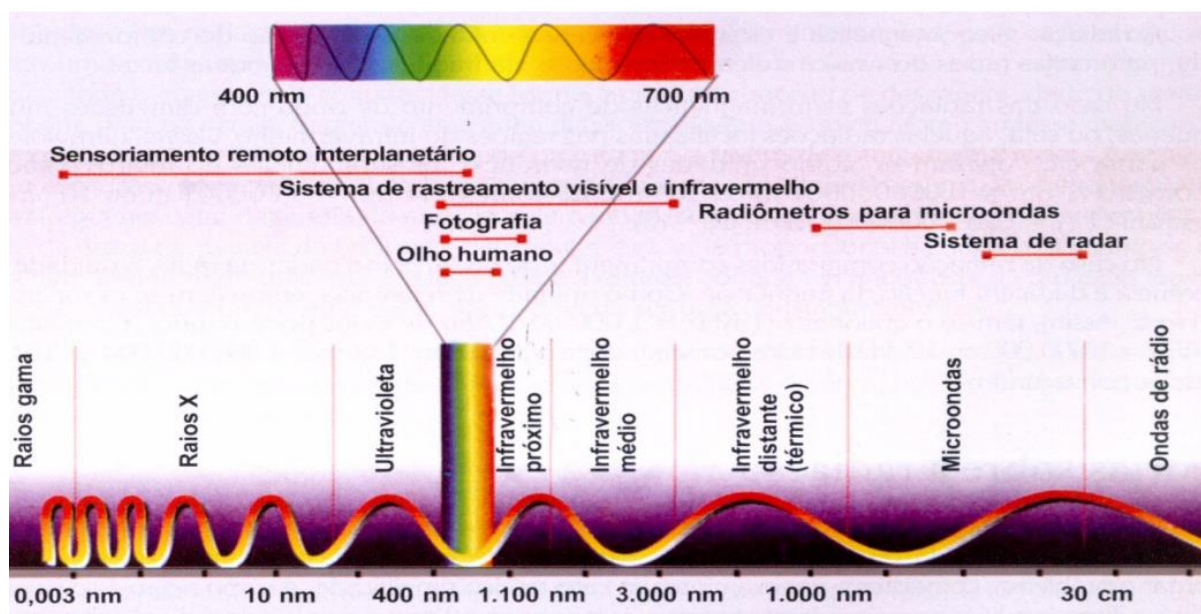


Figura 4 – Espectro eletromagnético.

Fonte: Moreira (2005).

O sensoriamento remoto representa uma ferramenta importante para a obtenção de dados básicos e espaciais, para realização de tarefas de proteção do ambiente natural, bem como para decisões de planejamento, fornecendo estruturas básicas para a observação do meio (BLASCHKE; KUX, 2005). As imagens de satélite permitem uma visão de conjunto e multitemporal, o qual permite acompanhar as transformações do espaço ao longo do tempo.

O desenvolvimento dos sensores orbitais multiespectrais trouxe um grande avanço nos estudos ambientais, o MSS/LANDSAT foi um dos primeiros sensores orbitais desenvolvidos, porém apresentava grandes limitações no estudo urbano devido a sua baixa resolução espacial (80m).

A série Landsat lançada em 1972 com o satélite Landsat-1, seguido dos Landsat 2, 3, todos com o sensor MSS e Landsat 4, 5 com sensor TM e o 7 com o sensor ETM+, pela National Aeronautics and Space Administration (NASA).

O satélite LANDSAT-5 sensor TM, utilizado para este trabalho, lançado em 1984, possui órbita polar heliossíncrona e apresenta vantagens de permitir a verificação de feições pequenas. Possui seis bandas espectrais com resolução espacial de 30m, com uma banda espectral na faixa do azul que favorece o estudo de corpos d'água continentais e costeiros de menor área (BRAGA; NOVO; KRUG, 1993).

O satélite apresenta resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 256 níveis de cinza (AMARAL, 1992). Além das 6 bandas multiespectrais e 1 banda termal, o que garante melhores características radiométricas em relação ao MSS (Coordenação Geral de Observação da Terra, 2008).

Os dados coletados pelo satélite fornecem grande quantidade de informações sobre a superfície terrestre, destacando-se o desenvolvimento agrícola, urbanização, degradação dos recursos hídricos e outros eventos naturais e antropogênicos. O uso de imagens multiespectrais registradas por satélites tais como Landsat, é uma importante técnica para a extração dos dados destinados às várias aplicações de pesquisa de recursos naturais (INPE/DGI, 2011).

Novo (2008) ainda ressalta que o sensoriamento remoto atualmente fornece dados de grande utilidade para diversas aplicações dentre as quais, destaca a limnologia, auxiliando na caracterização da vegetação aquática, identificação de tipos de água e avaliação do impacto do uso da terra em sistemas aquáticos.

Uma forma de avaliação dos cursos de água é comparar a característica da composição natural das águas pelos parâmetros físico-químico-biológicos com as atividades de borda e vizinhança do curso d'água e seu potencial de induzir impactos (SANTOS, 2004). Sendo de suma importância identificar a influência que existe entre as características da água dos reservatórios e a utilização dos recursos hídricos e naturais em seu entorno.

2.4 Geoprocessamento

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos naturais, sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade do século passado, da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento.

Para que um sistema de informações geográficas (SIG) cumpra suas finalidades, há a necessidade de dados. A aquisição de dados em Geoprocessamento deve partir de uma definição clara dos parâmetros, indicadores e variáveis, que serão necessários ao projeto a ser implementado. Deve-se verificar a existência destes dados nos órgãos apropriados (IBGE¹, DSG², Prefeituras, concessionárias e outros). A sua ausência implicará num esforço de geração que dependerá de custos, prazos e processos disponíveis para aquisição.

Diante da necessidade de se conhecer o espaço e sua organização, desenvolveram-se tecnologias que auxiliam no estudo da dinâmica espacial. A evolução da informática permitiu a elaboração de novos aplicativos utilizados na área de Cartografia e Geoprocessamento, onde os mapas em meio digital se apresentam como uma forma de se obter resultados de forma mais rápida e informações mais precisas (PEREIRA; SILVA, 2001).

Com o desenvolvimento do Geoprocessamento, deixa-se a ênfase do manejo do conjunto de dados, passando para a análise das informações, possibilitando o processamento e a apresentação visual dos mesmos (PEREIRA; SILVA, 2001). O uso do Geoprocessamento possibilita a extração das informações e a interpretação de dados, auxiliando na localização dos fatos geográficos. Nesta perspectiva, Câmara e Medeiros (1998) definiram Geoprocessamento como a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a realização do tratamento de informações geográficas.

A partir de instrumentos como imagens de satélite, o geoprocessamento possibilita a análise de informações necessárias para a tomada de decisão rápida e eficaz, constituindo-se, portanto, em um importante instrumento no planejamento de ações ambientais. Na análise ambiental, o geoprocessamento é uma das ferramentas mais utilizadas para monitoramento,

¹ IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

² DSG – Diretoria de Serviço Geográfico

fornecendo informações do ambiente, através de registro e da análise dos dados referentes a superfície terrestre (CÂMARA; MEDEIROS, 1998; ROCHA, 2000).

A fim de contribuir para o estudo de sistemas ambientais, o geoprocessamento atua como um conjunto de tecnologias direcionadas para a coleta e o tratamento das informações espaciais, disponibilizando ferramentas, recursos e dados a fim de que se possa determinar a evolução temporal e espacial de um determinado fenômeno geográfico e suas inter-relações (ROCHA, 2000). Para isso, utilizam-se ferramentas computacionais, denominadas Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), as quais permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes em bancos de dados georreferenciados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Rodrigues (1993), também define geoprocessamento como um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltado para um objetivo específico. Este conjunto possui como principal ferramenta o Geographical Information System (GIS), considerado também como Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Um SIG difere dos demais sistemas, pela sua capacidade de estabelecer relações espaciais entre elementos Gráficos. É o sistema mais adequado para análise espacial de dados geográficos. Essa capacidade é conhecida como Topologia, ou seja, o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas propriedades e relações. Esta estrutura, além de descrever a localização e a geometria das entidades de um mapa, define relações de conectividade, contiguidade e pertinência.

Segundo Rosa e Brito (1996), o objetivo geral de um Sistema de Informação Geográfica é servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando integrar em uma única base de dados, informações representando vários aspectos do estudo de uma região.

O desenvolvimento de um SIG como técnica do Geoprocessamento permite a conjugação de grande quantidade de informações, possibilitando estabelecer estratégias para tomada de decisões e elaboração de cartas temáticas (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999). Os SIG são constituídos por uma série de rotinas e processos de análise a fim de interrelacionar fenômenos da realidade com a localização espacial (TEIXEIRA et al, 1992). Dessa forma, os SIG podem representar dados geográficos ou espaciais dentro de um sistema de coordenadas (BURROUGH; MCDONNELL, 1998).

O SIG pode ser definido como um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, estruturadas e associadas ou não a um banco de dados alfanumérico (ROCHA, 2000).

O Sistema de Informação Geográfica é utilizado no processamento de informações que podem ser obtidas através de mapas pré-elaborados, observações de campo e sensores remotos ou construção de cartas obtidas através da topografia (LAHM, 2000). De acordo com Burrough e McDonnell (1998) SIG é um sistema de suporte a decisões envolvendo a integração espacial de dados relacionados ao meio ambiente.

As principais características dos SIGs de acordo com Câmara e Medeiros (1998) são:

- integrar em uma única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Além da rapidez no processamento das pesquisas, outra vantagem de um SIG em relação a um sistema de informações convencional é a incorporação do componente espacial, o que implica que objetos que estão em algum lugar no espaço podem estar ou serem correlacionados. Dessa forma as pesquisas em um SIG sobre a utilização do espaço, oferecem subsídios às decisões de forma eficiente e configuram-se como uma ferramenta de grande valor para a gestão do território, auxiliando na escolha das decisões de planejamento (TEIXEIRA et al, 1992).

Os objetos geográficos necessitam de um SIG para armazenar seus atributos e suas formas de representação. Os SIG possuem uma vasta área de aplicações, onde se incluem temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano, entre outras. A integração de dados em sistema de informações geográficas permite o armazenamento e gerenciamento desses dados como parte do conjunto de geoinformações disponíveis e registradas (BLASCHKE; KUX, 2005).

O SIG compreende quatro elementos básicos que operam em um contexto institucional: hardwares, software, dados e profissionais. O hardware pode ser qualquer tipo de plataforma computacional, incluindo computadores pessoais, workstations e mini-computadores de alta performance. Quanto aos periféricos de entrada, são utilizados mesas digitalizadoras, scanners, drives de fita, câmaras digitais, restituidores fotogramétricos, instrumentos topográficos eletrônicos, GPS³ e outros. No que se refere aos periféricos de saída, têm-se monitores, plotters e impressoras. O software de SIG é desenvolvido em níveis sofisticados, constituído de módulos que executam as mais variadas funções. O dado é o elemento fundamental para o SIG.

³ GPS – Global Position System: é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a posição do mesmo, assim como informação horária, sob todas quaisquer condições atmosféricas, a qualquer momento e em qualquer lugar na Terra, desde que o receptor se encontre no campo de visão de quatro satélites GPS.

Os dados geográficos são muito dispendiosos para coleta, armazenamento e manipulação, pois são necessários grandes volumes para solucionar importantes problemas geográficos. Contudo, o elemento mais importante do SIG é o profissional, a pessoa responsável pelo seu projeto, implementação e uso. Sem pessoas adequadamente treinadas e com visão do contexto global, dificilmente um projeto de SIG terá sucesso.

Portanto, a utilização de SIG's e de dados de Sensoriamento Remoto vêm facilitar a elaboração de mapas temáticos de uso da terra, por exemplo, proporcionando, assim, a possibilidade de análises temporais e suas relações com as variáveis limnológicas, uma vez que a fisionomia da Terra está em constante transformação natural e/ou antrópicas.

2.5 Mapas de Uso da Terra

Mapas são representações gráficas feitas geralmente em uma superfície plana (como papel), com a finalidade de apresentar informações da realidade; eles fazem parte da humanidade desde os tempos remotos. Mapas temáticos têm por finalidade fornecer com o auxílio de símbolos quantitativos e qualitativos dispostos sobre uma base de referência, uma representação convencional dos fenômenos de qualquer natureza e de suas correlações (JOLY, 1997). A criação de um mapa temático nasce da necessidade do planejador obter uma resposta a partir da associação de informações conhecidas. Diferentes mapas temáticos podem ser complementares no auxílio a uma tomada de decisão específica, da mesma forma que mapas temáticos iguais, gerados com certa periodicidade podem se constituir em ferramentas imprescindíveis ao monitoramento dos resultados de uma decisão já tomada.

Lopes e Loch (1992) salientam a importância e o valor das imagens orbitais para a atualização de mapas temáticos, considerando-se a repetitividade dos imageamentos, as possibilidades de se obter imagens com outras resoluções espectrais e a melhoria em termos de precisão. Segundo Lopes, Loch e Bahr (2004), resultados de uma pesquisa, apresentados sob a forma gráfica de mapas temáticos, torna a informação mais impactante e provoca reação positiva no administrador, estimulando-o para que soluções sejam providenciadas de forma mais rápida.

Barbieri (2012), afirma que o regime fluvial depende, em grande parte, da quantidade de água que eles recebem que varia em função da intensidade e da quantidade de chuva, da natureza do solo ou rocha sobre os quais eles derivam e da topografia da superfície. Os valores de precipitação pluviométrica devem ser levados em consideração na análise dos dados de

sensoriamento remoto e limnológicos, porque associados ao uso da terra apresentam fortes influências no transporte de material para as bacias de captação.

2.6 Dados pluviométricos

A ação da radiação solar e do vento sobre as águas da superfície terrestre proporciona o fenômeno da evaporação, que é a passagem da água do estado líquido para o estado de vapor. A quantidade de chuva que cai num determinado lugar e num determinado tempo é medida pelo pluviômetro e registrada pelo pluviógrafo. Seu volume é expresso geralmente em polegadas, referindo-se ao estado da água (líquida ou sólida) que se precipita sobre uma determinada região e por um determinado período de tempo. A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas que mais contribuem para o estudo de bacias hidrográficas, pois representa a principal entrada de água no sistema, sendo, a chuva a principal forma de precipitação. Em escassez ou excesso a precipitação pluviométrica que atinge o solo poderá escoar ou infiltrar, dependendo das características físicas da bacia de captação poderá influenciar diretamente na rede de drenagem aumentando ou diminuindo a vazão dos cursos de água (TUCCI, 1998; RENNÓ, 2004).

Dessa forma, os diagnósticos que permitem afirmar se choveu mais ou menos do que o esperado para um determinado período de tempo estão relacionados com gráficos elaborados com base na média de chuva em cada período. O índice é calculado em milímetros. Se o índice pluviométrico de um dia, em certo local, foi de 2 mm, significa que, se tiver nesse local uma caixa aberta, com 1 metro quadrado de base, o nível da água dentro dela teria atingido 2mm de altura naquele dia. Para chegar a esse índice, as centenas de estações meteorológicas espalhadas pelo país utilizam o pluviômetro. Há vários modelos diferentes, mas o instrumento constitui-se, basicamente, do funil de captação e básculas que enviam sinais elétricos para uma estação meteorológica. Com base em todos os aparelhos instalados em uma determinada região, é possível chegar à média da precipitação observada na área total (INMET <<http://www.inmet.gov.br>>).

Para estudar precipitação no Rio Grande do Sul devem ser levados em consideração trabalhos realizados por Nimer (1989) e Sartori (2003) que contribuem significativamente através de estudos rítmicos de precipitação, em clima urbano e em percepção climática, dando ênfase à Região Central do Estado. A precipitação no Rio Grande do Sul conforme Sartori (2003) é

essencialmente de origem frontal, no entanto, para a autora, são os fatores de natureza dinâmica responsáveis pela gênese dos estados de tempo, que definem o clima ao longo do ano no Rio Grande do Sul, através do mecanismo sazonal de atuação dos sistemas atmosféricos regionais.

Estudo realizado por Barbieri (2012) no reservatório Passo Real utilizando imagens MODIS apresentou correlação significativa de 99% da relação precipitação com a reflectância em 25 dias de acúmulo. No trabalho, estima-se que o acúmulo em 20 dias foi o que apresentou o impacto mais expressivo da chuva sobre a reflectância da água registrada em imagens MODIS no Reservatório Passo Real. O que se pode inferir que a partir de 30 dias as imagens MODIS não registram mais o efeito significativo da chuva, isto pode mostrar também que a reflectância não sofre tanto o efeito da chuva acumulada após esse período.

Rudorff, 2006 afirma que a utilização de sensoriamento remoto para o estudo da qualidade da água fundamenta-se no fato de que elementos, tais como material orgânico e inorgânico, em suspensão e dissolvido, alteram as características espectrais da água pura. A precipitação pode ser um forte elemento natural de degradação, sempre associado à erosão dos solos e conseqüentemente, alterando a topografia do local, ou de uma bacia hidrográfica. O total pluviométrico do local associado ao uso da terra poderá apresentar forte influência nos sólidos em suspensão de corpos de água, alterando a reflectância da água pura.

2.7 Variáveis Limnológicas

Reservatórios apresentam uma compartimentação horizontal em unidades e subunidades representadas pelas áreas de inundação dos afluentes com diferentes padrões de circulação e tempo de residência da água. Além disso, três regiões são encontradas em reservatório – lótica, transição e lântica – distinguindo-se pelo funcionamento hidráulico, transporte de sedimento, penetração da luz e pelas características da comunidade planctônica e bentônica (TUNDISI, 2006).

As propriedades limnológicas podem ser utilizadas na definição de compartimentos aquáticos, por compreender os processos físicos, químicos e biológicos em reservatórios. Esteves (1998) destaca os estudos de Forel em relação a lagos, em que: “lago é um mundo em escala pequena no qual o ciclo da integração e da dissolução sempre se repete” ou ainda “cada lago é um órgão da terra”. Essas análises ressaltam a individualidade, ciclicidade e dinâmica de um ambiente aquático.

Em geral, um reservatório pode ter vários compartimentos aquáticos com uma ou mais características em comum, porém comunicando-se um(s) com outro(s) e deslocando energia e matéria, ou seja, ocorre uma transferência das propriedades da água (ANGELINI, 2002). Essa transferência de propriedades direciona mudanças no tempo e no espaço. A disponibilidade de nutrientes, em uma dada área, pode estar vulnerável a condições de iluminação e às sucessivas mudanças direcionais de vento, que, conforme o período poderá formar um ou vários compartimentos aquáticos. Dessa forma, as diferenças de temperatura nos diferentes compartimentos aquáticos proporcionam variações nos processos que ocorrem num mesmo reservatório, por exemplo.

2.7.1 Temperatura da Água

A temperatura da água é um dos fatores ecológicos mais decisivos, sendo que também é um importante limitador na distribuição geográfica de algumas espécies de plantas e animais. Em reservatórios de águas continentais, as mudanças bruscas de temperatura podem causar efeitos drásticos às comunidades bióticas e alterar as características químicas da água.

Ela varia basicamente conforme a intensidade da radiação solar incidente na superfície da água, salvo nos casos de despejos industriais, de termelétricas e de usinas atômicas que operem nas margens do lago ou reservatório. Ela exerce maior influência nas atividades biológicas e no crescimento. Também determina os tipos de organismos que podem habitar ali, como peixes, insetos, zooplâncton, fitoplâncton e outras espécies aquáticas, todas têm uma faixa preferida de temperatura para se desenvolverem. Se essa faixa for ultrapassada (para menos ou para mais), o número de indivíduos das espécies diminui até se extinguirem totalmente.

Estudos realizados por Norman e Becker (1995) descreveram uma terminologia para a classificação de dois tipos básicos de temperatura: a Temperatura de Pele (T_{skin}) e a Temperatura de Superfície (T_s). A primeira, é uma temperatura teórica utilizada no sensoriamento remoto como uma aproximação da temperatura verdadeira da superfície. A temperatura Direcional de Brilho, Infravermelha Direcional, Infravermelha Hemisférica, Radiométrica Hemisférica e Direcional as quais são classificadas como T_{skin} . É considerada somente a temperatura na parte superior da superfície de contato com a atmosfera. As temperaturas Aerodinâmicas e Cinéticas são ditas ' T_s ' devido à representação da temperatura real do alvo e obedecem as leis da Termodinâmica Clássica. Além disso, na maioria das vezes as temperaturas estimadas pelos sensores orbitais, aproximam-se da temperatura real da superfície ' T_s ' (LI et al., 1999).

No sensoriamento remoto as medidas da temperatura da água são realizadas por meio de sensores que detectam radiação termal (3-5 e 8-14 mm) emitida pela camada milimétrica (0.1 mm) da superfície da água. Para Robinson (2004) a temperatura T_{skin} é mais representativa do que a T_s quando a camada de água é suficientemente misturada, sem que haja a formação de gradientes térmicos com a profundidade.

Então, quando as diferenças de temperatura geram camadas de água com diferentes densidades, formando uma barreira física que impede que se misturem e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente na coluna de água, criando assim a condição de estabilidade térmica. Quando ocorre este fenômeno, o ecossistema aquático está estratificado termicamente. Os estratos ou camadas formados frequentemente estão diferenciados física, química e biologicamente, formando assim, diferentes compartimentos com diferentes transparências nos diversos setores aquáticos.

A temperatura da água é fortemente influenciada por elementos e fatores climáticos e pela variação diária da temperatura do ar atmosférico, bem como de outras variáveis limnológicas, como o TSS e a transparência (TUCCI, 1993). Ela é diretamente proporcional à transparência (zona eufótica) e inversamente proporcional ao TSS, isto é, quanto maior a temperatura da água, maior a transparência e, portanto, menor o TSS presente na água e vice versa.

2.7.2 Transparência da Água

Essa variável limnológica é medida em campo utilizando-se o disco de Secchi, um disco circular branco ou com setores branco e preto e uma corda graduada, que é mergulhado na água até a profundidade em que não seja mais possível visualizar o disco. Essa profundidade, a qual o disco desaparece e logo reaparece, é a profundidade de transparência. Por meio da medida do disco de Secchi, é possível estimar a profundidade da zona fótica, ou seja, a profundidade de penetração da radiação solar na coluna de água, que indica o nível da atividade fotossintética de lagos ou reservatórios (CETESB, 1987)

A transparência é avaliada com o uso do disco de Secchi, a partir da indicação da profundidade de seu desaparecimento. Quanto maior a transparência da água, menor dispersão do campo da luz e maior a medida de profundidade do DS. Em outra perspectiva, o valor do DS é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no percurso da luz e ao coeficiente de atenuação da irradiância (KIRK, 1994; ESTEVES, 1998).

A transparência da água avaliada pelo DS varia bastante entre os ecossistemas aquáticos e, num mesmo lago, pode variar ao longo do dia, estando na dependência do regime de circulação da massa de água (influência do vento), da natureza geoquímica da bacia e do regime das chuvas (POMPÊO, 1999). Assim, há lagos com apenas alguns centímetros de transparência e outros com até dezenas de metros.

O desaparecimento do disco de Secchi corresponde à profundidade na qual a radiação da faixa do visível não é mais sensível ao olho humano. Superfícies de água limpa apresentam uma dispersão muito reduzida e profundidade Secchi mais elevada do que em águas com elevada turbidez. A zona fótica pode ser estimada através da transparência do disco de Secchi conforme a equação abaixo (ESTEVES, 1998). O desaparecimento do disco de Secchi corresponde a 10% da radiação superficial. O limite inferior da zona eufótica recebe apenas 1% da irradiância daquela recebida na superfície e, abaixo dessa é denominada de zona afótica (KIRK, 1994), determinada pela equação 1:

$$ZF = 3 \times DS \quad (1)$$

Onde: *ZF* é a Zona Fótica; *DS* é a profundidade Secchi em metros.

2.7.3 Totais de Sólidos em Suspensão - TSS

Em estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

O TSS compreende os sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão transportados pela água com um diâmetro maior que 0,45 µm (TODESCHINI, 2004). A fração orgânica é representada principalmente pelo fitoplâncton, zooplâncton e substâncias húmicas e a fração inorgânica é constituída principalmente de silte e argila (ESTEVES, 1998).

Com estes procedimentos foi possível determinar o TSS na unidade mg/L para cada amostra com a Equação 2.

$$TSS \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{Pf(mg) - Pi(mg)}{V(L)} \quad (2)$$

Onde: TSS = Total de Sólidos em Suspensão, Pf = Peso final do filtro, Pi = Peso inicial do filtro e V = Volume da amostra.

O TSS interfere nas atividades do metabolismo aquático e tem relação com as atividades desenvolvidas no ambiente terrestre. Partículas orgânicas e inorgânicas são carregadas, através do escoamento superficial, nas sub-bacias hidrográficas até o reservatório. Entretanto, a perda de material varia em função do tipo do uso da terra. Por exemplo, áreas florestais disponibilizam uma menor quantidade de partículas para o sistema aquático que áreas agrícolas (WACHHOLZ, 2007). O TSS em níveis elevados pode repercutir na degradação do habitat aquático e da qualidade da água (AMBERS, 2001). Entre os problemas observados, está a maior disponibilidade de sólidos vulneráveis à deposição e seu potencial assoreamento de rios e reservatórios.

Contudo, a formação de um ambiente lântico modifica a espacialidade na deposição de sedimentos (CARVALHO, 2000). A modificação se desencadeia desde o remanso, com a deposição de cascalhos e areias. As substâncias mais finas são depositadas mais adentro do reservatório. Essas partículas têm uma acentuada participação no TSS em um reservatório, e a sua deposição pode diminuir o valor dessa variável limnológica. Sendo assim, a estatística tenta explicar o quanto há de relação dessas variações em cada ambiente aquático.

2.8 Abordagem Estatística

Em estudos que envolvem o uso de dados de sensoriamento remoto utilizam-se diferentes técnicas que visam complementar informações ou permitir análises mais confiáveis. Dessa forma, ocorre a busca por procedimentos e métodos estatísticos que possam contribuir na interpretação e comparações entre dados de sensoriamento remoto e limnologia, principalmente por meio de análises estatísticas como correlações e regressões.

As medidas estatísticas auxiliam na interpretação de dados de diversas ordens, dentre os quais os dados ambientais, com destaque para a correlação linear simples (r) e o teste de hipóteses.

Em se tratando da correlação linear simples (r) Callegari-Jacques (2003) explica que esta é uma medida de intensidade da associação existente entre duas variáveis quantitativas, e sua fórmula de cálculo foi proposta por Karl Pearson em 1896, sendo chamado de coeficiente de correlação de Pearson. Esse coeficiente de correlação pode variar de -1 a $+1$. Valores negativos de r indicam uma correlação do tipo inversa, isto é, quando x aumenta, y em média diminui (ou vice-versa). Valores positivos para r ocorrem quando a correlação é direta, isto é, x e y variam no mesmo sentido. O valor máximo de r , tanto positivo quanto negativo, é obtido quando todos os pontos do diagrama estão numa linha reta inclinada. Por outro lado, quando não há correlação entre os dados analisados os pontos se distribuem aleatoriamente.

Ao calcular o coeficiente de correlação em uma amostra, é necessário ter em mente que se está, na realidade, estimando a associação verdadeira ou falsa entre x e y existente na população, descartando a possibilidade do valor obtido ser casual, representando um erro devido à amostragem. Dessa forma, deve ser realizado um teste de hipóteses, pelo qual se rejeita ou não uma hipótese, associando à conclusão um risco máximo de erro. No teste estatístico deve ser escolhido primeiramente o nível de significância (geralmente 0,05, 0,01) que irá determinar o nível de confiança do teste (95%, 99%). Então é calculado o valor crítico do teste (t_{cal}) com a utilização do valor da correlação e da quantidade de amostras. Caso o valor de t_{cal} for menor que o valor do t_{tab} , o qual representa os valores críticos da distribuição t de Student, fornecido através de uma tabela pronta, pode-se afirmar que a correlação não é estatisticamente significativa. Se o t_{cal} for maior que o t_{tab} a correlação é significativa (Callegari-Jacques, 2003).

Para o uso de duas ou mais variáveis além das medidas de tendência central e de dispersão, também é interessante conhecer se elas apresentam algum relacionamento entre si, isto é, se valores de uma das variáveis implicam em valores da outra variável. Outra abordagem estatística consiste no teste de hipóteses, em que se busca verificar se as variáveis limnológicas de um reservatório são iguais as de outro reservatório, por exemplo. A aplicação apropriada de um determinado procedimento estatístico depende do bom cumprimento de um conjunto de pressupostos para realizar determinado procedimento (LEVINE; BERENSON; STEPHAN, 1998).

Segundo Pereira (1978), a investigação a respeito das correlações surge quando se tem em mente averiguar as possíveis relações ou regularidades de manifestação entre dois ou mais fenômenos. Sendo assim, na teoria da probabilidade e estatística, correlação, também chamada de coeficiente de correlação, indica a força e a direção do relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias. Em síntese, correlação refere-se a medida da relação entre duas variáveis, embora correlação não implique causalidade. Neste sentido geral, existem vários coeficientes medindo o grau de correlação, adaptados à natureza dos dados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo realizado nas bacias de captação dos Reservatórios Dona Francisca e Itaúba enfatiza as condições e inter-relações físicas e ambientais entre classes de uso da terra e dados limnológicos. Compreendeu inicialmente a definição dos objetivos a serem atingidos e uma pesquisa em fontes bibliográficas que permitiram maior aprofundamento do assunto. Posteriormente, passou-se à coleta das informações, elaboração da base cartográfica, quantificação e análise dos dados. Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho estão representados no fluxograma de atividades (Figura 5).

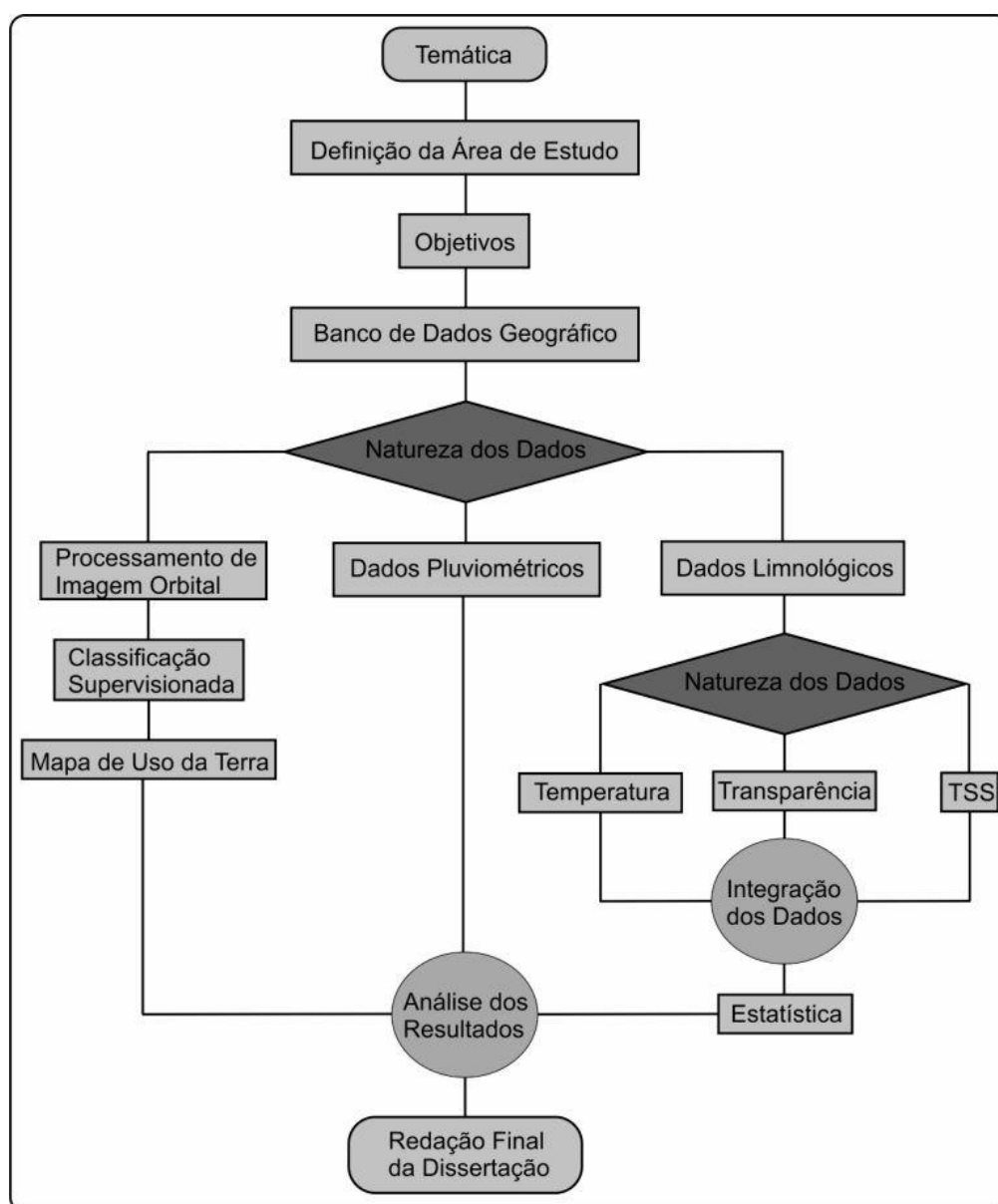


Figura 5 - Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos da pesquisa.

3.1 Mapas de Uso da Terra

As atividades específicas do laboratório se desenvolveram a partir da construção do banco de dados geográfico com inserção de documentos cartográficos (Carta Topográfica de Santa Maria), imagens de satélite e espacialização dos dados limnológicos. Para a identificação dos diferentes usos da terra na área de captação do reservatório foram utilizadas as imagens do sensor TM 5 do satélite Landsat, com data que mais se aproximou ao dia de coleta dos dados das variáveis limnológicas, conforme *quadro 1* para o reservatório da UHE Itaúba e Dona Francisca. As imagens de satélite foram adquiridas gratuitamente no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, disponível *on-line* na página da internet <http://www.inpe.br/CDSR>.

| Campo | UHE Itaúba | UHE Dona Francisca | Imagens TM |
|--------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| 1° | 06-01-2012 | 04-01-2012 | 19-12-2010 |
| 2° | 22-05-2012 | 14-05-2012 | 22-05-2009 |
| 3° | 31-08-2012 | 23-08-2012 | 01-09-2011 |
| 4° | 27-02-2013 | 01-03-2013 | 18-02-2010 |

Quadro 1 – Datas das coletas dos dados limnológicos realizadas em campo e das imagens de satélite nos reservatórios da UHE Itaúba e da UHE Dona Francisca.

A preparação da base cartográfica constituiu-se, primeiramente, no georreferenciamento e o mosaico de imagens a partir das duas cartas topográficas em meio digital que fazem parte da área de estudo. Posteriormente se realizou a delimitação de cada bacia hidrográfica a qual compreende a área de captação do Reservatório da UHE Dona Francisca e do reservatório da UHE Itaúba, seguindo os divisores de água do terreno. Concomitante a isso foram criados os Planos de Informações (PI) referentes à rede de drenagem e aos limites de cada bacia hidrográfica.

A classificação das imagens e elaboração dos mapas de Uso da Terra foram obtidos através da análise interpretativa das imagens do satélite Landsat/TM, processadas com o uso do software de geoprocessamento Spring 4.3.3 sobreposta à carta topográfica, com escala de 1:250.000, da região de Santa Maria e de Cruz Alta – RS (1972).

A quantificação do uso da terra nas bacias hidrográficas de Itaúba e Dona Francisca, de um modo geral, permitiu espacialização dos diferentes tipos de uso da terra. Os mapas de uso da terra foram obtidos utilizando as imagens TM de 19 de dezembro de 2010 (campo 1), 22 de

maio de 2009 (campo 2), 01 de setembro de 2011 (campo 3) e 18 de fevereiro de 2010 (campo 4), através da técnica de classificação pixel a pixel por máxima verossimilhança (MAXVER).

A identificação e o mapeamento do uso da terra e a sua quantificação foram determinadas por meio da classificação supervisionada, os quais foram realizados após a elaboração de uma composição RGB, bandas 5; 4 e 3, imagens TM, com as cores vermelha, verde e azul, respectivamente. A passagem do satélite correspondeu à órbita 222, ponto 80. 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.

Na classificação supervisionada, o uso da terra foi identificado e diferenciado em cinco classes representadas por água, solo exposto, campo, cultivo agrícola e floresta pelos seus padrões de resposta espectral. As áreas de treinamento foram delimitadas por polígonos desenhados sobre cada uso da terra na imagem.

As classes temáticas de interesse para o trabalho foram definidas da seguinte forma:

- Floresta – correspondem as florestas nativas e áreas de florestamento;
- Campo – inclui áreas de vegetação rasteira e com criação de gado, pastagem e campo sujo;
- Água – englobam rios, açudes e reservatórios;
- Cultivo Agrícola – destinada a todas as áreas agrícolas em pousio, permanentes ou cíclicas;
- Solo Exposto – compreendem as áreas com o solo sem cobertura vegetal e rochas expostas.

Em seguida, foram indicados os nomes de cada classe de uso da terra, associados aos seus respectivos identificadores, criando-se um arquivo de assinaturas espectrais para as categorias. A análise das amostras onde se realizou a classificação utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança, um método de classificação "pixel a pixel" que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes utilizando parâmetros estatísticos. A imagem foi classificada com base nesses dados.

3.2 Dados Pluviométricos

Para obtenção dos dados de precipitação pluviométrica da área de cada reservatório foram considerados 30 dias de antecedência à data de coleta dos dados de campo, com o intuito de complementar as análises dos dados relacionados com as datas que ocorreram as coletas. Os dados foram consultados diretamente no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para os municípios localizados nas proximidades da área de captação dos reservatórios Itaúba e Dona Francisca e tabulados para posterior interpretação juntamente com os demais dados em análise.

Devido a grande área ocupada pelas bacias hidrográficas dos reservatórios abrangendo mais de um município foram utilizados os dados de precipitação de dez estações meteorológicas (Figura 6) que estão localizados na região próxima aos reservatórios e contempla toda a área de captação em análise, sendo elas Cruz Alta, Passo Fundo, Santa Maria, Encruzilhada do Sul, Ibirubá, Júlio de Castilhos, Barros Cassal, Soledade, Tupanciretã e Bento Gonçalves.

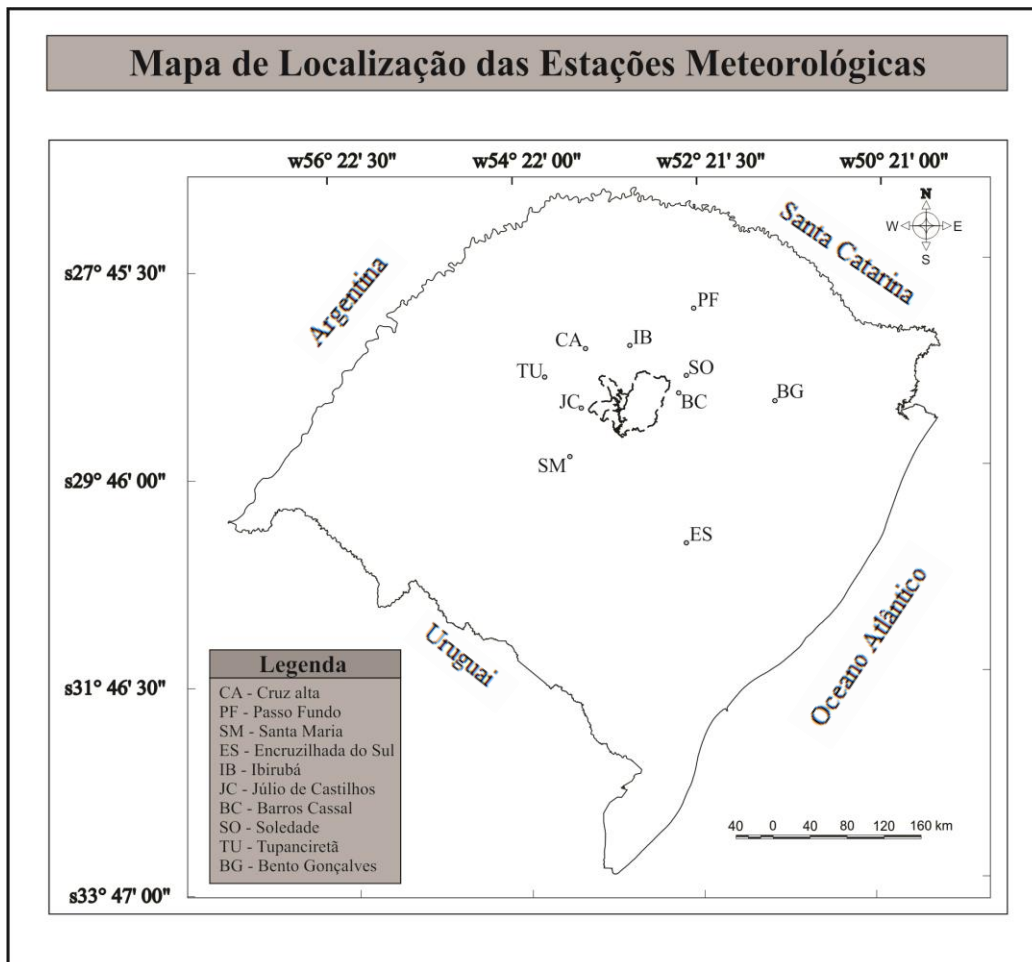


Figura 6 – Mapa de localização das estações meteorológicas, com coleta de dados pluviométricos históricos do INMET, mais próximas às usinas Hidrelétricas Dona Francisca e Itaúba.

Para a espacialização dos dados pluviométricos, os valores do total mensal acumulado de chuva foram inseridos no banco de dados geográfico gerado no *software* SPRING, na forma de modelo numérico do terreno (MNT). Então, foi gerada uma grade retangular e utilizado como interpolador a média ponderada, para posterior fatiamento em 20 classes temáticas.

3.3 Variáveis Limnológicas

Para a espacialização da temperatura da água, transparência da água e TSS, os dados foram inseridos no banco de dados geográfico gerado no *software* SPRING, na forma de modelo numérico do terreno (MNT). Para cada variável limnológica, em cada mês, foi gerada uma grade retangular e utilizado como interpolador a média ponderada, para posterior fatiamento em 20 classes temáticas.

Após a tabulação e espacialização dos dados limnológicos e da elaboração dos mapas de uso da terra da área de captação do reservatório da UHE Dona Francisca e da UHE Itaúba, foram gerados gráficos dos valores de transparência da água. As variáveis limnológicas foram avaliadas pela estatística descritiva e suas relações foram cruzadas com as informações das imagens classificadas.

Parte dos dados limnológicos utilizados nesta pesquisa faz parte do projeto CNPq “Caracterização espectral e limnológica de ambientes lênticos no Rio Grande do Sul, com abordagem espaço-temporal” (Coordenação: Waterloo Pereira Filho/Universidade Federal de Santa Maria) financiado pelo CNPq Projeto Nº 484712/2007-1, no qual foram coletados dados limnológicos e espectrais dos reservatórios Passo Real, Dona Francisca e Rodolfo Costa e Silva. A Figura 7 mostra o carro e o barco utilizados para a coleta dos dados limnológicos.



Figura 7 – Carro e barco utilizados para a coleta dos dados no reservatório.

No reservatório Itaúba foram utilizados os dados das variáveis limnológicas totais de sólidos em suspensão, temperatura e transparência da água, especialmente distribuídos na área de alagamento da represa, com coletas de 14 amostras em 06 de janeiro, 11 amostras em 22 de maio e 10 amostras em 31 de agosto de 2012 e 9 amostras em 27 de fevereiro de 2013 (Figura 8).

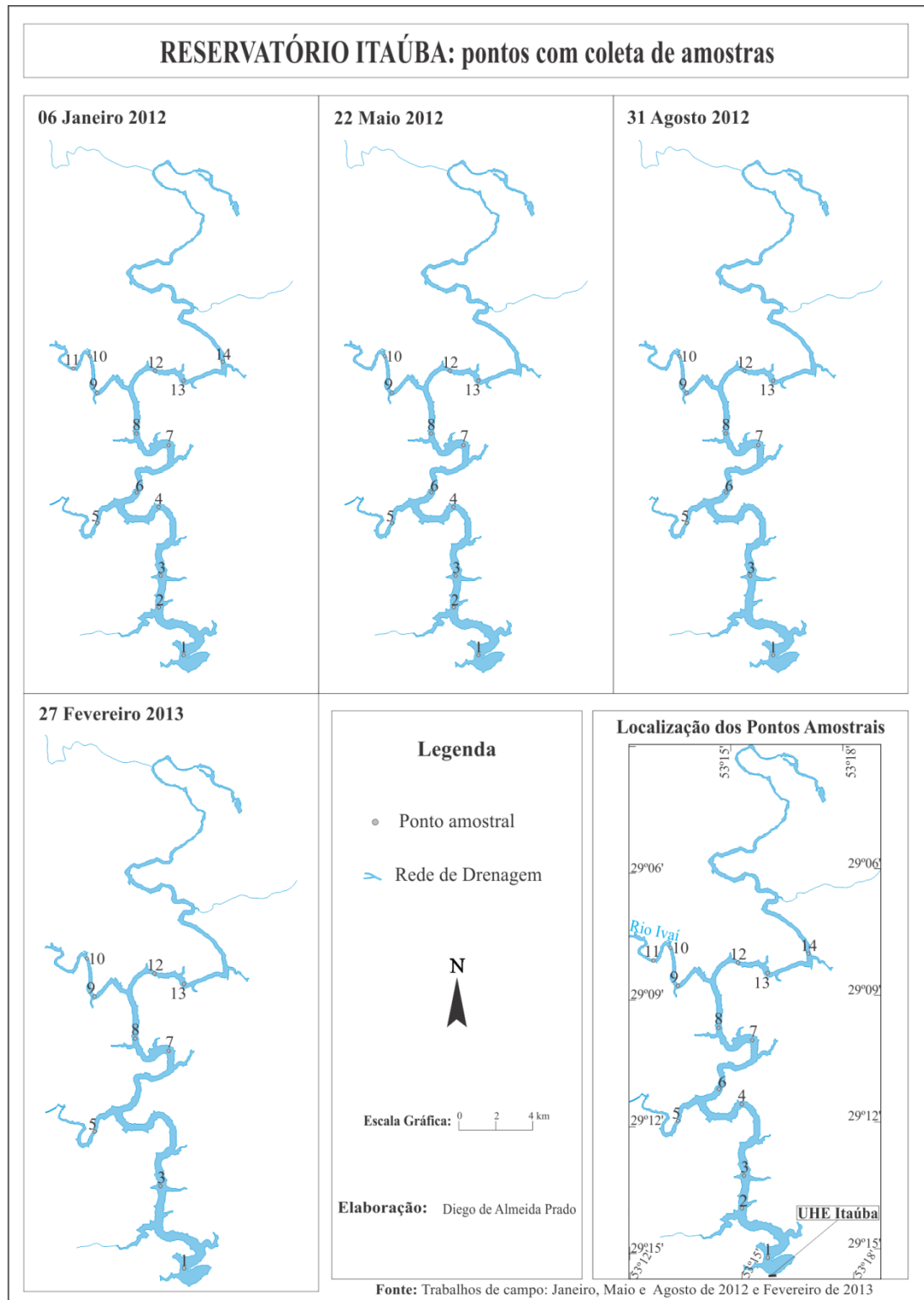


Figura 8 – Localização dos pontos amostrais coletados no reservatório Itaúba.

Foram utilizados os dados das variáveis limnológicas totais de sólidos em suspensão, temperatura e transparência da água, especialmente distribuídos no reservatório Dona Francisca, com coletas de 19 amostras em 04 de janeiro, 12 amostras em 14 de maio e 9 amostras em 23 de agosto de 2012 e 10 amostras em 1º de março de 2013 (Figura 9).

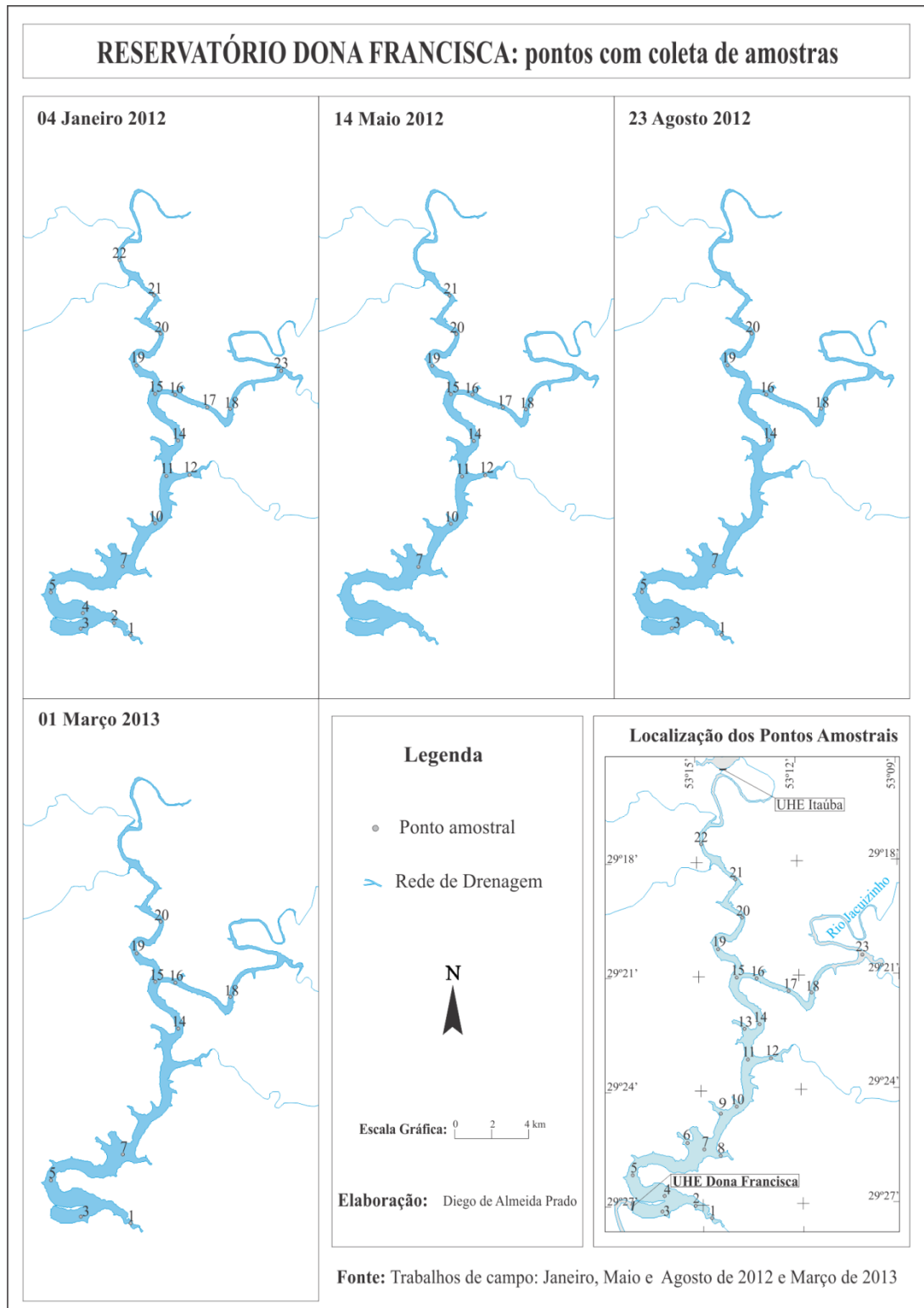


Figura 9 – Localização dos pontos amostrais coletados no reservatório Dona Francisca.

Os dados limnológicos estão vinculados ao projeto CNPq “Variação espectral e limnológica nos reservatórios em cascata no rio Jacuí - Rio Grande do Sul” (Coordenação: Waterloo Pereira Filho/Universidade Federal de Santa Maria) financiado pelo CNPq Projeto Nº 478961/2010-3.

Para a coleta dos dados nos pontos amostrais do reservatório Itaúba foram utilizados os mesmos procedimentos metodológicos aplicados na coleta dos dados das variáveis limnológicas: temperatura, transparência da água e totais de sólidos em suspensão realizados na UHE Dona Francisca.

3.3.1 Temperatura da Água

Para as medidas de temperatura (Figura 10) foi utilizado termômetro simples de bulbo, que registra e mostra diretamente num painel digital a temperatura da coluna de água. Estas medidas devem ser realizadas no próprio local de coleta (DEBERDT, 2000).

O valor da medida de temperatura em cada ponto amostral foi obtido submergindo o termômetro no líquido e anotando na planilha o valor ali disponível.



Figura 10 – Coleta de temperatura da água, utilizado termômetro simples de bulbo.

3.3.2 Transparência da Água

A transparência foi obtida em campo com o uso do disco de Secchi, a partir da indicação da profundidade de seu desaparecimento na água (CETESB, 1987; ESTEVES, 1998), sendo empregado um disco branco de 25 cm de diâmetro acoplado a uma corda graduada, ilustrada pela Figura 11. Quanto maior a transparência da água, menor dispersão do campo da luz e maior a medida de profundidade do Disco de Secchi. A medida foi feita submergindo o disco no líquido e anotando a profundidade em que o disco não esteja mais visível.



Figura 11 – Disco de Secchi.

3.3.3 Totais de Sólidos em Suspensão - TSS

Para a obtenção dos dados de TSS foram coletadas em campo amostras de água em frascos de 1000 ml para posterior filtragem e determinação dos valores em laboratório e após a coleta, devidamente identificados, armazenados em ambiente resfriado, conforme a Figura 12.



Figura 12 – Frasco plástico de 1 litro, utilizado para armazenar as amostras.

Wachholz (2007) descreve que os valores de TSS em nível de laboratório sejam realizados utilizando bomba de vácuo e dois tipos de filtros:

- *Filtro de celulose* (Marca Millipore - HAWG047S0) constituído por membranas *HA* em Ester de Celulose com poros de 0,45 µm e diâmetro de 47 mm (MILLIPORE, 2011).

Para eliminar a umidade, inicialmente os filtros foram secados por 24 horas na estufa com temperatura de aproximadamente 50°C. Posteriormente a secagem, os filtros são pesados em balança analítica com acurácia de 0,0001g da marca Metter Toledo - modelo AG 245 para obtenção do peso inicial (P_i). Os filtros retornaram a estufa após a filtragem da água, onde novamente permaneceram por mais 24 horas a 50°C. E utilizando-se a mesma balança para pesagem dos filtros, obteve-se o Peso Final (P_f). Dessa forma é possível determinar o TSS em miligramas por litro para cada amostra com a Equação 3:

$$TSS = [(P_f - P_i) / V] \times 1000 \quad (3)$$

Onde:

TSS - Total de Sólidos em Suspensão

P_f - Peso Final (g)

P_i - Peso Inicial (g)

V - Volume (L)

3.4 Abordagem Estatística

Os dados de temperatura da água, transparência e totais de sólidos em suspensão foram tabelados no software aplicativo *Excel* e aplicados os testes estatísticos de acordo com cada campo de coleta dos dados. Dentre os testes estatísticos utilizados faz-se referência a: a) correlação, que avalia a associação existente entre duas variáveis; b) a dispersão, que avalia o quanto os dados são diferentes e distam de um valor central; c) a regressão, que informa que fração da variabilidade de uma característica é explicada estatisticamente pela outra variável; d) o teste de hipóteses, que permite comparar duas populações quanto a uma variável quantitativa.

Considerando a relação entre as variáveis, uma função pode explicar a variação de Y em X , dada por $y = A+Bx$. A regressão linear simples também conhecida como coeficiente de determinação, é o quadrado do coeficiente de correlação e fornece o valor médio de variabilidade de uma variável em função da outra (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Neste trabalho optou-se por utilizar um erro médio de 0,05% correspondente a um nível de significância $\alpha = 95\%$. Neste teste, quando o valor do t calculado a partir do dado de correlação encontrado entre duas variáveis é maior que o valor encontrado na tabela t Student, pode-se afirmar que a correlação entre os dados é estatisticamente significativa (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados referentes a presente pesquisa encontra-se dividida em quatro partes principais: 1) resultados dos mapas de uso da terra; 2) resultados da análise dos dados pluviométricos; 3) resultados das variáveis limnológicas (temperatura da água, transparência da água e totais de sólidos em suspensão); 4) resultados das análises estatísticas.

4.1 Mapas de Uso da Terra

A classificação do uso e cobertura das áreas para as distintas fases agrícolas (inverno e verão) evidenciou a agricultura como base principal da economia da região em estudo. As principais atividades agrícolas de acordo com o IBGE (2006) caracterizam-se pelo cultivo da soja e do milho na época do verão e no início do inverno a plantação de pastagens como o trigo, o azevém e o nabo forrageiro. Além disso, a presença de áreas de campos com atividades da pecuária com a criação de gado de corte e leiteiro também são características na região das duas bacias hidrográficas em estudo.

O uso intenso pelas atividades agrícolas, em geral provoca a eliminação da cobertura vegetal natural e promove o desencadeamento de processos de erosão acelerada dos solos. A caracterização e espacialização do potencial e predisposição aos riscos à erosão dos solos, devido à ação hídrica de superfície, podem ser conduzidas utilizando tecnologias de Sensoriamento Remoto e SIG, que possibilitam à aquisição, manipulação, integração e espacialização dos dados.

Com base na imagem de combinação RGB-543 do satélite Landsat-5TM foram determinadas as classes de uso da terra, a partir das quais foi possível selecionar polígonos homogêneos nas imagens, classificar e mapear a bacia hidrográfica nos dois reservatórios estudados. Na classificação do uso da terra, identificada a partir das imagens de satélite de acordo com os elementos de interpretação (forma, tonalidade, textura e tamanho), a classe *cultivo agrícola* caracterizou áreas destinadas ao cultivo, representadas em vermelho. A classe *campo* consistiu em áreas com vegetação rasteira destinadas a pecuária representado nos mapas na cor dourado. A classe *solo exposto* apresentou áreas em pousio destinadas às atividades agrícolas e áreas urbanizadas, mostradas em amarelo. A classe *florestas* englobou as áreas de florestas nativas, plantadas, matas ciliares e capoeirões (cor verde). E por fim, a classe água identificou lâminas de água de rios e açudes (cor azul).

Ao analisar a distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra nos mapas dos campos 1, 2, 3 e 4 (Figuras 13, 14, 15 e 16), referentes à área de captação com influência direta no reservatório da UHE Itaúba foi possível quantificar a área e o percentual de cada uma das classes (quadro 2) permitindo identificar as características de uso e ocupação da terra na área em estudo.

| Classes | Campo 1 (12/2010) | | Campo 2 (05/2009) | | Campo 3 (09/2011) | | Campo 4 (02/2010) | |
|------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|--------|
| | Área (ha) | % | Área (ha) | % | Área (ha) | % | Área (ha) | % |
| Áreas florestais | 16.630 | 20,98 | 15.776 | 19,90 | 16.590 | 20,93 | 16.083 | 20,29 |
| Campo | 36.489 | 46,04 | 36.150 | 45,61 | 36.623 | 46,21 | 35.581 | 44,89 |
| Água | 1.294 | 1,63 | 1.290 | 1,63 | 1.302 | 1,64 | 1.304 | 1,65 |
| Cultivo Agrícola | 155 | 0,20 | 417 | 0,53 | 21.203 | 26,75 | 22.842 | 28,82 |
| Solo Exposto | 24.692 | 31,15 | 25.627 | 32,33 | 3.542 | 4,47 | 3.450 | 4,35 |
| Total | 79.260 | 100 | 79.260 | 100 | 79.260 | 100 | 79.260 | 100,00 |

Quadro 2 – Classificação de uso da terra para a bacia hidrográfica do reservatório Itaúba. Em negrito os dados de maior influência na análise desse estudo.

Diante das observações referentes aos dados obtidos na classificação das imagens para as quatro missões de campo analisados, pode-se constatar que as áreas com presença de campo representam a maior parte do uso para todos os períodos (46,04% no campo 1, 45,61% no campo 2, 46,21% no campo 3 e 44,89% no campo 4). Quanto à classe de cultivo agrícola presentes na área estudada, esta representa menos de 1% do total nos dois primeiros campos e significativa elevação nos campos 3 e 4 (26,75% e 28,82%, respectivamente). Esse tipo de uso encontra-se distribuído espacialmente em grande parte da bacia hidrográfica. Por último, as áreas de solo exposto, as quais apresentaram valores expressivos de mais de 25% nos dois primeiros campos e em torno de 3,5% nos campos 3 e 4, demonstrando comportamento inversamente proporcional em relação ao cultivo agrícola para as duas primeiras imagens analisadas (campos 1 e 2) e os dois últimos (campos 3 e 4).

Estudos realizados por Rocha (2014) inferem que os componentes que mais explicaram a variância total dos dados são aqueles influenciados pelo transporte e pela lixiviação de materiais, a redução da cobertura vegetal com exposição do solo e o manejo inadequado são os principais fatores de alteração da qualidade da água na captação de um manancial. Resultado semelhante foi encontrado por Vanzela et al. (2010) ao concluir que áreas habitadas, agricultadas e matas degradadas reduziram a qualidade das águas da bacia hidrográfica. Já Tundisi & Tundisi (2010) são enfáticos ao afirmar que a remoção da vegetação aumenta o transporte de sólidos e a condutividade degradando o manancial e aumentando os custos de tratamento da água para abastecimento.

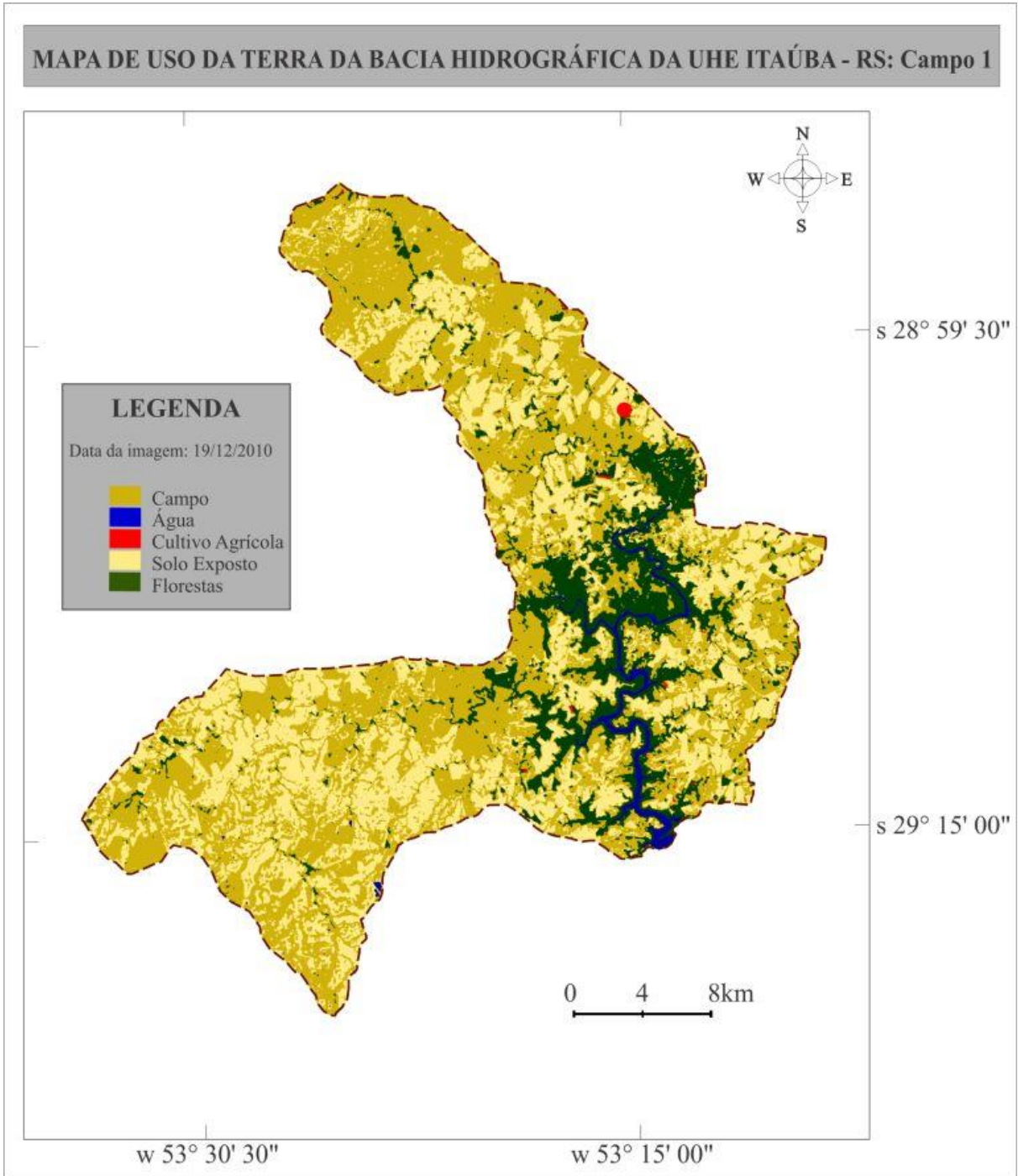


Figura 13 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 1.

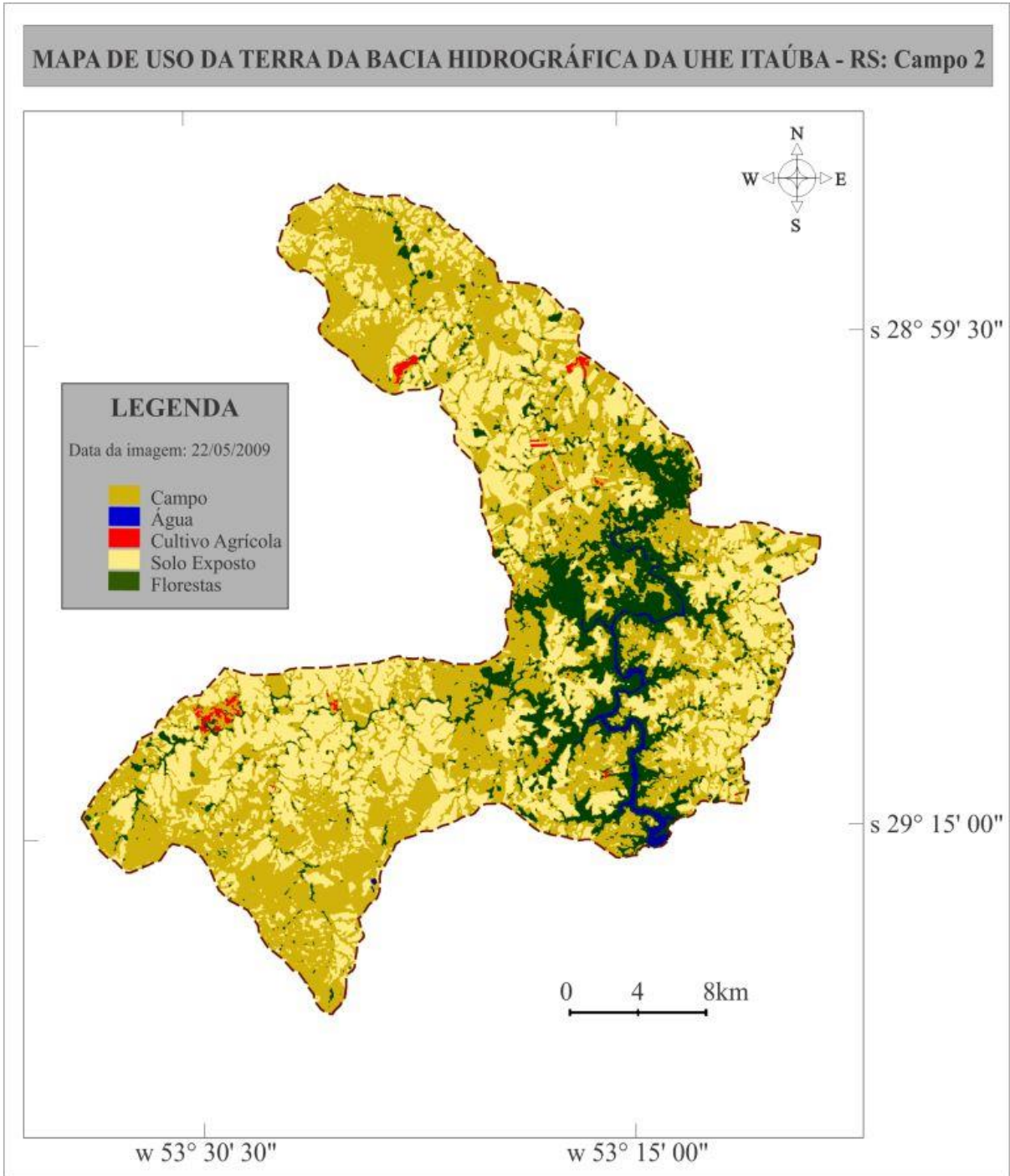


Figura 14 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 2.

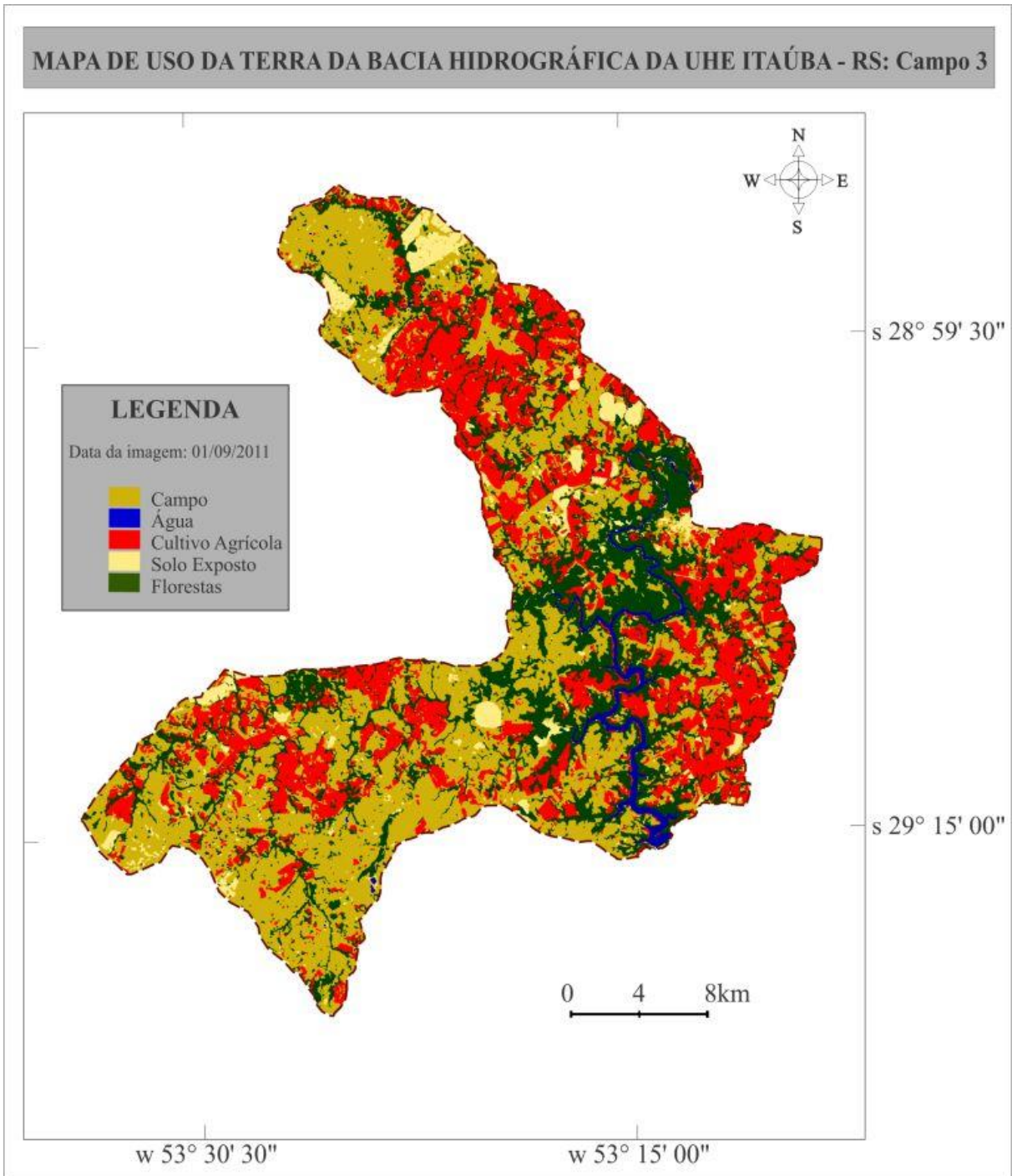


Figura 15 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 3.

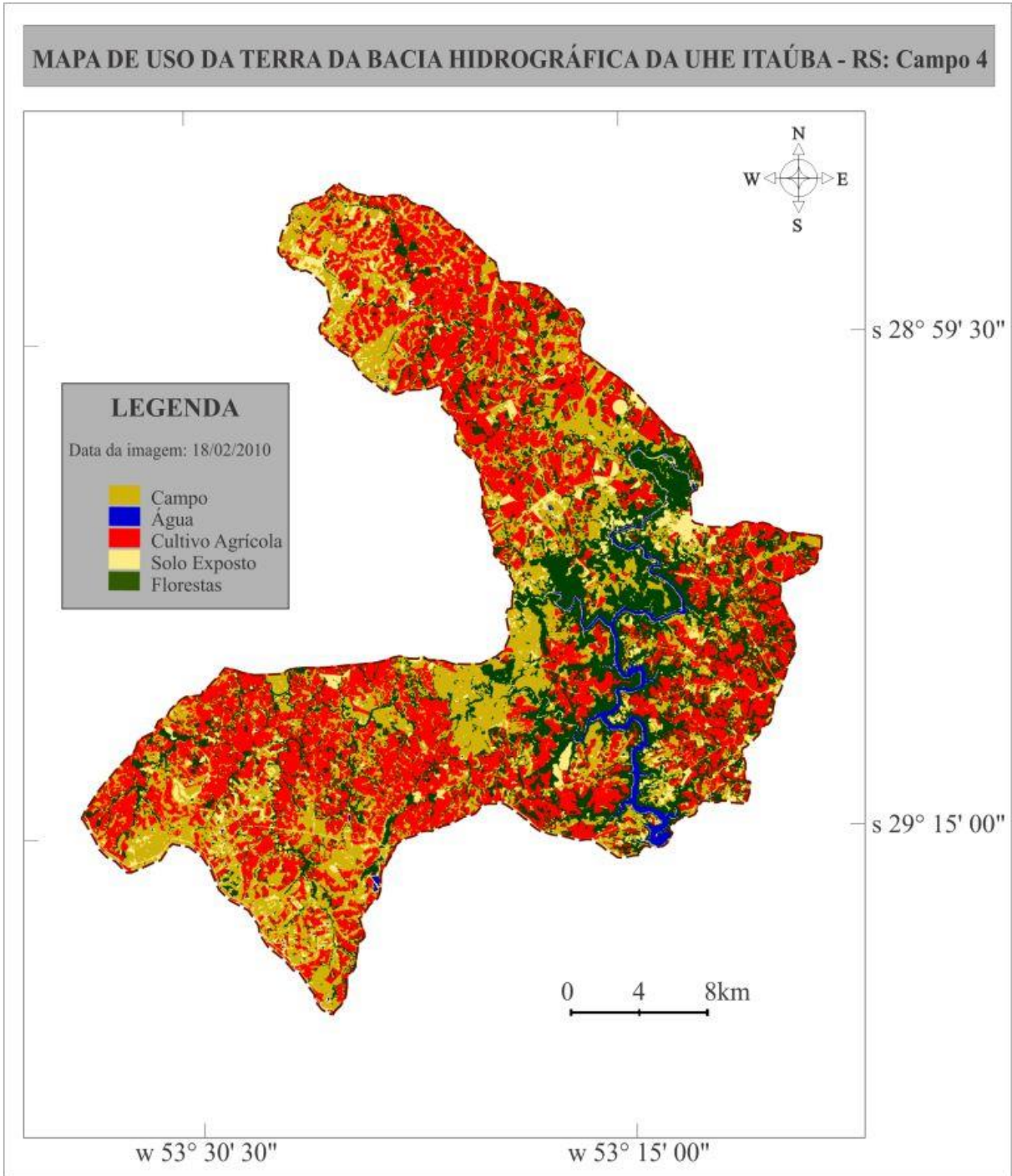


Figura 16 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Itaúba para o campo 4.

A distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra nos mapas dos campos 1, 2, 3 e 4 (Figuras 17, 18, 19 e 20), referentes à área de captação com influência direta no reservatório da UHE Dona Francisca foi possível quantificar a área e o percentual de cada uma das classes (quadro 3) permitindo identificar as características de uso e ocupação da terra na área em estudo.

| Classes | Campo 1 (12/2010) | | Campo 2 (05/2009) | | Campo 3 (09/2011) | | Campo 4 (02/2012) | |
|------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|-------|-------------------|--------|
| | Área (ha) | % | Área (ha) | % | Área (ha) | % | Área (ha) | % |
| Áreas florestais | 76.734 | 31,96 | 77.860 | 32,42 | 75.619 | 31,49 | 76.106 | 31,69 |
| Campo | 119.841 | 49,91 | 120.164 | 50,04 | 119.113 | 49,60 | 115.565 | 48,13 |
| Água | 2.307 | 0,96 | 2.301 | 0,96 | 2.490 | 1,04 | 2.495 | 1,04 |
| Cultivo Agrícola | 1.535 | 0,64 | 289 | 0,12 | 33.234 | 13,84 | 35.348 | 14,72 |
| Solo Exposto | 39.713 | 16,54 | 39.516 | 16,46 | 9.674 | 4,03 | 10.616 | 4,42 |
| Total | 240.130 | 100,00 | 240.130 | 100,00 | 240.130 | 100 | 240.130 | 100,00 |

Quadro 3 – Classificação de uso da terra para a bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca. Em negrito os dados de maior influência na análise desse estudo.

Diante das observações referentes aos dados obtidos na classificação das imagens para as quatro missões de campo analisados, pode-se constatar que as áreas com campo representam a maior parte do uso para todas as imagens processadas (49,91% no campo 1, 50,04% no campo 2, 49,60% no campo 3 e 48,13% no campo 4).

Quanto à classe de cultivo agrícola presentes na área estudada, esta representa menos de 1% do total nos dois primeiros campos e significativa elevação nos campos 3 e 4 (13,84% e 14,72%, respectivamente). Esse tipo de uso encontra-se distribuído espacialmente em grande parte da bacia hidrográfica.

Por último, as áreas de solo exposto, as quais apresentaram valores expressivos de mais de 16% nos dois primeiros campos e em torno de 4% nos campos 3 e 4, demonstrando comportamento inversamente proporcional em relação ao cultivo agrícola das duas primeiras imagens classificadas (campos 1 e 2) e os dois últimos (campos 3 e 4).

Do mesmo modo que na bacia hidrográfica do reservatório Itaúba, na bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca a proporção de área encontrada para a classe *solo exposto* é explicada pelo fato das imagens classificadas nos dois primeiros campos serem do período pós-colheita, ou seja, a terra que em começo de setembro e fevereiro estava coberta pelas culturas da soja e do milho (cultivo agrícola de verão) e trigo, azevém e nabo forrageiro (cultivo agrícola de inverno), respectivamente, nos meses de dezembro e maio apresentam um manto de palha seca (grande parte, lavouras com dessecante e/ou desfolhante). A cobertura da

palha seca é uma prática utilizada na área que serve para a adubação do solo e evita sua maior exposição aos processos erosivos.

A paisagem da região das duas bacias hidrográficas configura o contraste do solo exposto e campo com a pastagem e a presença de floresta nativa. Além disso, áreas irrigadas por pivô central e palhas de milho estão presentes nas duas bacias hidrográficas.

A degradação dos ecossistemas florestais desde a chegada de imigrantes para a implantação da agricultura e pecuária abriu espaço para o cultivo em larga escala das culturas. A criação de gado também esteve sempre presente na economia da área, tanto para o consumo próprio da carne e derivados, como para a comercialização. Sendo assim, a situação ambiental configurada hoje no espaço geográfico da região remete ao passado colonial com o processo continuado de exploração ao longo das décadas.

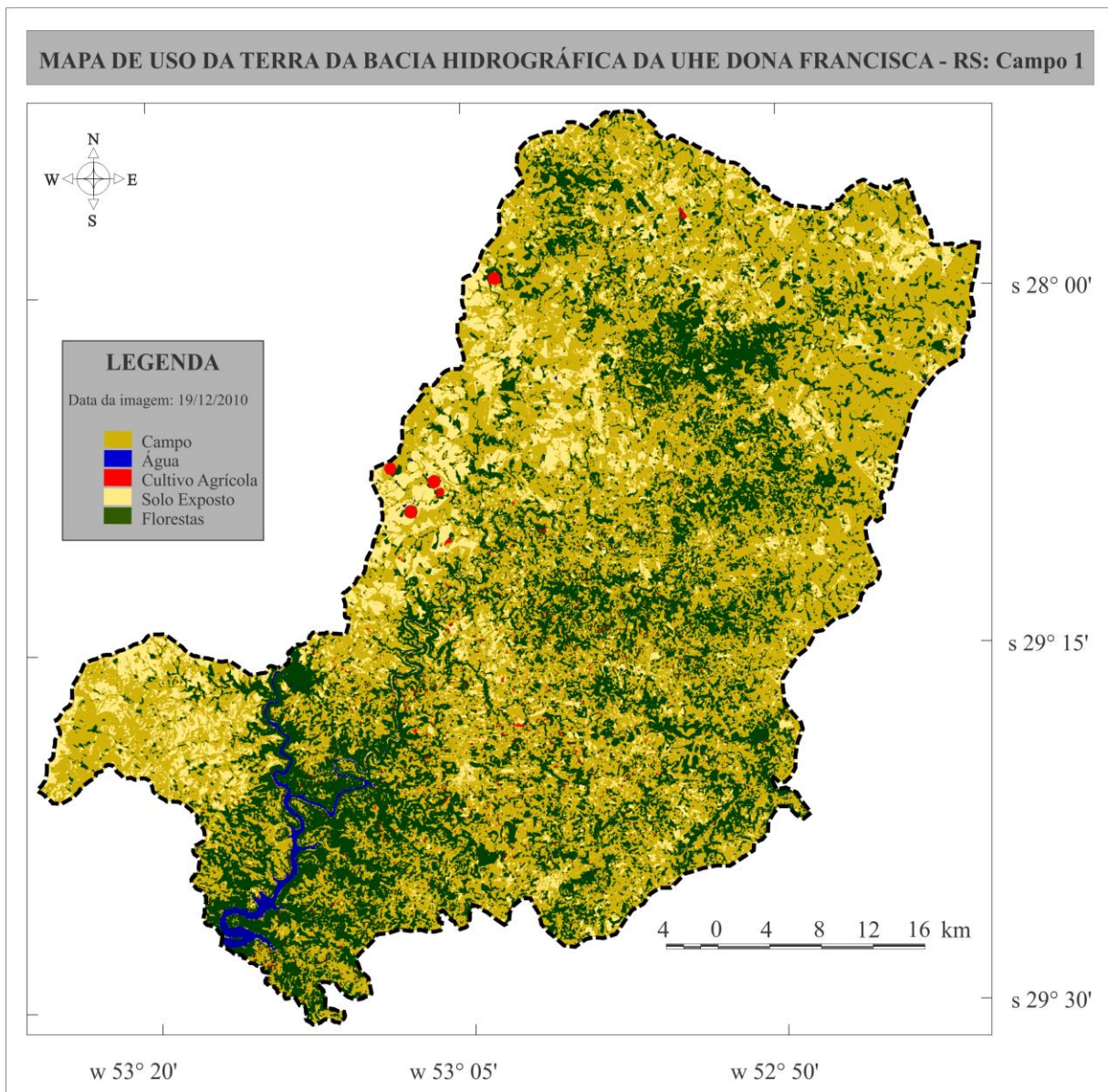


Figura 17 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 1.

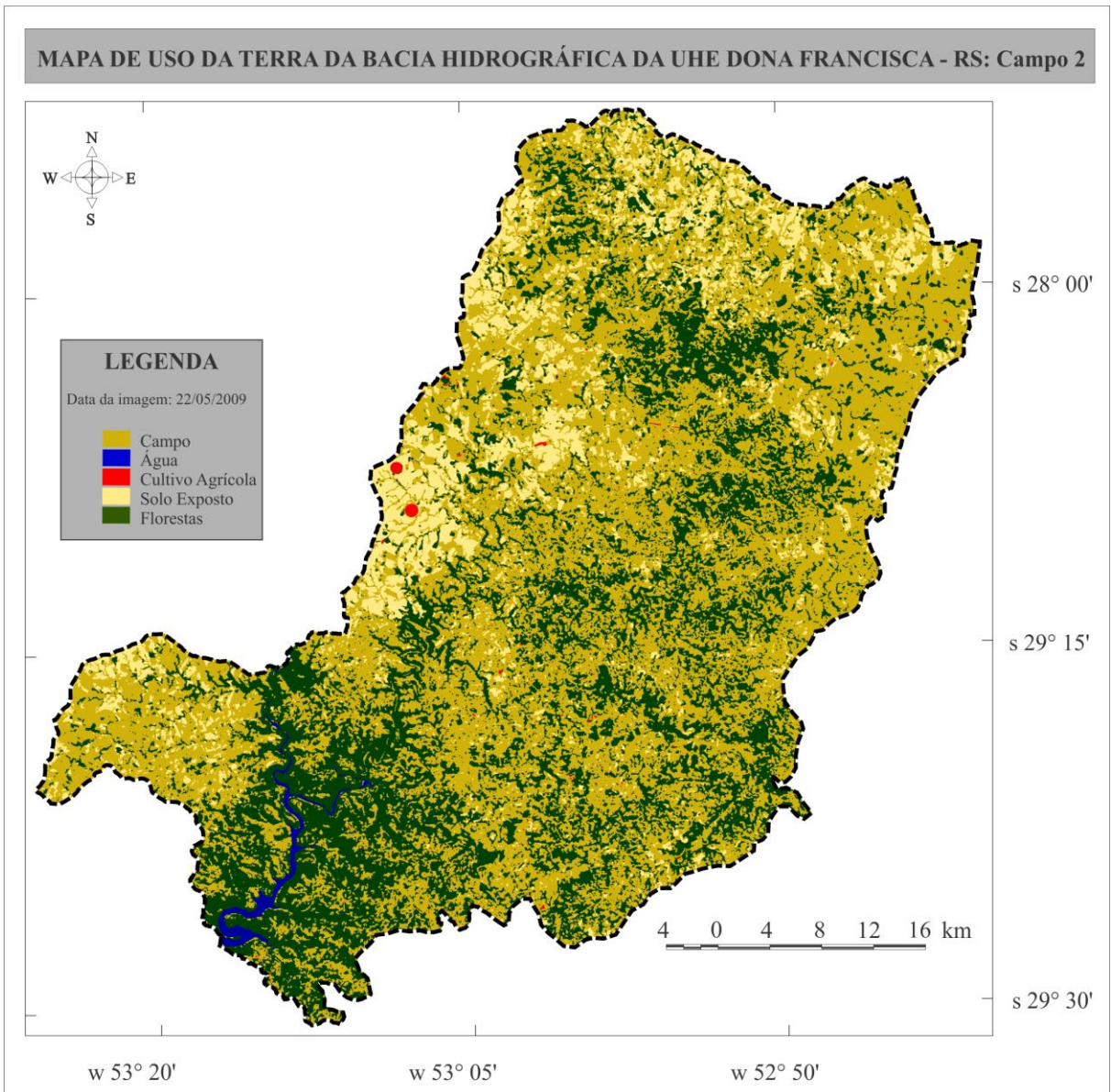


Figura 18 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 2.

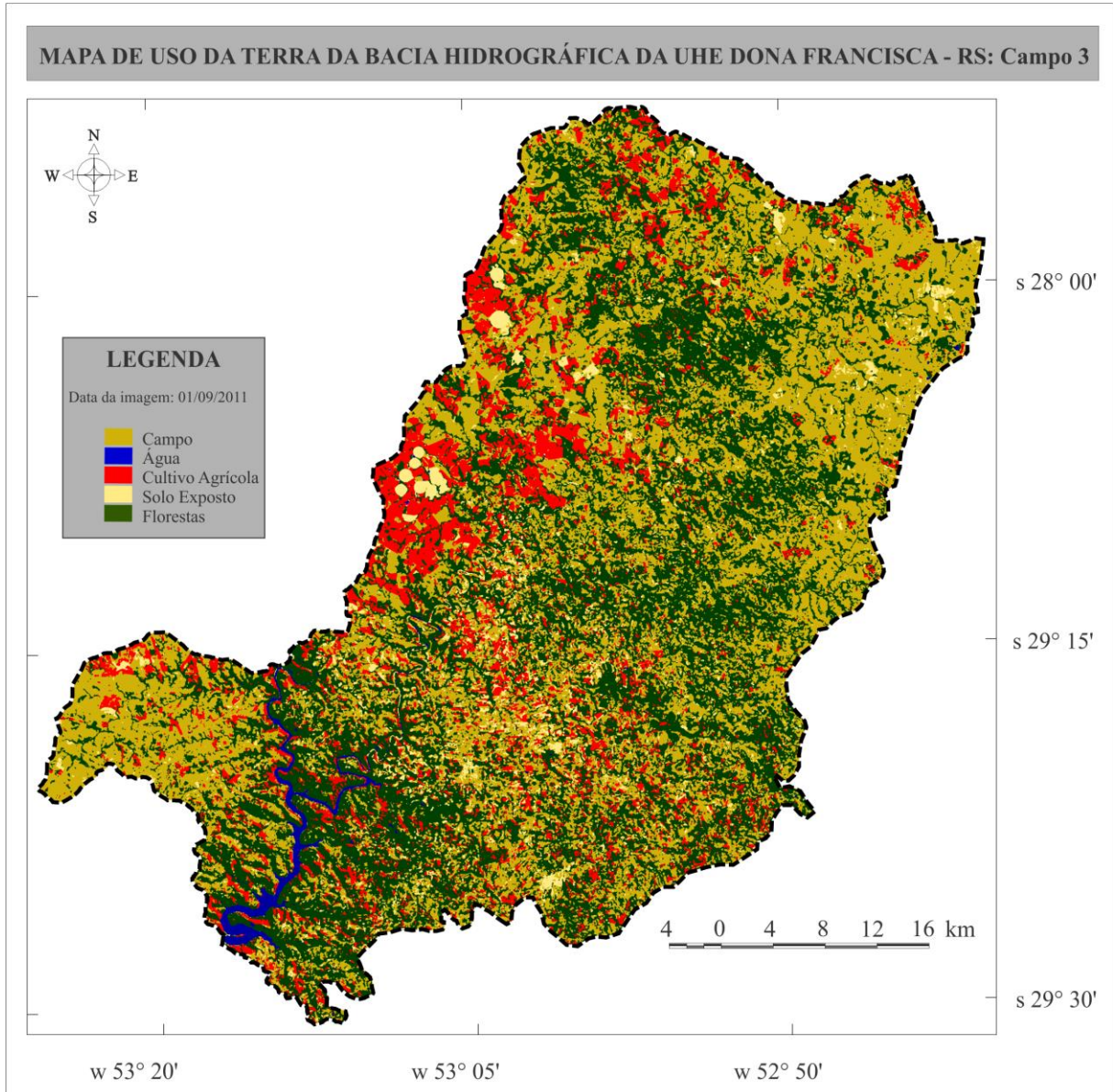


Figura 19 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 3.

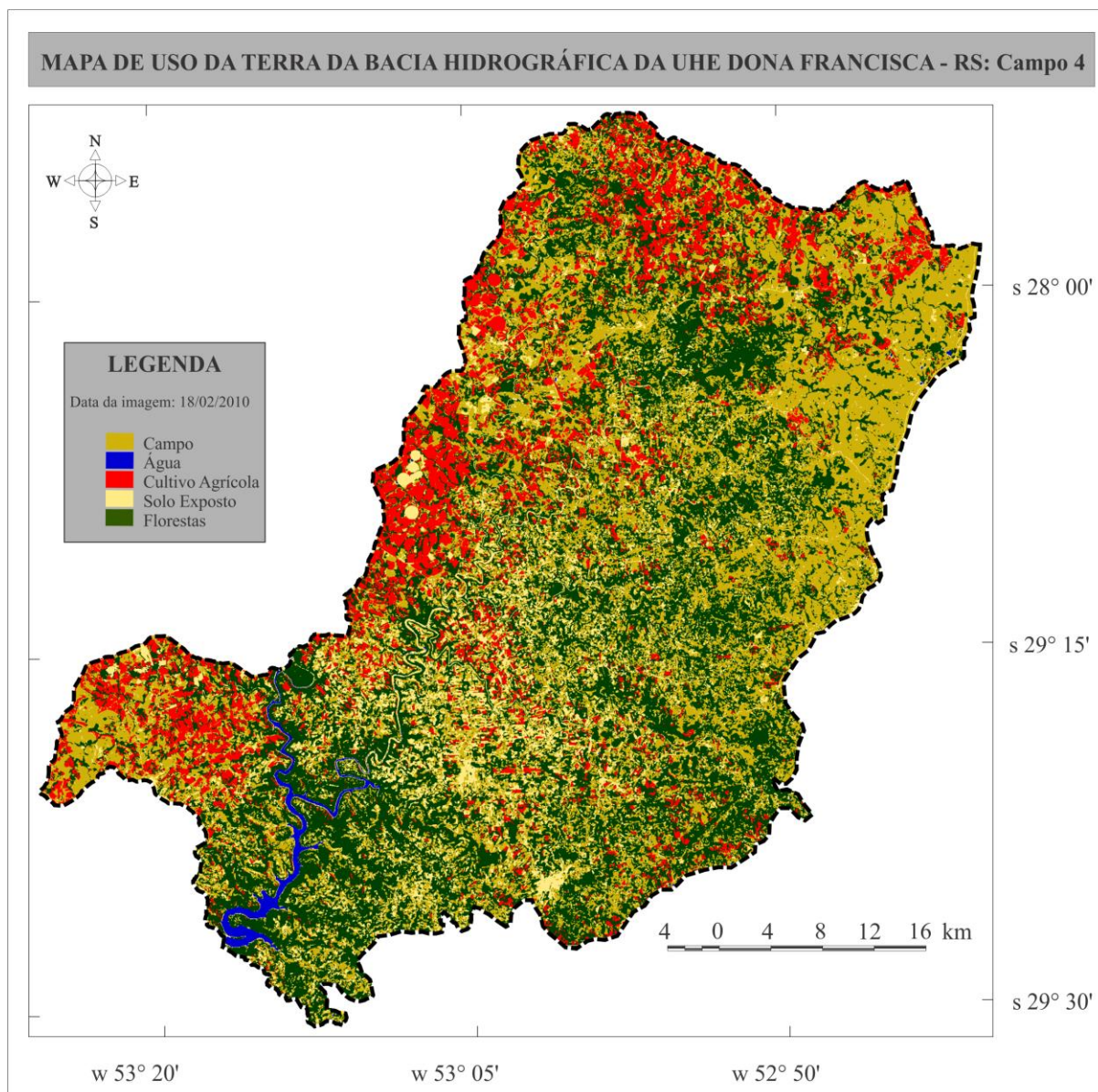


Figura 20 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do reservatório Dona Francisca para o campo 4.

Todas as classificações do uso e cobertura da terra realizadas tiveram desempenho médio de aproximadamente 99,50% e 0,50% de confusão média. A confusão média ocorreu porque as amostras da classe *cultivo agrícola* apresentaram similaridade espectral com as amostras da classe *áreas florestais*. O mesmo aconteceu com as amostras das classes *solo exposto* em relação ao *campo*. Além disso, muitas imagens disponibilizadas para download no catálogo de imagens do INPE/DGI apresentam excesso de cobertura de nuvens para área em que estava sendo feito as classificações de uso e cobertura da terra. Por isso as imagens de satélite utilizadas são de anos diferentes, no entanto, em uma data do ano próximo aos trabalhos de campo, realizados para coleta dos dados limnológicos.

4.2 Dados Pluviométricos

O registro de chuvas em 30 dias anteriores aos trabalhos de campo para municípios limítrofes do reservatório Itaúba e do reservatório Dona Francisca foram realizados com intenção de auxiliar na interpretação dos dados limnológicos e verificar possíveis interferências no resultado das variáveis. As Figuras 21 e 22 apresentam as médias das variações da precipitação diária do total acumulado nas 10 estações (Figura 6) em 30 dias antecedentes aos 4 campos da realizados na bacia hidrográfica do reservatório Itaúba e no reservatório Dona Francisca, respectivamente, e demonstram as diferenças dos fenômenos de chuva ocorridos na área.

Os índices pluviométricos apresentaram variação durante o período hidrológico analisado. Os maiores índices reservam-se aos períodos antecedentes aos trabalhos do campo 4 realizados nos dois reservatórios: Itaúba e Dona Francisca, de 28 de janeiro à 26 de fevereiro de 2013, apresentou média de 123,9mm do total acumulado em 30 dias nas 10 estações meteorológicas analisadas e de 30 de janeiro à 28 de fevereiro de 2013, apresentou média de 138mm do total acumulado em 30 dias nas 10 estações meteorológicas analisadas, respectivamente. Índices intermediários foram registrados nos períodos antecedentes as demais coletas nos campos 1, 2 e 3 (41,3mm, 18,7mm e 71,1mm, respectivamente, para os períodos relacionados às coletas de dados de campo no reservatório Itaúba e 45mm, 47,8mm e 104,9mm, respectivamente, para os períodos relacionados às coletas de dados de campo no reservatório Dona Francisca. Nos períodos relacionados ao campo 4, nas duas bacias hidrográficas, o escoamento superficial é maior devido ao maior índice pluviométrico acumulado que foi registrado para o período (Figuras 21 e 22) e, com isso, o sistema terrestre pode disponibilizar maior carreamento de materiais para o reservatório. Do mesmo modo, nos demais períodos (campos 1, 2 e 3), com baixos índices de chuva e melhor distribuição à infiltração, esses reduzem o escoamento superficial.

A interpolação dos dados pluviométricos (Figura 23) mostra certa irregularidade no volume de chuvas acumulada nas duas áreas em análise. Neste período (campos 1, 2, 3 e 4) as chuvas tiveram uma intensidade diferente nas áreas de captação de cada reservatório, apesar da diferença não ter grandes proporções, as duas bacias hidrográficas apresentaram mais intensidade de chuvas no campo 4, em 27 de fevereiro e 01 de março de 2013, para as bacias hidrográficas dos reservatórios Itaúba e Dona Francisca, respectivamente. Em trabalho semelhante, Wacholz (2011) aponta que a irregularidade das chuvas nas sub-bacias

durante o período de análise pode determinar particularidades limnológicas aos compartimentos aquáticos do reservatório.

A análise dos dados limnológicos está relacionada com diversos outros fatores entre eles a precipitação, fato que concorda com Ford (1990) e Thornton (1990) quando estes relacionam o aumento de sedimentos suspensos e outras matérias particuladas aos eventos de chuva e conseqüente elevação do fluxo de água no reservatório. Essas informações fornecem subsídios para a interpretação dos dados limnológicos visto que as precipitações pluviométricas influenciam nas características da água de forma tão mais intensa quanto maior for a quantidade de chuva.

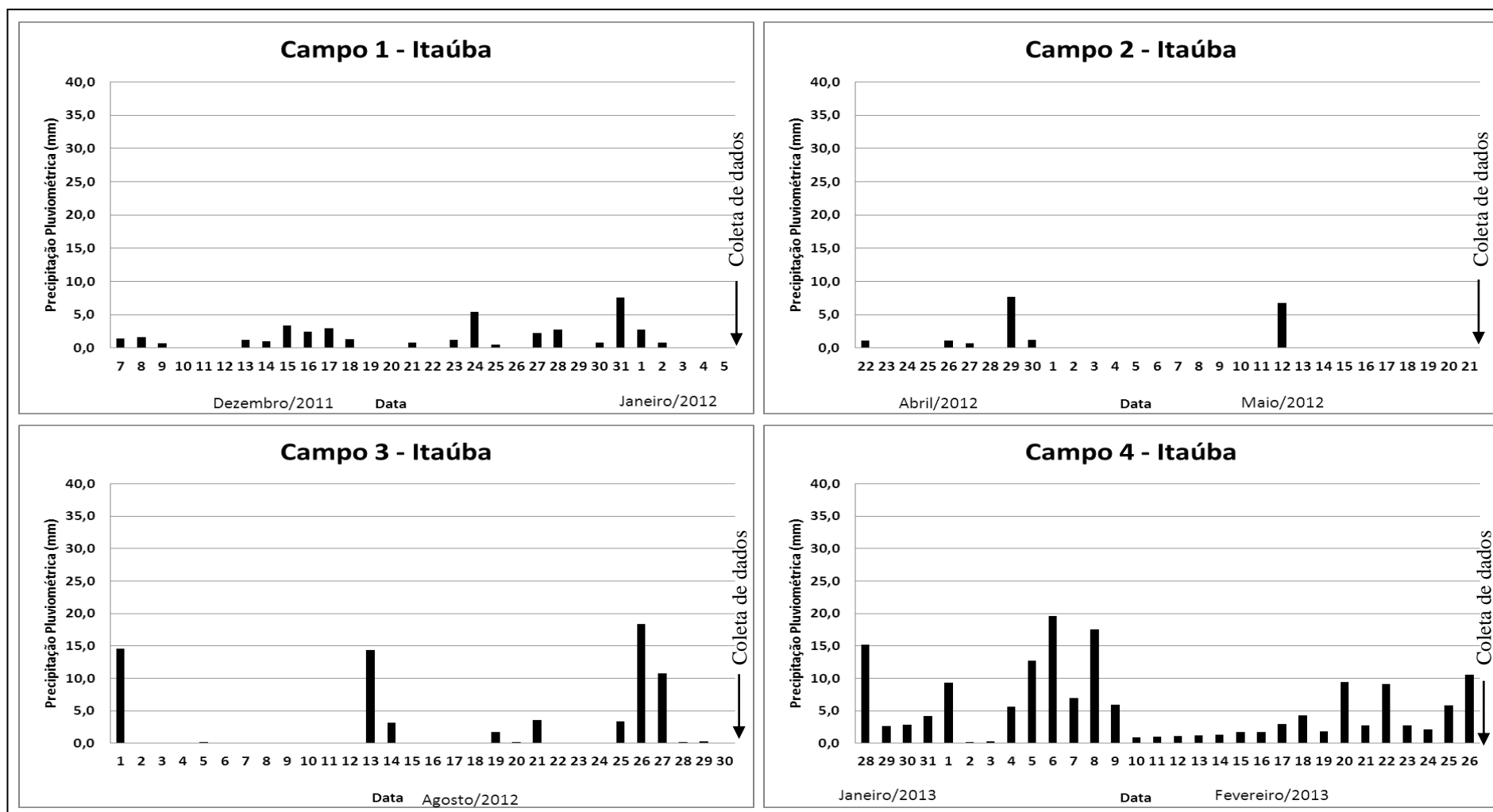


Figura 21 - Índices pluviométricos observados em 30 dias anteriores à realização dos trabalhos de campo no reservatório Itaúba.

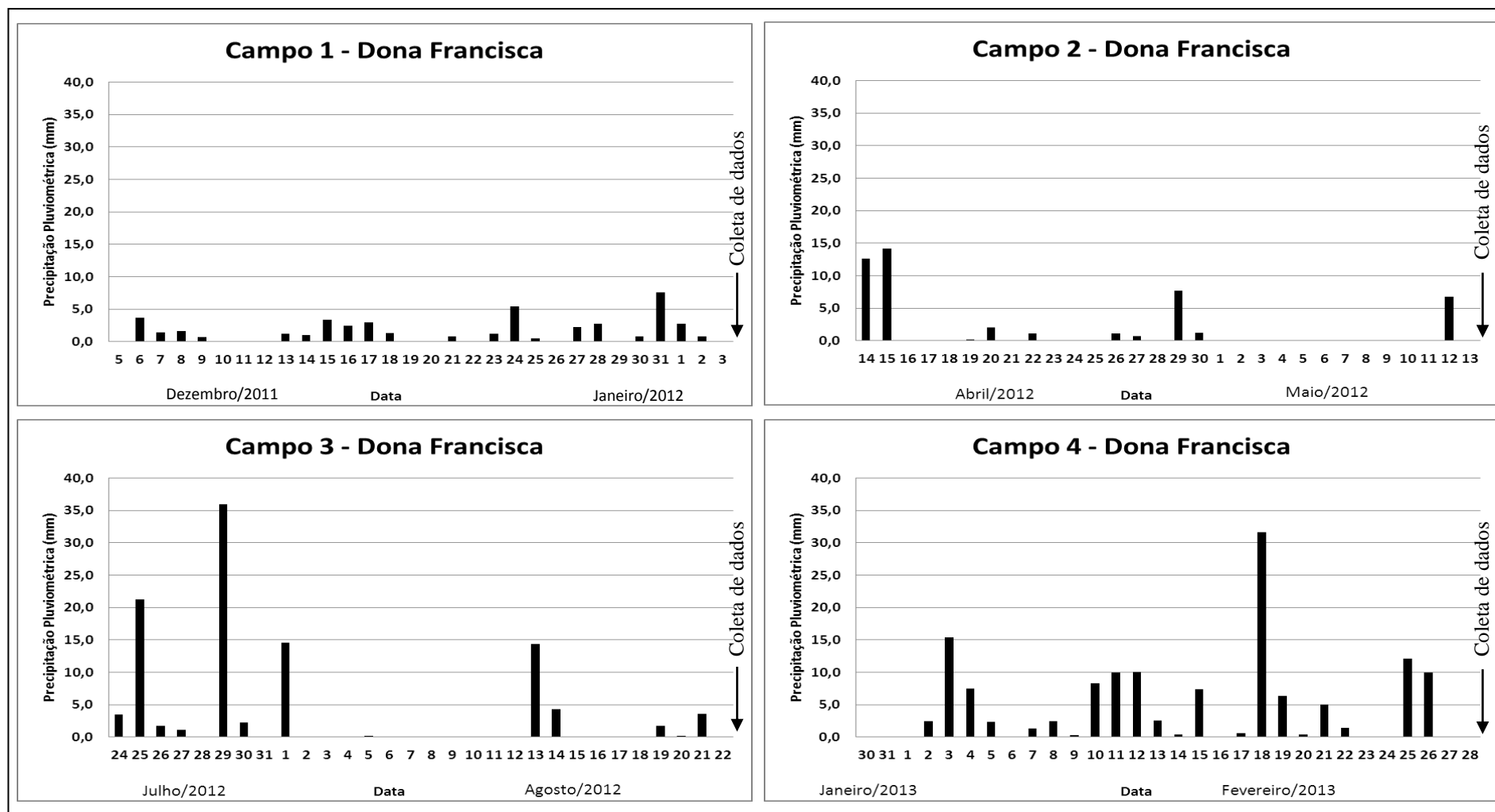


Figura 22 - Índices pluviométricos observados em 30 dias anteriores à realização dos trabalhos de campo no reservatório Dona Francisca.

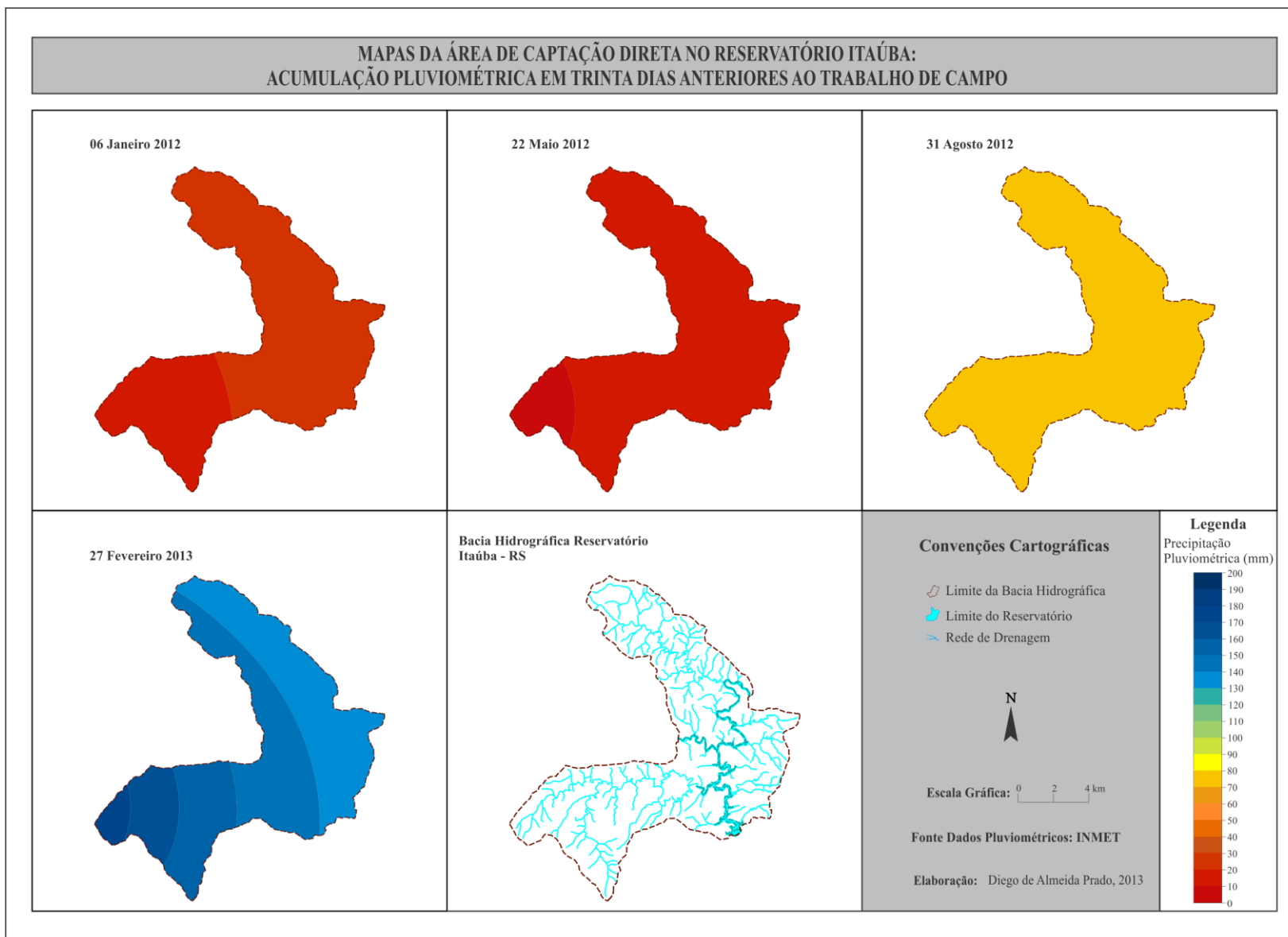


Figura 23 – Volume pluviométrico acumulado na bacia hidrográfica em trinta dias anteriores ao trabalho de campo no reservatório Itaúba.

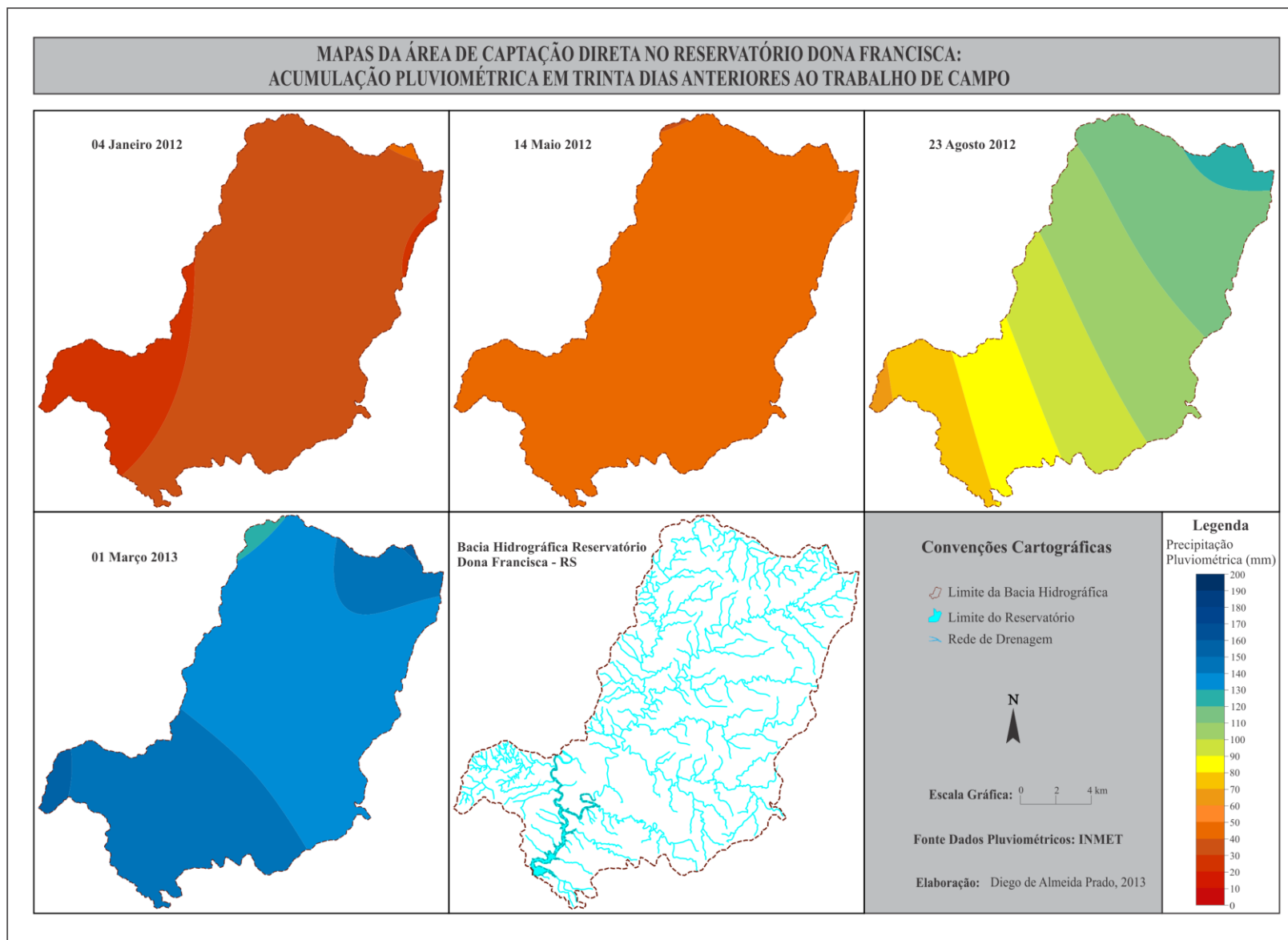


Figura 24 – Volume pluviométrico acumulado na bacia hidrográfica em trinta dias anteriores ao trabalho de campo no reservatório Dona Francisca.

4.3 Variáveis Limnológicas

Em trabalhos realizados por Tundisi e Tundisi (2008), afirmam que a limnologia é o estudo científico do conjunto das águas continentais em todo o Planeta, incluindo lagos de água doce e lagos salinos no interior dos continentes, rios, lagoas, estuários, represas, pântanos e todas as interações físicas, químicas e biológicas nesses ecossistemas. Os estudos limnológicos são fundamentais para a implantação de medidas de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, bem como para um melhor acompanhamento de ações de conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos continentais.

Dessa forma, em trabalhos de campo realizados nos reservatórios Itaúba e Dona Francisca nos meses de janeiro, maio e agosto de 2012, fevereiro e março de 2013 foram coletadas amostras de água para determinar em laboratório a variável limnológica totais de sólidos em suspensão bem como as que foram observadas ainda em campo, como a temperatura da água e a transparência da água.

4.3.1 Temperatura da Água

A coleta de dados limnológicos ocorreu entre os meses de janeiro de 2012 a março de 2013, para os quatro campos, em ambos os reservatórios, Itaúba e Dona Francisca. Com a periodicidade obtida foi possível entender a dinâmica aquática dos reservatórios, estritamente relacionada à sazonalidade, ao regime de chuvas e ao uso/ocupação da terra nas bacias de captação em cada reservatório.

Na Figura 25 é apresentada a temperatura da água no reservatório Itaúba nos quatro campos. Ao observar a espacialização (Figura 27) e a temperatura registrada nos pontos amostrais é possível perceber que nesse reservatório a temperatura média da água nos campos 1 e 4 (janeiro e fevereiro, respectivamente) manteve-se mais elevada, devido à chegada do verão. Em maio e agosto, com a chegada do inverno a água manteve-se com as temperaturas mais baixas. Isso demonstra que a temperatura da água do reservatório acompanhou a temperatura do ar decorrente das características das estações do ano no estado do Rio Grande do Sul. Na maioria das datas analisadas a água do rio Jacuí apresentou-se mais fria do que a água do rio Ivaí, principal afluente desse reservatório. Em situações em que o reservatório

Jacuí (situado à montante do reservatório Itaúba) não se encontra com o nível elevado, a maior parte da água é turbinada da sub-superfície do reservatório e apresenta menores temperaturas, as quais foram verificadas na porção inicial do reservatório de Itaúba. Nos meses com maiores volumes de chuva, parte da água de superfície desse reservatório é liberada pelos vertedouros, e apresenta características distintas da água turbinada. Com a entrada do rio Ivaí no reservatório ocorreu o aquecimento da água seguido de resfriamento em direção ao dique, provavelmente pelo equilíbrio entre as temperaturas.

Na outra situação, a Figura 26 apresenta a temperatura da água no reservatório Dona Francisca nos quatro campos. Ao observar a espacialização (Figura 28) e a temperatura registrada nos pontos amostrais é possível perceber que nesse reservatório a temperatura média da água nos campos 1 e 4 (janeiro e março, respectivamente) também manteve-se mais elevada, devido à chegada do verão. Como no reservatório Itaúba, em maio e agosto, com a chegada do inverno a água também manteve-se com as temperaturas mais baixas. Semelhante aos resultados obtidos por Corazza (2010), na maioria das datas analisadas a água do rio Jacuí apresentou-se mais fria do que a água do rio Jacuizinho, principal afluente desse reservatório. Em situações em que o reservatório Itaúba (situado à montante do reservatório Dona Francisca) não se encontra com o nível elevado, a maior parte da água é turbinada da sub-superfície do reservatório e apresenta menores temperaturas, as quais foram verificadas na parte mais a montante do reservatório Dona Francisca. Com a entrada do rio Jacuizinho no reservatório ocorreu o aquecimento da água, o qual foi registrado as maiores temperaturas nos quatro campos, seguido de resfriamento em direção ao dique, provavelmente pelo equilíbrio entre as temperaturas.

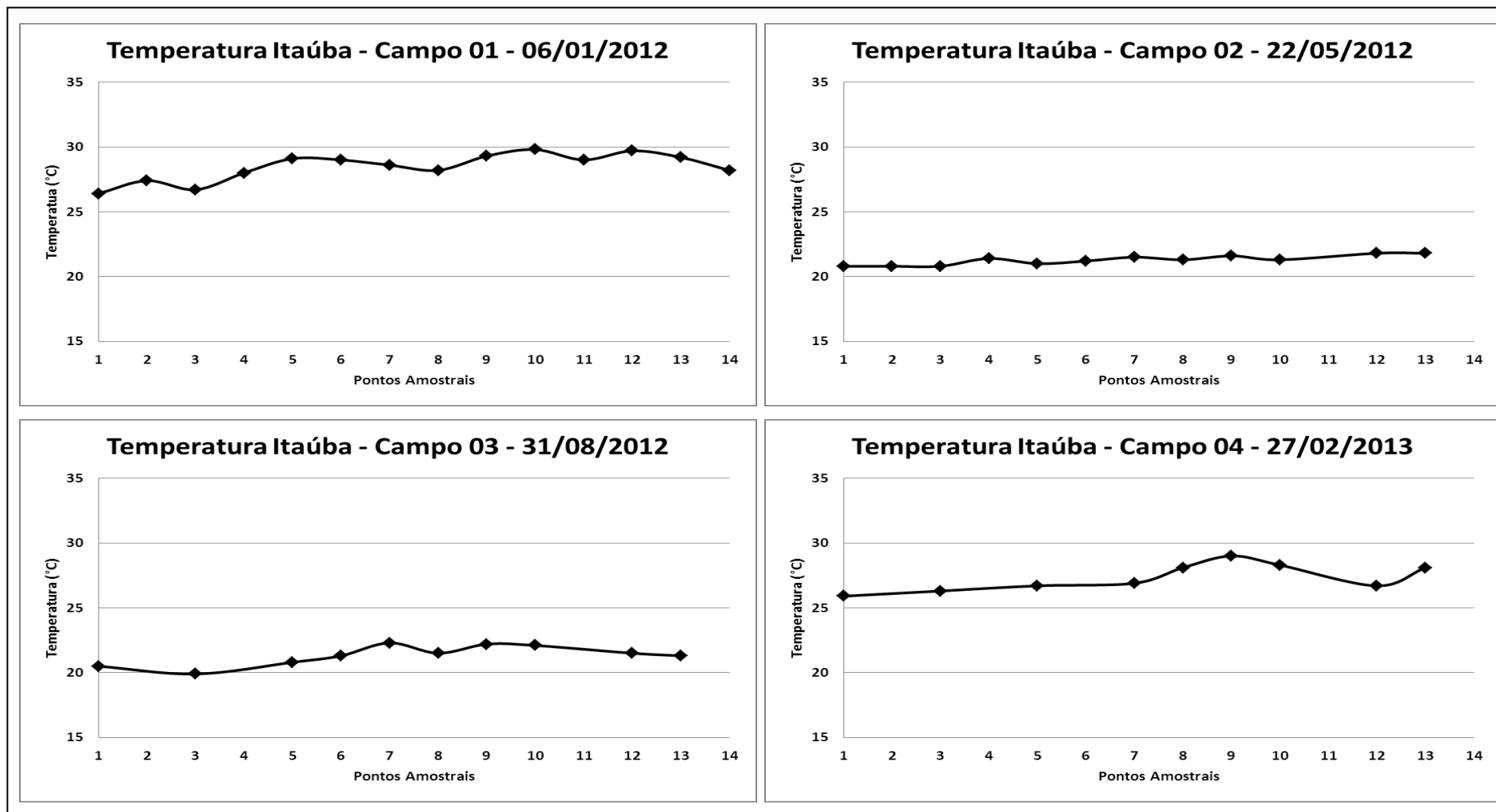


Figura 25 – Temperatura da água para os quatro campos no reservatório Itaúba.

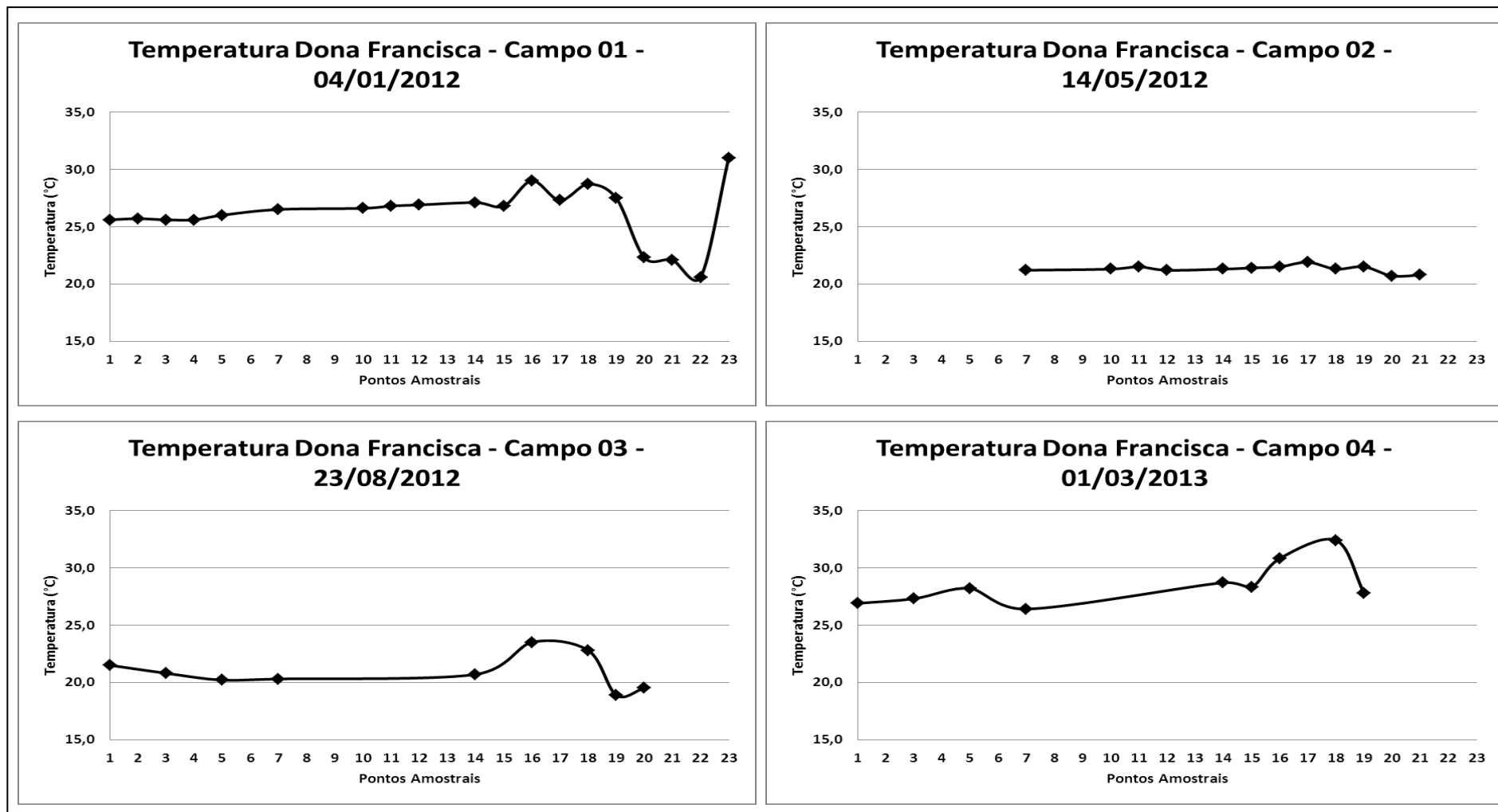


Figura 26 – Temperatura da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca.

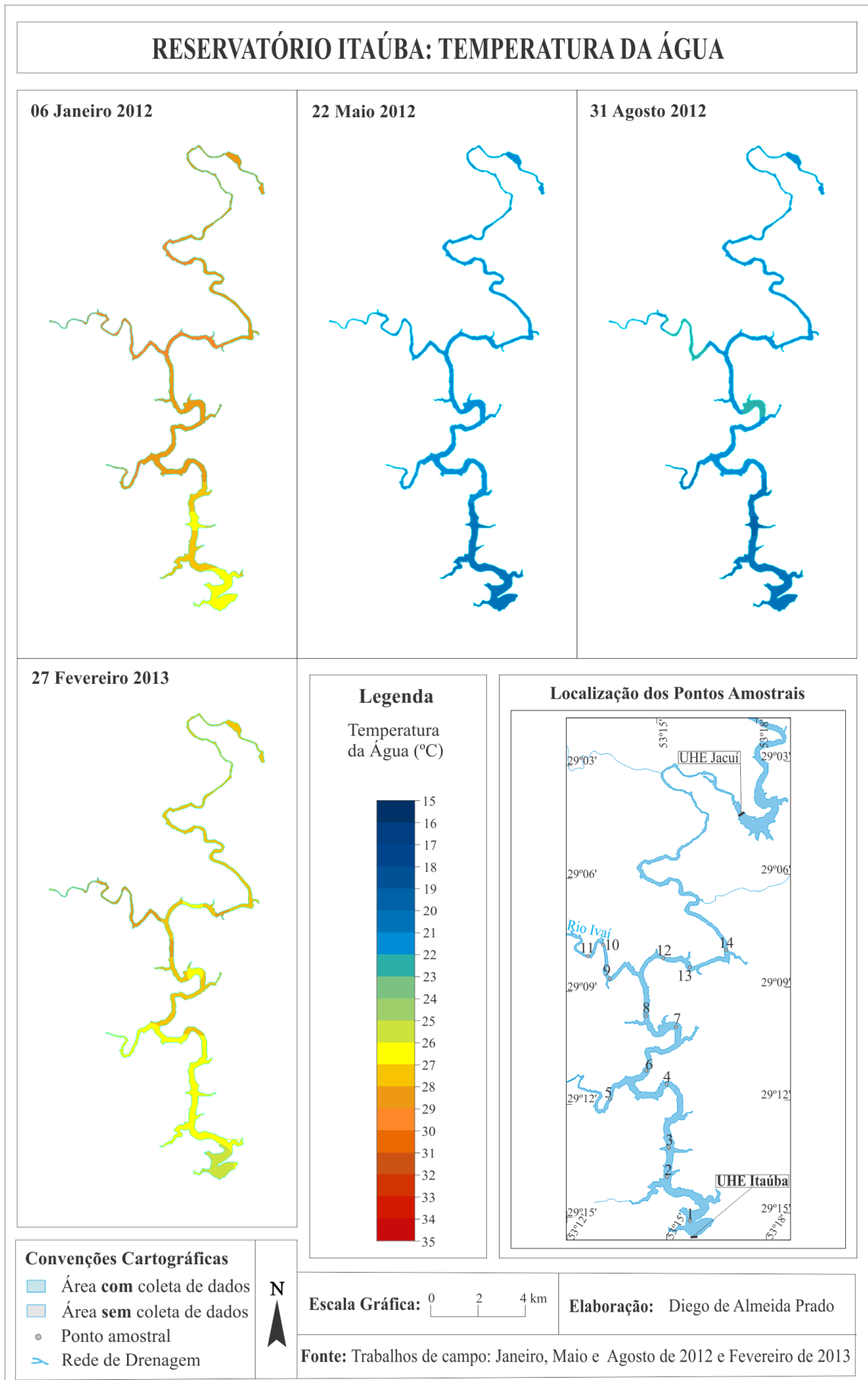


Figura 27 – Distribuição espacial da temperatura da água para os quatro campos no reservatório Itaúba.

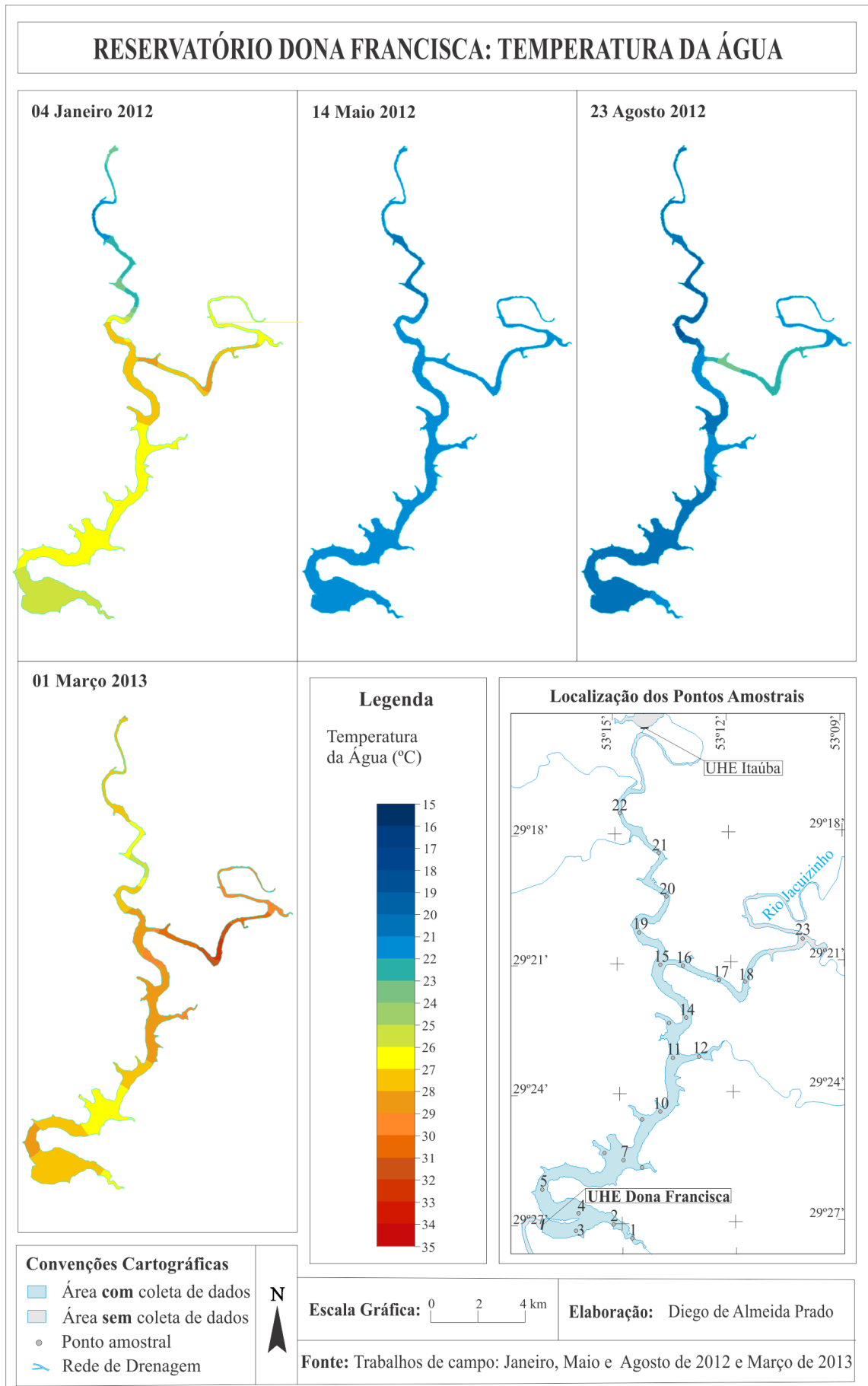


Figura 28 – Distribuição espacial da temperatura da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca.

4.3.2 Transparência da Água

Em todas as datas de coleta de dados analisadas a variável transparência da água apresentou comportamento semelhante entre os dois reservatórios: Itaúba (Figura 29) e Dona Francisca (Figura 30), respectivamente, variando o valor médio para cada mês. O primeiro reservatório apresentou média das menores transparências no campo 3, do mesmo modo, no segundo reservatório, a média das menores transparências foi registrada também no campo 3. Os dados dessa data apresentaram a média das menores transparências nos dois reservatórios possivelmente associados à floração de *Clorofila a*, conforme estudos realizados por Cassol (2013), o qual afirma que no reservatório Itaúba valores de transparência foram influenciados pela presença de elevadas concentrações de *clorofila a*, caracterizando um compartimento aquático fortemente influenciado pelo rio Ivaí, desde a foz deste tributário até o dique da barragem.

Nota-se que na maioria dos dados analisados a transparência da água constituiu-se em um determinado padrão em quase todo o reservatório, exceto em alguns pontos na zona de transição do rio Ivaí, no reservatório Itaúba e na zona de transição do rio Jacuizinho, no reservatório Dona Francisca. Tendo em vista um ambiente lântico em que ocorre uma pequena elevação da transparência de montante para jusante nos reservatórios, ocasionado principalmente pela precipitação de sedimentos conforme a água desloca-se em direção ao dique. Em quase todos os dados analisados nos dois reservatórios os valores de maior transparência da água (400cm no campo 2 para o reservatório Itaúba e 310cm no campo 2 para o reservatório Dona Francisca) foram encontrados na porção mais à jusante em pontos localizados nos setores mais próximos ao dique. A tendência de aumento da transparência da água do setor intermediário do reservatório em direção à jusante encontrada para a maioria dos dados amostrais também foi observada por Strassburguer e Pereira Filho (2003).

Na interpolação dos dados do reservatório Itaúba (Figura 31) e do reservatório Dona Francisca (Figura 32) verificou-se que as menores transparências são encontradas nos tributários na região de transição entre o rio e a barragem, principalmente em pontos referentes ao rio Ivaí e ao rio Jacuizinho. Possíveis explicações para a menor transparência da água do reservatório, oriundas de seus principais afluentes, em todas as missões de campo com coleta de dados analisados foram as precipitações pluviométricas que proporcionam o transporte de material para corpo hídrico, pois nos períodos de entressafra e início do plantio das culturas de verão ou de inverno os solos encontram-se menos protegidos. Pois, conforme Ford (1990), elevados índices pluviométricos podem alterar os valores de reflectância através do transporte de material em um reservatório e conseqüentemente influenciando na diminuição da transparência da água.

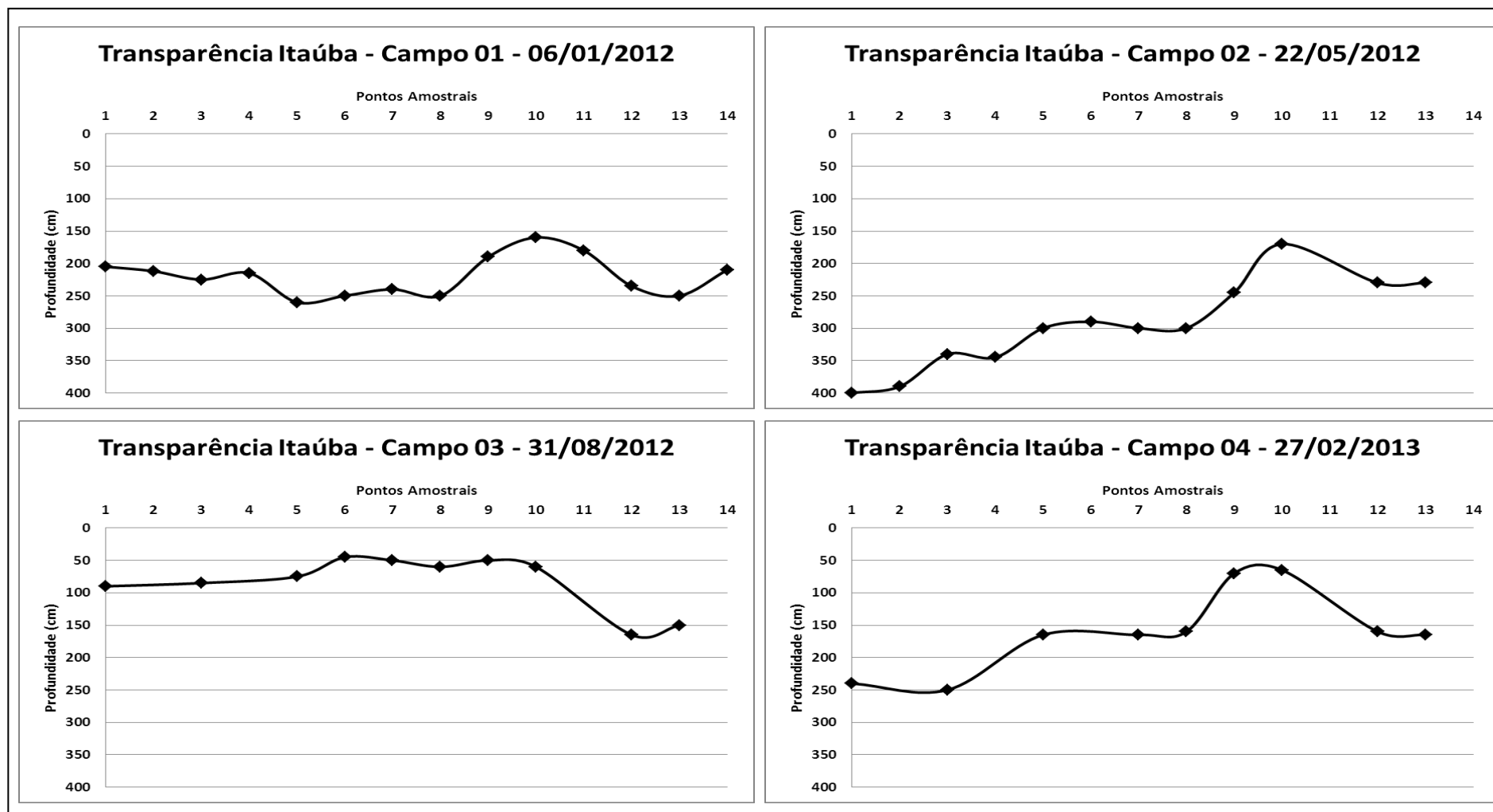


Figura 29 – Transparência da água para os quatro campos no reservatório Itaúba.

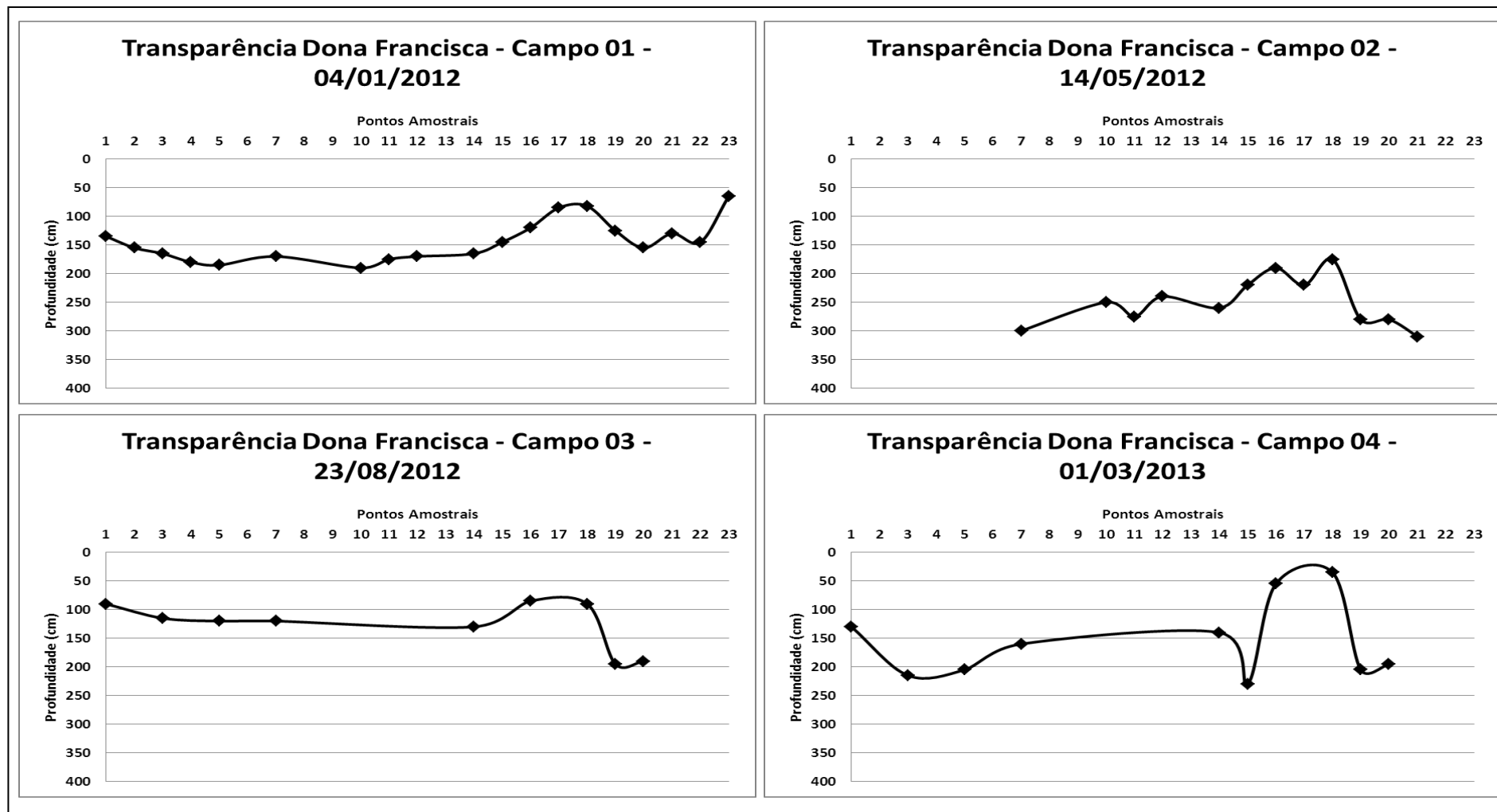


Figura 30 – Transparência da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca.

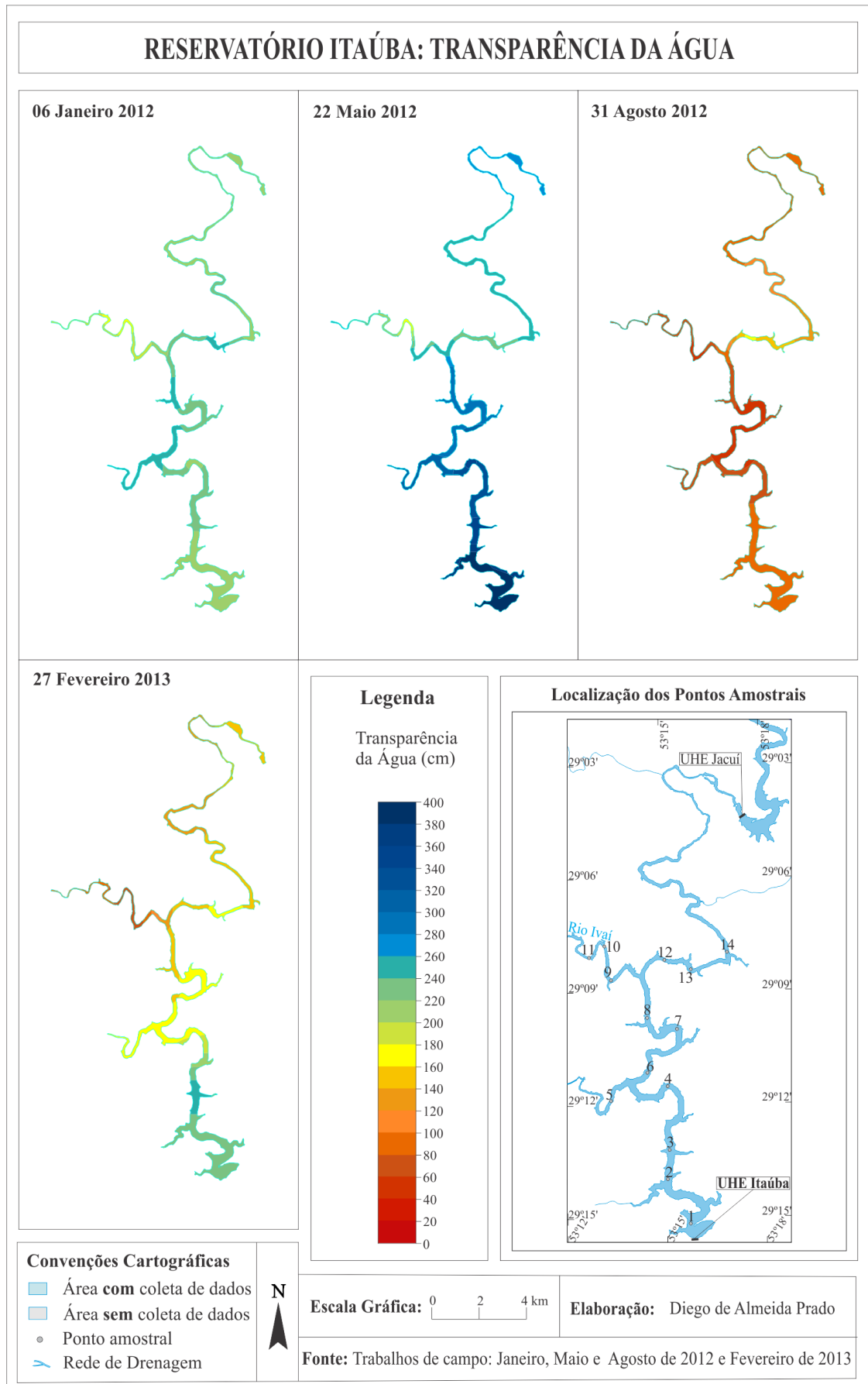


Figura 31 – Distribuição espacial da transparência da água para os quatro campos no reservatório Itaúba.

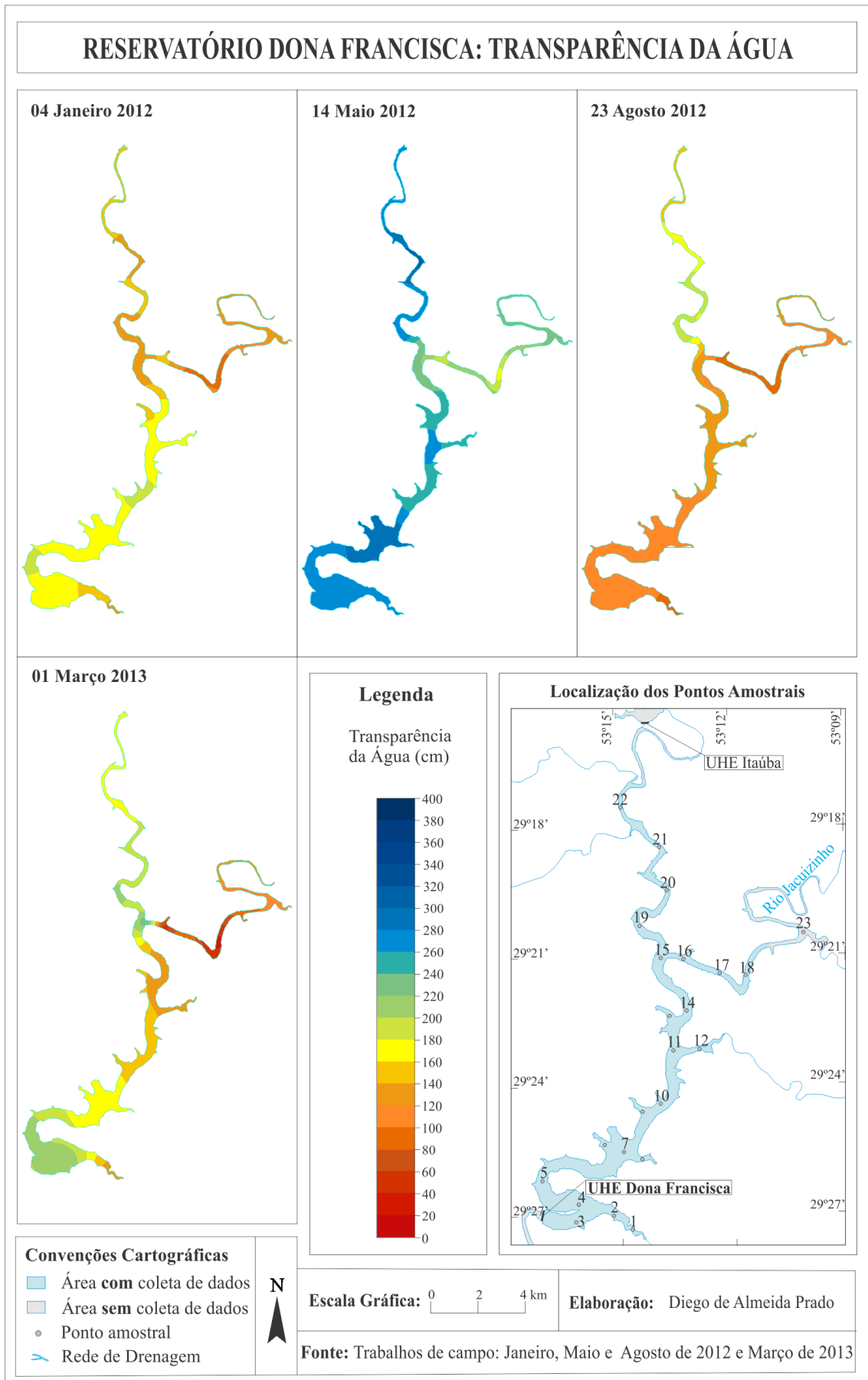


Figura 32 – Distribuição espacial da transparência da água para os quatro campos no reservatório Dona Francisca.

4.3.3 Totais de Sólidos em Suspensão - TSS

A presença de sólidos suspensos foi observada em todos os dados analisados no reservatório Itaúba e no reservatório Dona Francisca, ocorrendo apenas variações de acordo com as particularidades de cada porção da área e o época do ano. No primeiro reservatório, a Figura 33 ilustra que nos pontos amostrais que compreendem o rio Ivaí (campos 1, 3 e 4) foram encontradas as maiores médias de TSS, indicando relação inversamente proporcional com a transparência da água. Do mesmo modo, no segundo reservatório, a Figura 34 ilustra que nos pontos amostrais que compreendem o rio Jacuizinho (campos 1, 3 e 4) também foram encontradas as maiores médias de TSS, indicando relação inversamente proporcional com a transparência da água. No campo 2 realizado nos dois reservatórios os afluentes não apresentaram interferência do TSS a ponto de surgirem alterações significativas nos compartimentos aquáticos.

Essas diferenças entre os dados estudados podem estar vinculadas a forma de utilização do espaço no entorno do reservatório diferenciado em cada período do ano, principalmente relacionado a agricultura. No caso do campo 4 realizados nos dois reservatórios pode haver relação com a precipitação ocorrida no local anterior a data de trabalho de campo, fato que auxilia no transporte de material (sedimento) para o interior do corpo de água (FORD, 1990; THORNTON, 1990).

Nas Figuras 35 e 36 são apresentadas as espacializações do TSS referentes as quatro coletas de dados realizados no reservatório Itaúba e Dona Francisca, respectivamente. Em relação aos campos 1, 3 e 4 realizados no reservatório Itaúba, nessas três datas de coleta de dados em campo, numa média geral apresentaram certo padrão no comportamento do TSS. Isto significa que houve diminuição do carreamento de sedimentos das bacias de captação para dentro do reservatório, rebaixando a média de TSS em relação aos meses anteriores.

No campo 2 foi nítida a diferença na concentração de sólidos suspensos nos dois reservatórios. O setor do rio Ivaí, apresentou maiores concentrações de TSS para essa data, o mesmo aconteceu no setor do rio Jacuizinho. Percebe-se que após a confluência com o reservatório os rios Ivaí e Jacuizinho estenderam suas influências em direção à jusante do reservatório, pela provável maior contribuição do tributário sobre o rio principal. Esta diferenciação do TSS nos setores dos reservatórios também foi verificada por Strassburguer e Pereira Filho (2003) no mês de março de 2003, no reservatório Dona Francisca.

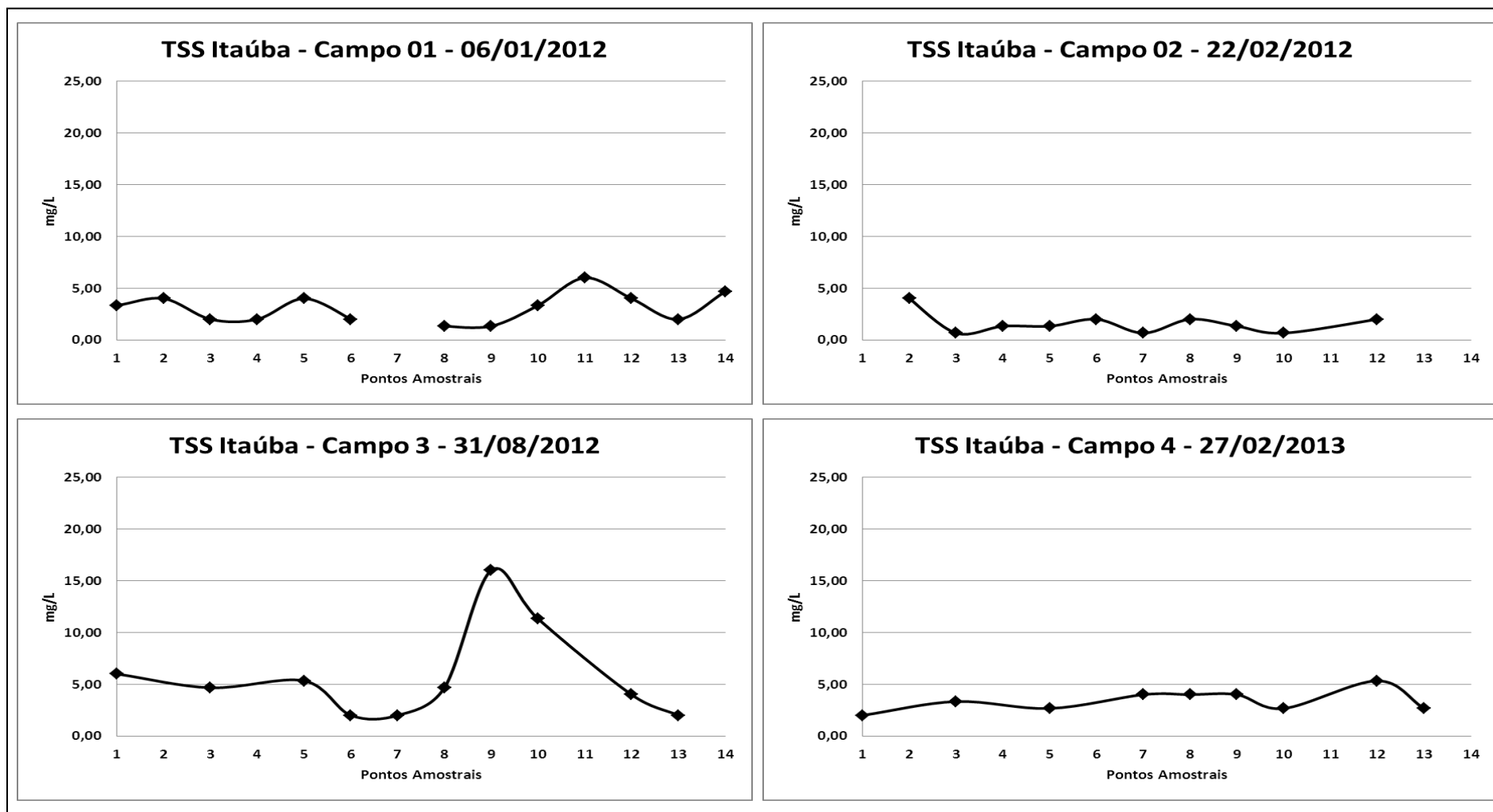


Figura 33 – Totais de sólidos em suspensão para os quatro campos no reservatório Itaúba.

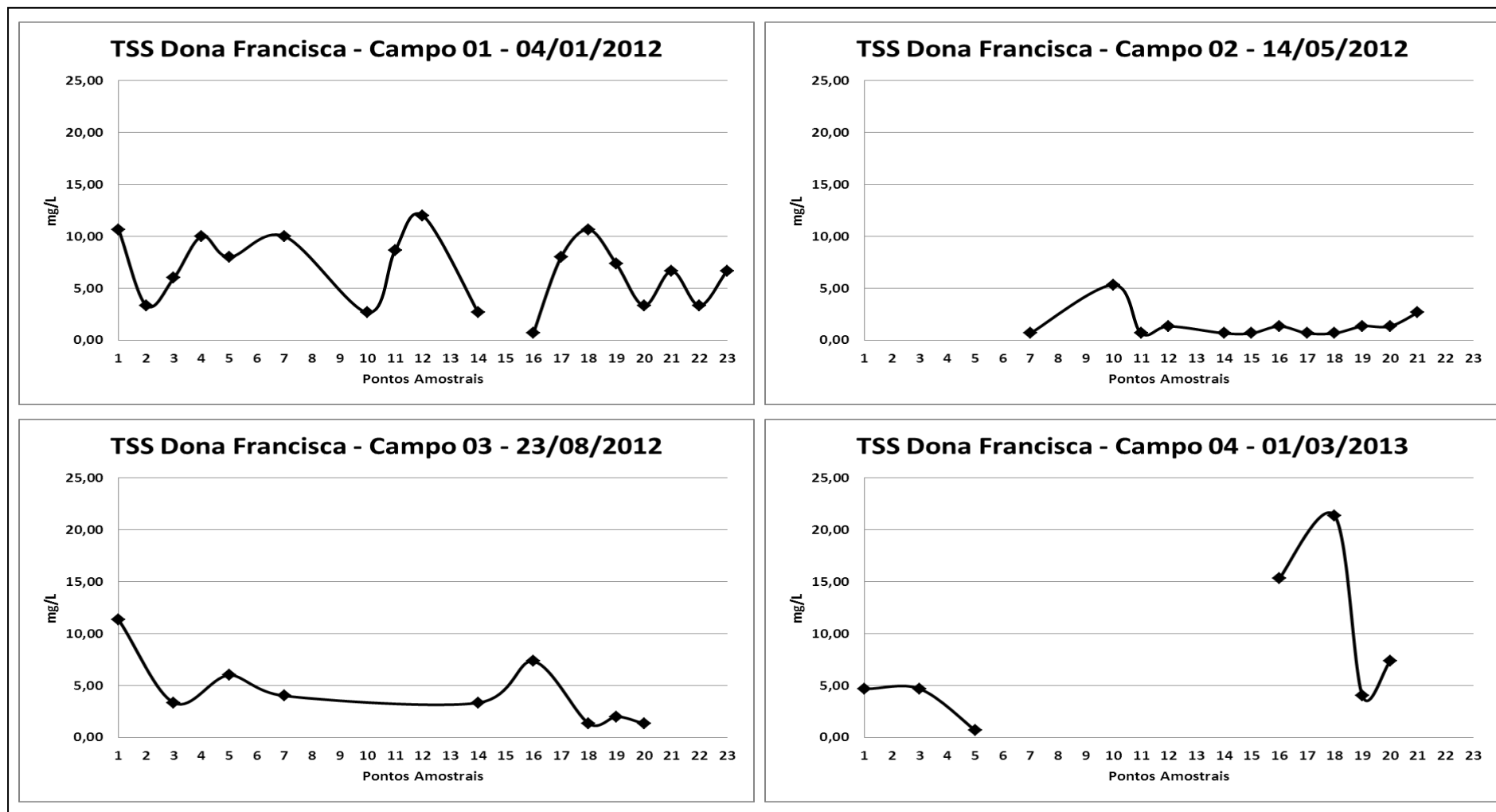


Figura 34 – Totais de sólidos em suspensão para os quatro campos no reservatório Dona Francisca.

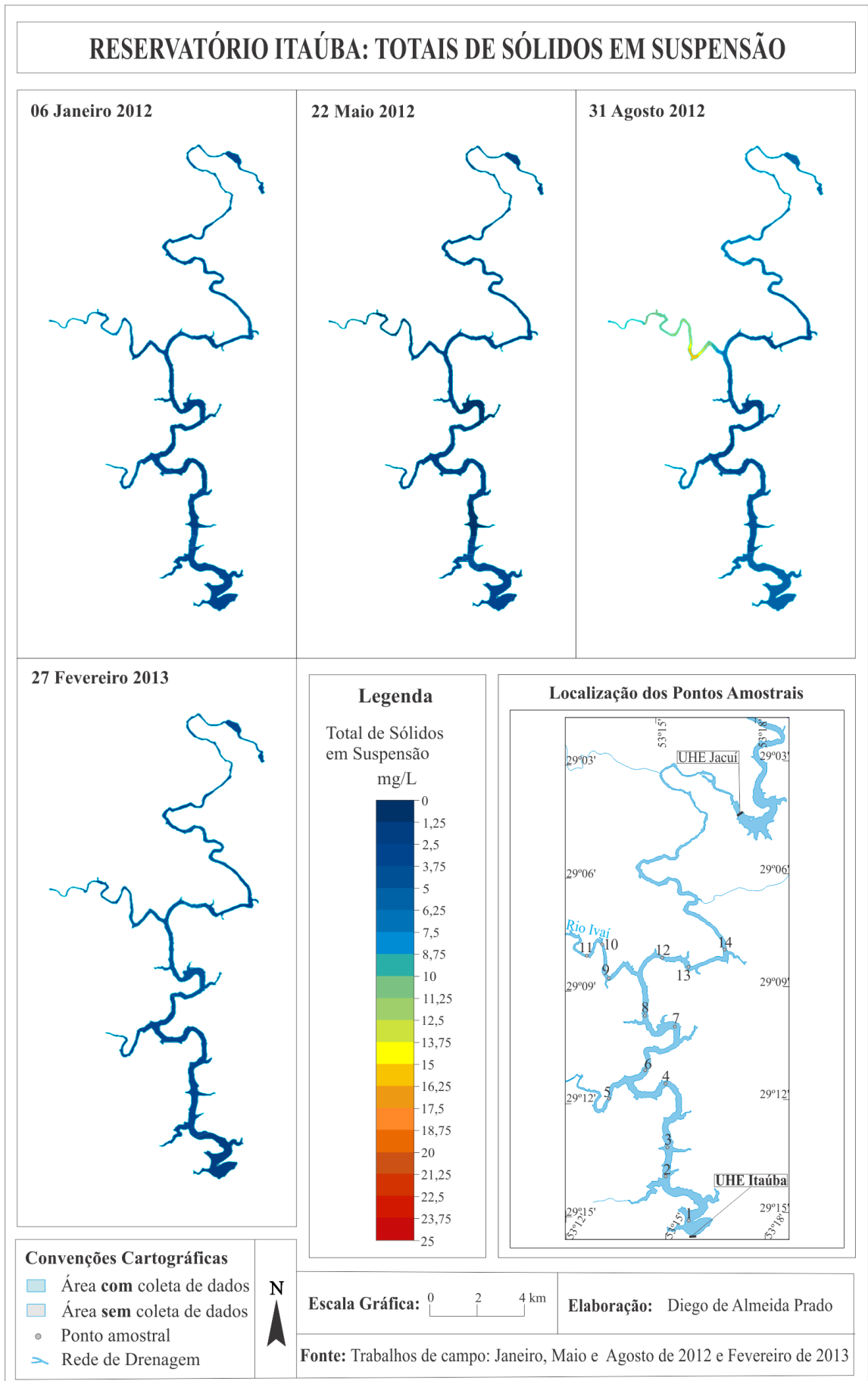


Figura 35 – Distribuição espacial do TSS para os quatro campos no reservatório Itaúba.

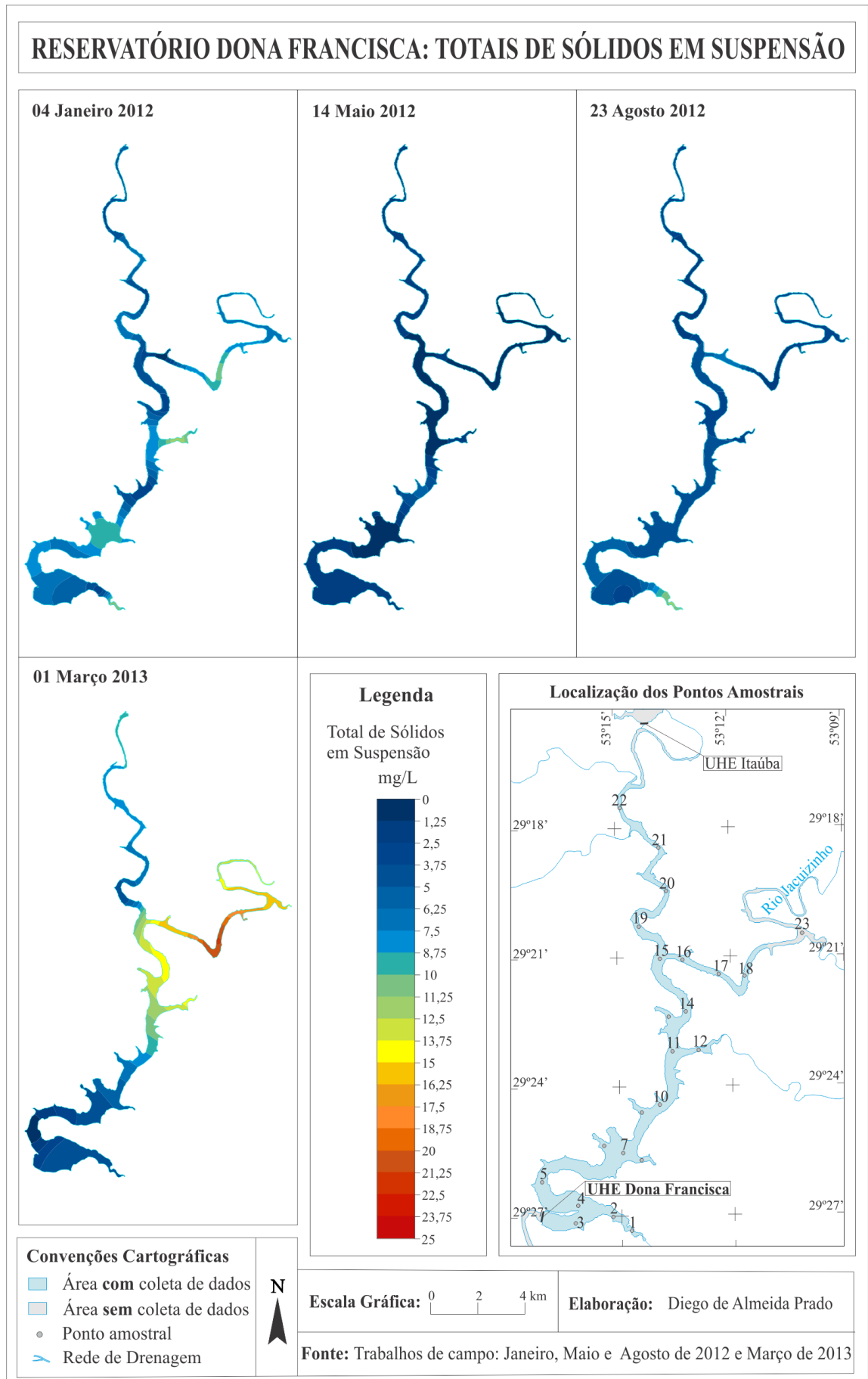


Figura 36 – Distribuição espacial do TSS para os quatro campos no reservatório Dona Francisca.

4.4 Abordagem Estatística

4.4.1 Média e dispersão

Ao analisar dados limnológicos das quatro missões de campo (Figuras 37 e 38) realizadas no reservatório Itaúba e no reservatório Dona Francisca, respectivamente, observa-se que a temperatura apresentou menores médias nos campos 2 e 3 nos dois reservatórios, devido ao período de inverno. Nesse contexto a temperatura da água esteve relacionada com a temperatura do ar medida em campo. Outra observação refere-se ao período de inverno que na latitude em que estão inseridos os reservatórios, apresentam temperaturas mais baixas no ano. Por outro lado, foi observado o aumento na temperatura da água realizada nas missões de verão, as quais também apresentaram temperaturas relacionadas com a época do ano. Com a água mais quente no primeiro campo em janeiro, resfriando-se até nos meses de maio e agosto e aquecendo-se novamente a partir daquele mês. Foi observado que a temperatura média no verão (Janeiro/Fevereiro) oscilou entre 26,2°C e 28,5°C. No inverno (Maio e Agosto) a temperatura registrada foi de 20,9°C e 21,34°C. Portanto, a temperatura da água dos reservatórios apresentou diminuição de seu valor com a entrada do inverno e aumento com a entrada do verão.

Outra observação regular entre os dois reservatórios refere-se à variância da temperatura em cada reservatório relacionada a estação do ano. Os maiores valores de desvio padrão foram registrados nos campos 1 e 4, realizados no verão (1,06°C no reservatório Itaúba e 2,44°C no reservatório Dona Francisca) e os menores realizados nos campos 2 e 3 (0,37°C no reservatório Itaúba e 0,32°C no reservatório Dona Francisca), o que demonstrou que no inverno o reservatório esteve mais homogêneo quanto à temperatura. Na comparação entre as temperaturas dos reservatórios observou-se também que o reservatório Dona Francisca apresentou a maior amplitude térmica (3,4°C no reservatório Itaúba e 10,4°C no reservatório Dona Francisca). Isso demonstra que o reservatório Itaúba apresentou menor variância da temperatura em relação ao reservatório Dona Francisca.

Em relação aos dados limnológicos das quatro missões de campo (Figuras 39 e 40) realizadas no reservatório Itaúba e no reservatório Dona Francisca, respectivamente, observa-se que a transparência da água apresentou menores médias nos campos 2 e 4 nos dois reservatórios.

Observou-se que a aproximação do inverno gerou um aumento nas médias de transparência, o mesmo observado com a aproximação do verão. Situação em que ocorreu nos dois reservatórios.

Quanto à variância da transparência da água, os maiores valores de desvio padrão foram registrados nos campos 2 e 4 (68,26cm no reservatório Itaúba e 67,54cm no reservatório Dona Francisca) e os menores realizados nos campos 2 e 3 (0,37cm no reservatório Itaúba e 0,32cm no reservatório Dona Francisca). Na comparação entre as médias de transparência da água dos reservatórios observou-se que o reservatório Dona Francisca apresentou a menor variação (230cm no reservatório Itaúba e 195cm no reservatório Dona Francisca). Isso demonstra que o reservatório Dona Francisca apresentou menor variância da transparência em relação ao reservatório Itaúba.

No que se refere à análise dos dados limnológicos de totais de sólidos em suspensão das quatro missões de campo (Figuras 41 e 42) realizadas no reservatório Itaúba e no reservatório Dona Francisca, respectivamente, observa-se as menores médias de TSS foram registradas no campo 2 nos dois reservatórios (1,60mg/L e 1,44mg/L, nos reservatórios Itaúba e Dona Francisca, respectivamente). Fato esse que coincidiu com as maiores médias de transparência da água também registradas no campo 2 (295cm e 250cm, nos reservatórios Itaúba e dona Francisca, respectivamente), associados a baixos índices pluviométricos registrados no mesmo período. O mesmo ocorreu com as temperaturas em que as menores médias foram registradas também no campo 2 nos dois reservatórios.

Quanto à variância do TSS, os maiores valores de desvio padrão foram registrados nos campos 3 e 4 (4,52mg/L no reservatório Itaúba e 7,34mg/L no reservatório Dona Francisca) e os menores realizados no campo 2 dos dois reservatórios (1,0mg/L no reservatório Itaúba e 1,36mg/L no reservatório Dona Francisca). Na comparação entre os valores de TSS dos reservatórios observou-se também que o reservatório Dona Francisca apresentou a maior variação (14mg/L no reservatório Itaúba e 20,67mg/L no reservatório Dona Francisca). Isso demonstra que o reservatório Itaúba apresentou menor variância do TSS em relação ao reservatório Dona Francisca.

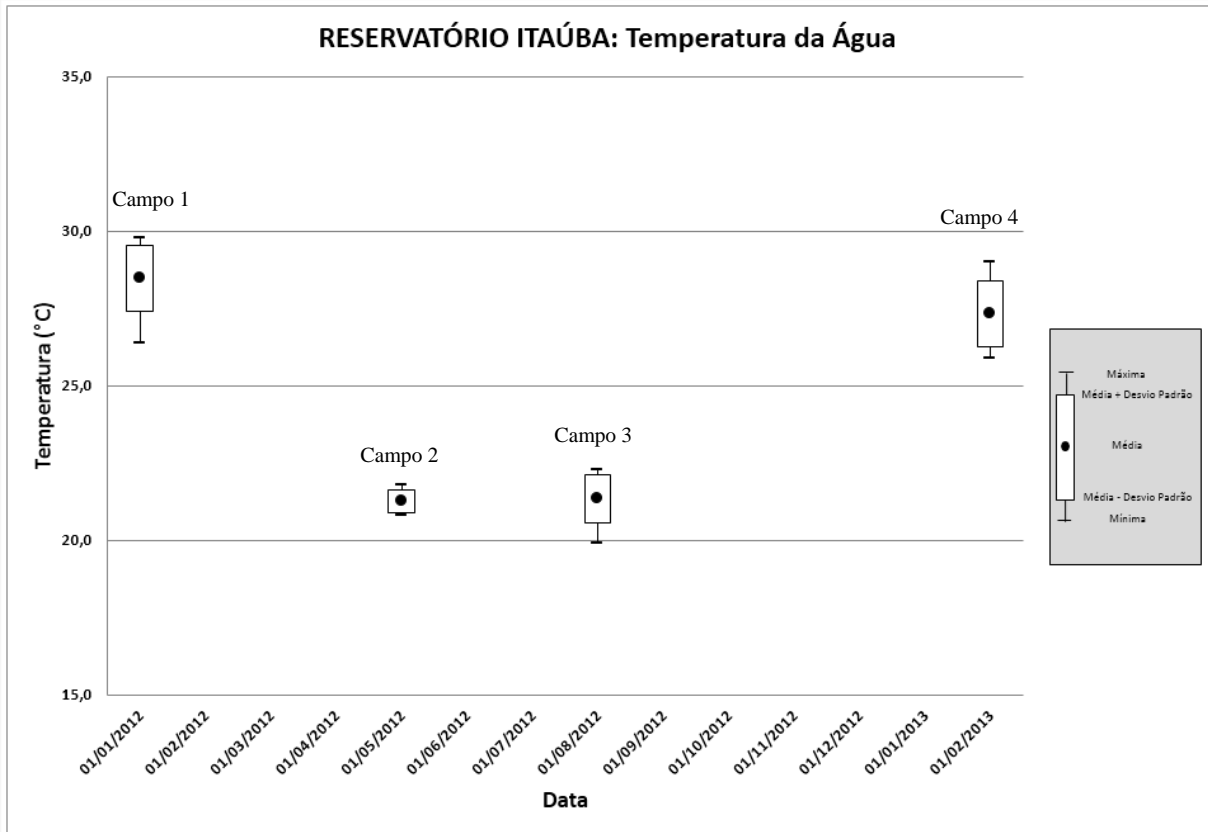


Figura 37 – Estatística dos dados de temperatura da água do reservatório Itaúba.

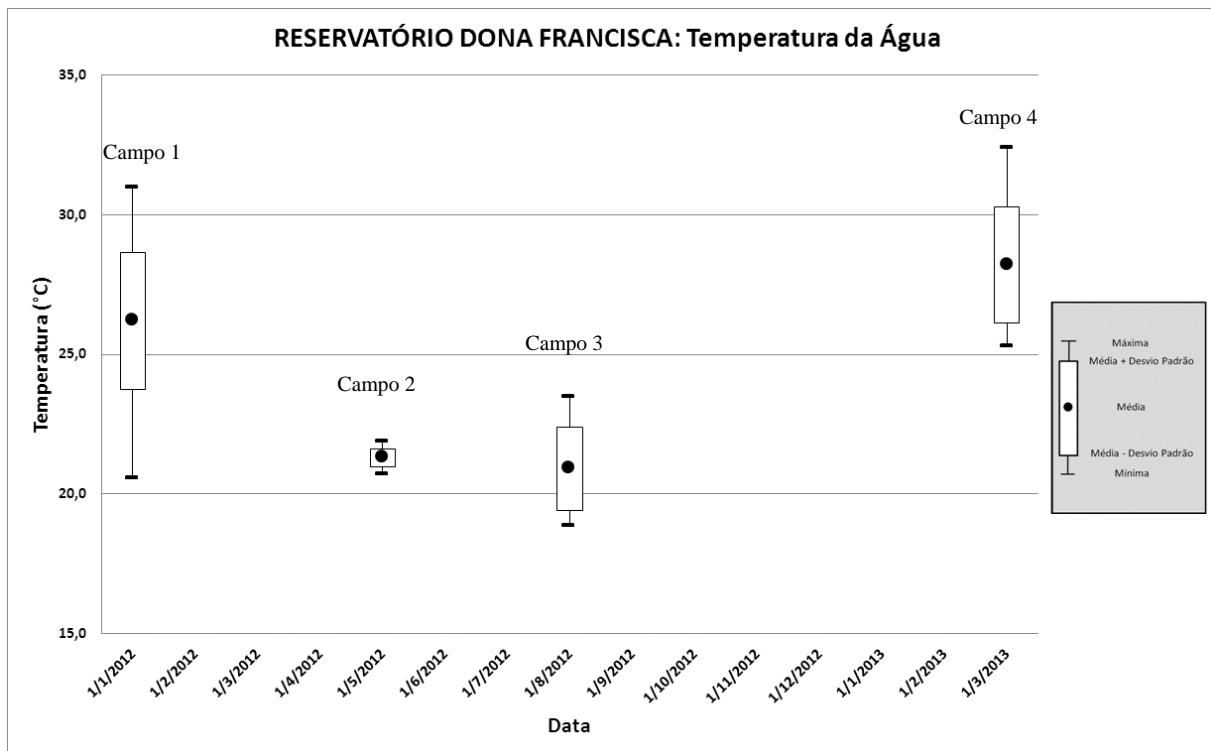


Figura 38 – Estatística dos dados de temperatura da água do reservatório Dona Francisca.

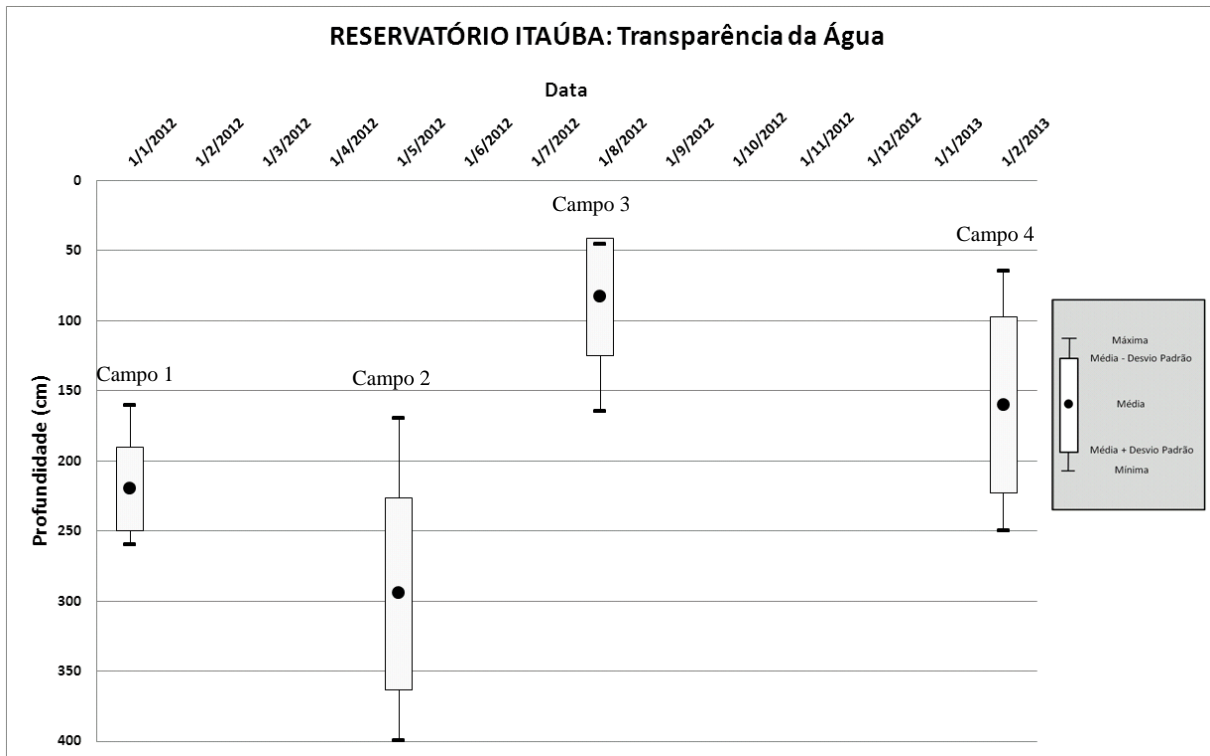


Figura 39 – Estatística dos dados de transparência da água do reservatório Itaúba.

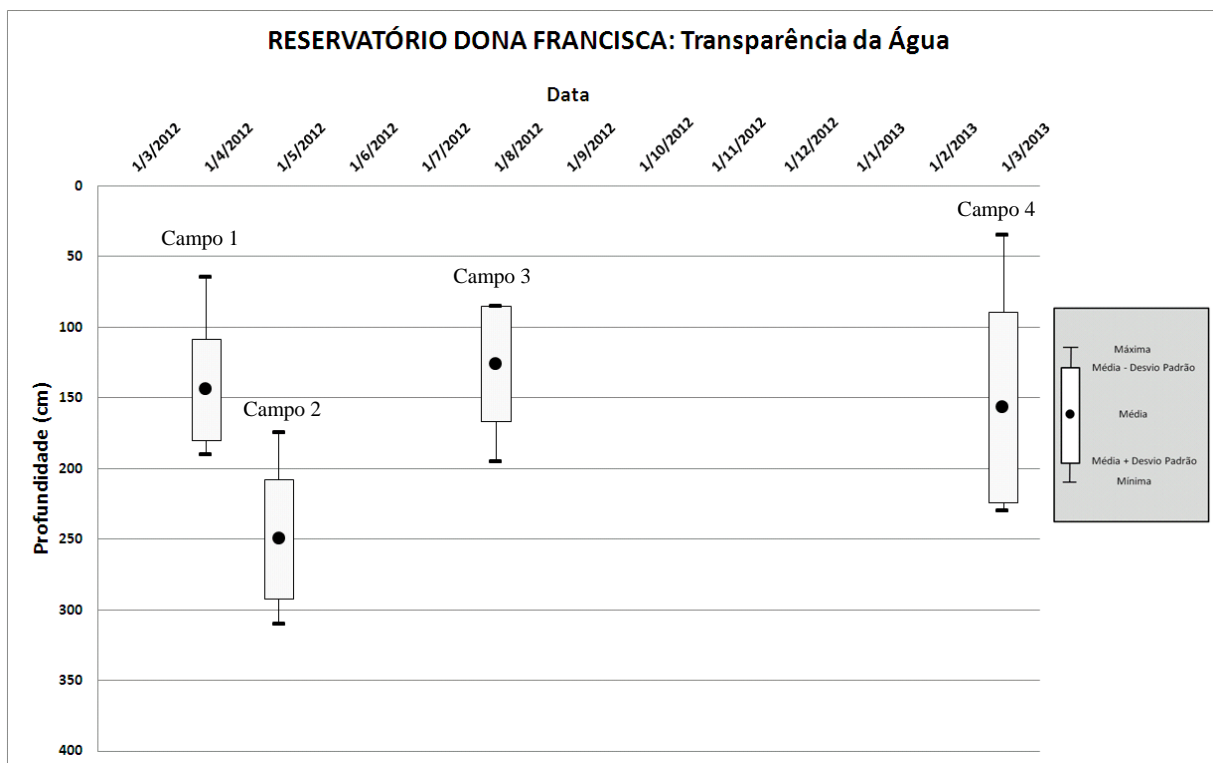


Figura 40 – Estatística dos dados de transparência da água do reservatório Dona Francisca.

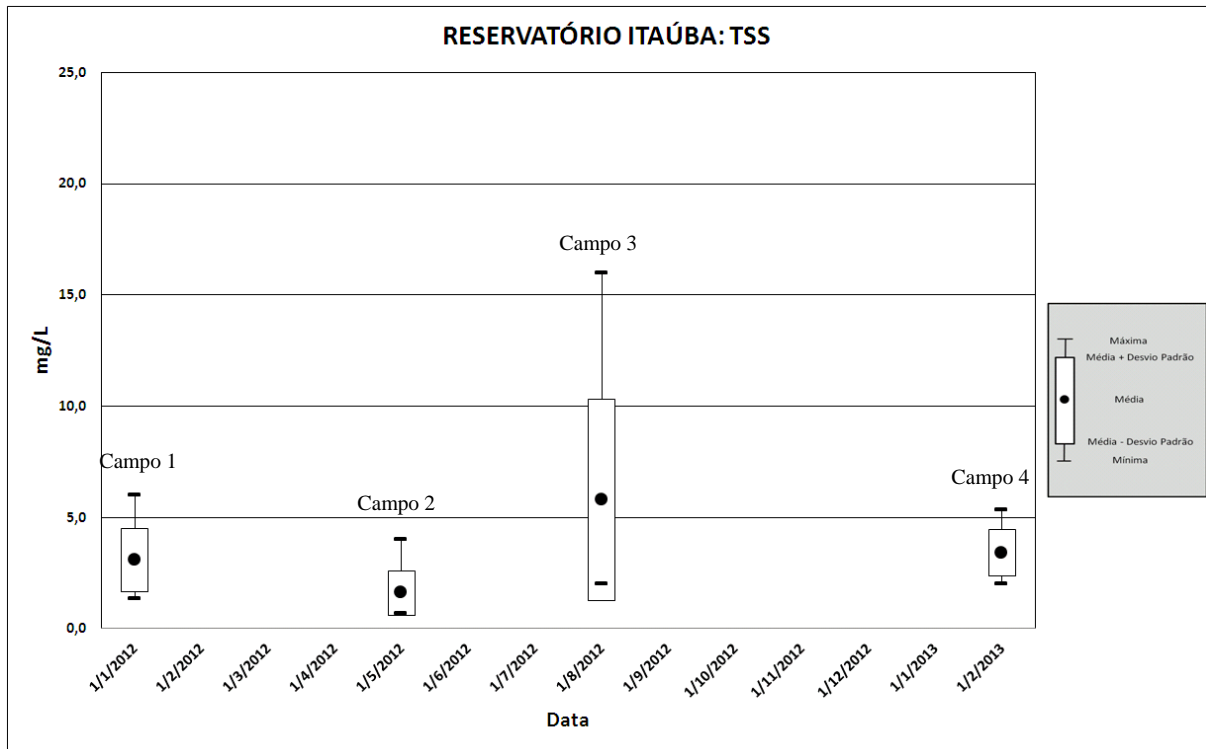


Figura 41 – Estatística dos dados de TSS do reservatório Itaúba.

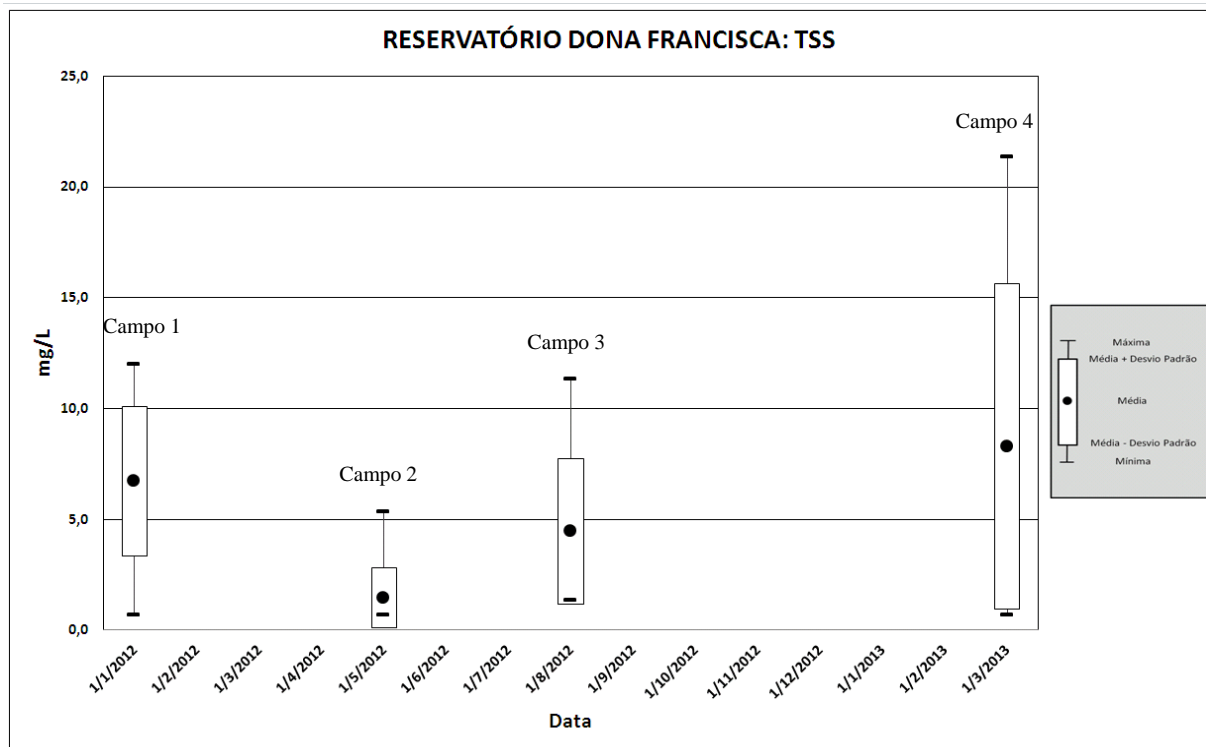


Figura 42 – Estatística dos dados de TSS do reservatório Dona Francisca.

4.4.2 Correlação entre variáveis limnológicas

Com os dados amostrais de temperatura e transparência da água obtidos em campo e a determinação dos valores amostrais de TSS foi possível estabelecer as correlações entre essas variáveis. Muitos fatores internos e externos influenciam as características limnológicas de um ambiente aquático como um reservatório, mas é importante considerar que há interferências mútuas entre algumas variáveis limnológicas. Nos Quadros 4 e 5, são apresentadas as correlações entre os valores das variáveis limnológicas de todos os pontos amostrados nas quatro coletas de dados, realizados no reservatório Itaúba e no reservatório Dona Francisca, respectivamente. Estão em destaque as correlações estatisticamente significativas com 95% de confiança, conforme os valores críticos da distribuição apresentados na tabela *t* de Student (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

| Campo 1 | | | |
|---------|---------------|--------|--------|
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,0346 | 1,0000 | |
| TSS | 0,0927 | 0,3333 | 1,0000 |
| Campo 2 | | | |
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,8717 | 1,0000 | |
| TSS | 0,2638 | 0,4749 | 1,0000 |
| Campo 3 | | | |
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,8317 | 1,0000 | |
| TSS | 0,6380 | 0,3305 | 1,0000 |
| Campo 4 | | | |
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,8443 | 1,0000 | |
| TSS | 0,1432 | 0,2069 | 1,0000 |

Quadro 4 - Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas do reservatório Itaúba. Em negrito os dados de maior influência na análise desse estudo.

Onde:

Temp - temperatura da água;

Trans - transparência da água;

TSS - totais de sólidos em suspensão.

| Campo 1 | | | |
|---------|---------------|---------------|--------|
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,7635 | 1,0000 | |
| TSS | 0,1769 | 0,0600 | 1,0000 |
| Campo 2 | | | |
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,4976 | 1,0000 | |
| TSS | 0,2516 | 0,0721 | 1,0000 |
| Campo 3 | | | |
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,8591 | 1,0000 | |
| TSS | 0,3720 | 0,7904 | 1,0000 |
| Campo 4 | | | |
| | Temp | Trans | TSS |
| Temp | 1,0000 | | |
| Trans | 0,7358 | 1,0000 | |
| TSS | 0,8016 | 0,9016 | 1,0000 |

Quadro 5 - Matriz de correlação entre as variáveis limnológicas do reservatório Dona Francisca. Em negrito os dados de maior influência na análise desse estudo.

Na maioria dos meses amostrados a temperatura da água no reservatório Itaúba esteve mais relacionada com a transparência do que com o TSS. Dentre as correlações mais significativas destacam-se as correlações entre a temperatura e a transparência da água, que foram de 0,8717 no campo 2, de 0,8317 no campo 3 e 0,8443 no campo 4.

No reservatório Itaúba, no campo 2, foi registrada a maior média de transparência da água (295cm). No campo 3 foi registrada a menor média (83cm). No entanto, a temperatura apresentou a menor média no campo 2 (21,28°C) e maior média de temperatura no campo 1 (28,5°C), o qual não apresentou correlação significativa nesse campo com a transparência da água e nem com o TSS. Já o conjunto de amostras do TSS não apresentou correlação significativa com as amostras de transparência e nem com a temperatura da água desse reservatório.

Quanto ao observado no reservatório Dona Francisca, a temperatura e a transparência da água também estiveram em destaque. As correlações mais significativas foram registradas no campo 1 (0,7635), no campo 3 (0,8591) e no campo 4 (0,7358). Nesse reservatório, também foi registrada a maior média de transparência da água (250cm) no campo 2. No campo 3 também foi registrada a menor média (126,11cm). No entanto, a temperatura apresentou a menor média no campo 3 (20,91°C) e, como no reservatório Itaúba, maior média de temperatura no campo 1 (26,19°C). Em contrapartida ao reservatório Itaúba, o conjunto de

amostras do TSS por sua vez, apresentou correlação significativa com a transparência da água no campo 3 (0,7904) e no campo 4 (0,9016).

Os resultados obtidos pelo teste t de Student apontaram as variáveis limnológicas com diferença sazonal significativa; no entanto, não se descarta a hipótese de que outras variáveis também sofram interferência nesse tipo de análise, uma vez que é difícil mensurar temporalmente as influências das chuvas sobre as variáveis limnológicas (FRITZSONS et al., 2003).

4.4.3 Comparação das variáveis limnológicas entre os reservatórios

A hipótese que buscou-se testar nesse trabalho foi verificar se o grupo de variáveis limnológicas temperatura da água, transparência da água e TSS, extraídas do reservatório Itaúba são estatisticamente iguais ao grupo de variáveis limnológicas do reservatório Dona Francisca.

Com os dados amostrais de temperatura e transparência da água obtidos em campo e a determinação dos valores amostrais de TSS foi possível estabelecer o teste de hipóteses entre essas variáveis. No Quadro 6, são apresentados os testes de hipóteses entre os valores das variáveis limnológicas de todos os pontos amostrados nas quatro coletas de dados, realizados nos dois reservatórios. Estão em destaque os valores estatisticamente significativos com 95% de confiança, conforme os valores críticos da distribuição apresentados na tabela *t* de Student (Callegari-Jacques, 2003).

| Temperatura | | | | |
|----------------------|----------------|---------|---------|----------------|
| | Campo 1 | Campo 2 | Campo 3 | Campo 4 |
| tcalc | 1,9753 | -0,0544 | 0,4949 | -0,7532 |
| ttab | 2,0420 | 2,0740 | 2,1100 | 2,1100 |
| Transparência | | | | |
| | Campo 1 | Campo 2 | Campo 3 | Campo 4 |
| tcalc | 2,5669 | 0,6826 | -1,0519 | 0,0487 |
| ttab | 2,0420 | 2,0740 | 2,1100 | 2,1100 |
| TSS | | | | |
| | Campo 1 | Campo 2 | Campo 3 | Campo 4 |
| tcalc | -2,3174 | 0,1489 | 0,3108 | -2,5560 |
| ttab | 2,0450 | 2,0860 | 2,1100 | 2,1450 |

Quadro 6 - Matriz de correlação do teste de hipóteses entre as variáveis limnológicas do reservatório Itaúba e do reservatório Dona Francisca. Em negrito os dados de maior influência na análise desse estudo.

Onde:

tcalc - valores críticos da distribuição t de Student calculados;

ttab - valores críticos da distribuição t de Student tabelados.

Na análise dos valores obtidos nos quatro campos de ambos os reservatórios, a temperatura da água apresentou comportamento similar entre os reservatórios. Todos os valores críticos da distribuição t de Student calculados foram menores que os valores críticos tabelados. Portanto, em relação a análise da média da temperatura da água do reservatório Itaúba e da média da temperatura da água do reservatório Dona Francisca, para o período que foi considerado, não há diferença significativa entre estas duas médias para 95% de confiança.

Quanto à interpretação dos valores obtidos nos quatro campos, a transparência da água apresentou comportamento similar entre os reservatórios, exceto no campo 1 em que o valor crítico da distribuição t de Student calculado (2,5669), foi maior que o valor tabelado (2,0420), demonstrando assim, diferenças significativas para esse campo. Portanto, em relação a análise da média da transparência da água do reservatório Itaúba e da média da transparência da água do reservatório Dona Francisca, para o período que foi considerado, não há diferença significativa entre estas duas médias para 95% de confiança nos campos 2, 3 e 4.

Por fim, a análise dos valores obtidos nos quatro campos, em geral o TSS difere do comportamento das médias das temperaturas e das transparências entre os reservatórios. Os valores críticos calculados em módulo no campo 1 (2,3174) e no campo 2 (2,5560) foram maiores que os valores críticos tabelados (2,0450 e 2,1450, respectivamente), portanto, estatisticamente há diferenças significativas nos campos 1 e 4.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Definidos individualmente por massas de água com condições ambientais similares ao longo de sistema hídrico, os compartimentos aquáticos apresentam-se dispostos horizontalmente no corpo d' água e com diferentes padrões de circulação/tempo de residência da água proporcionado pelos tributários (Tundisi, 1986). O surgimento desses compartimentos pode estar relacionado à natureza física do próprio reservatório mas, muitas vezes, se deve à alterações no uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas que o abastecem. Dessa forma, com as análises das espacializações dos dados limnológicos foi possível observar que os reservatórios geralmente recebem maior contribuição de seus tributários, isso promove o desenvolvimento de gradientes químicos e físicos dentro de reservatórios implicando na produção biológica e na qualidade da água.

Nesse sentido, o objetivo geral desta pesquisa foi comparar a dinâmica dos tributários que drenam diretamente aos reservatórios das UHEs Itaúba e Dona Francisca, localizados no alto curso do rio Jacuí – RS. Como objetivos específicos foram propostos:

- *Analisar a distribuição espacial e temporal da temperatura, da transparência da água e dos totais de sólidos em suspensão, nos dois reservatórios;*

Com relação à temperatura da água foi possível perceber que nesse reservatório Itaúba a temperatura média da água nos campos 1 e 4 (janeiro e fevereiro, respectivamente) manteve-se mais elevada, devido à chegada do verão. Em maio e agosto, com a chegada do inverno a água manteve-se com as temperaturas mais baixas. Isso demonstra que a temperatura da água do reservatório acompanhou a temperatura do ar decorrente das características das estações do ano no estado do Rio Grande do Sul. Na maioria das datas analisadas a água do rio Jacuí apresentou-se mais fria do que a água do rio Ivaí, principal afluente desse reservatório. Quanto temperatura da água do reservatório Dona Francisca foi possível perceber que nesse reservatório a temperatura média da água nos campos 1 e 4 (janeiro e março, respectivamente) também manteve-se mais elevada, devido à chegada do verão. Como no reservatório Itaúba, em maio e agosto, com a chegada do inverno a água também manteve-se com as temperaturas mais baixas.

Já a variável transparência da água apresentou comportamento semelhante entre os dois reservatórios. O primeiro reservatório apresentou média das menores transparências no campo 3, do mesmo modo, no segundo reservatório, a média das menores transparências foi registrada também no campo 3. Notou-se que na maioria dos dados analisados a transparência

da água constituiu-se em um determinado padrão em quase todo o reservatório, exceto em alguns pontos na zona de transição do rio Ivaí, no reservatório Itaúba e na zona de transição do rio Jacuizinho, no reservatório Dona Francisca.

Enfim, a análise do comportamento do TSS nos pontos amostrais que compreendem o rio Ivaí (campos 1, 3 e 4), no reservatório Itaúba foi encontrada as maiores médias, indicando relação inversamente proporcional com a transparência da água. Do mesmo modo, no reservatório Dona Francisca, nos pontos amostrais que compreendem o rio Jacuizinho (campos 1, 3 e 4) também foi encontrada as maiores médias de TSS. No campo 2 realizado nos dois reservatórios os afluentes não apresentaram interferência do TSS a ponto de surgirem alterações significativas nos compartimentos aquáticos. Essas diferenças entre os dados estudados podem estar vinculadas a forma de utilização do espaço no entorno do reservatório diferenciado em cada período do ano, principalmente relacionado a agricultura. No caso do campo 4 realizado nos dois reservatórios pode haver relação com a precipitação ocorrida no local anterior a data de trabalho de campo, fato que auxilia carreamento de sedimentos para o interior do corpo de água.

- Relacionar as variáveis limnológicas dos reservatórios estudados de acordo com as suas condições do uso da terra em diferentes fases de desenvolvimento das culturas agrícolas associadas a dados pluviométricos;

O uso intenso de atividades agrícolas, em geral provoca a eliminação da cobertura vegetal natural e promove o desencadeamento de processos de erosão acelerada dos solos. As principais atividades agrícolas são cultivo da soja e do milho na época do verão e no início do inverno a plantação de pastagens como o trigo, o azevém e o nabo forrageiro. Diante das observações referentes aos dados obtidos na classificação das imagens para as quatro missões de campo analisados, constatou-se que as áreas com presença de campo representam a maior parte do uso para todos os períodos.

Quanto à classe de cultivo agrícola na área de captação direta dos dois reservatórios, esta representa menos de 1% do total nos dois primeiros campos e significativa elevação nos campos 3 e 4. Esse tipo de uso encontra-se distribuído espacialmente em grande parte da bacia hidrográfica. As áreas de solo exposto demonstraram comportamento inversamente proporcional em relação ao cultivo agrícola para as duas primeiras imagens analisadas (campos 1 e 2) e os dois últimos (campos 3 e 4) nos dois reservatórios.

Os dados pluviométricos mostraram certa irregularidade no volume de chuvas acumulada nas duas áreas em análise. As chuvas tiveram uma intensidade diferente nas áreas

de captação de cada reservatório, apesar da diferença não ter grandes proporções, as duas bacias hidrográficas apresentaram mais intensidade de chuvas no campo 4.

A análise dos dados limnológicos está relacionada com diversos outros fatores entre eles os diferentes usos da terra da bacia hidrográfica e a precipitação quando estes relacionam o aumento de sedimentos suspensos e outras matérias particuladas aos eventos de chuva e conseqüente elevação do fluxo de água no reservatório. Essas informações fornecem subsídios para a interpretação dos dados limnológicos visto que as precipitações pluviométricas influenciam nas características da água de forma tão mais intensa quanto maior for a quantidade de chuva.

- Identificar relações entre as variáveis limnológicas temperatura, transparência e TSS.

Observou-se que a temperatura apresentou menores médias nos campos 2 e 3 nos dois reservatórios, devido ao período de inverno. Nesse contexto a temperatura da água esteve relacionada com a temperatura do ar medida em campo. Outra observação refere-se ao período de inverno que na latitude em que estão inseridos os reservatórios, apresentam temperaturas mais baixas no ano. Por outro lado, foi observado o aumento na temperatura da água realizada nas missões de verão, as quais também apresentaram temperaturas relacionadas com a época do ano. Com a água mais quente no primeiro campo em janeiro, resfriando-se até nos meses de maio e agosto e aquecendo-se novamente a partir daquele mês. Outra observação regular entre os dois reservatórios refere-se à variância da temperatura em cada reservatório relacionada a estação do ano. Os maiores valores de desvio padrão foram registrados nos campos 1 e 4, realizados no verão e os menores realizados nos campos 2, o que demonstrou que no inverno o reservatório esteve mais homogêneo quanto à temperatura. Na comparação entre as temperaturas dos reservatórios observou-se também que o reservatório Dona Francisca apresentou a maior amplitude. Isso demonstra que o reservatório Itaúba apresentou menor variância da temperatura em relação ao reservatório Dona Francisca.

Identificou-se que a transparência da água apresentou menores médias nos campos 2 e 4 nos dois reservatórios. A aproximação do inverno gerou um aumento nas médias de transparência, o mesmo observado com a aproximação do verão. Situação em que ocorreu nos dois reservatórios. Quanto à variância da transparência da água, os maiores valores de desvio padrão foram registrados nos campos 2 e 4 e os menores realizados nos campos 2 e 3. Na comparação entre as médias de transparência da água dos reservatórios observou-se também que o reservatório Dona Francisca apresentou a maior variação. Isso demonstra que o reservatório Dona Francisca apresentou menor variância da transparência em relação ao reservatório Itaúba.

Por último, as menores médias de TSS foram registradas no campo 2 nos dois reservatórios. Fato esse que coincidiu com as maiores médias de transparência e as menores médias de temperaturas da água também foram registradas no campo 2, associados a baixos índices pluviométricos registrados no mesmo período. Na comparação entre os valores de TSS dos reservatórios observou-se também que o reservatório Dona Francisca apresentou a maior variação. Isso demonstra que o reservatório Itaúba apresentou menor variância do TSS em relação ao reservatório Dona Francisca.

- Comparar as variáveis limnológicas entre os reservatórios.

Para a comparação entre as variáveis limnológicas usaram-se valores estatisticamente significativos com 95% de confiança, conforme os valores críticos da distribuição apresentados na tabela *t* de Student. Em se tratando da análise dos dados de temperatura da água todos os valores críticos da distribuição *t* de Student calculados foram menores que os valores críticos tabelados. Portanto, em relação a análise da média da temperatura da água do reservatório Itaúba e da média da temperatura da água do reservatório Dona Francisca, para o período que foi considerado, não houve diferença significativa entre estas duas médias para 95% de confiança. A transparência da água apresentou comportamento similar entre os reservatórios, exceto no campo 1 em que o valor crítico da distribuição *t* de Student calculado, foi maior que o valor tabelado, demonstrando assim, diferenças significativas para esse campo. Portanto, em relação a análise da média da transparência da água do reservatório Itaúba e da média da transparência da água do reservatório Dona Francisca, para o período que foi considerado, não há diferença significativa entre estas duas médias para 95% de confiança nos campos 2, 3 e 4. Quanto ao TSS, apresentou comportamento diferenciado em relação às médias das temperaturas e das transparências entre os reservatórios. Os valores críticos calculados em módulo no campo 1 e no campo 2, foram maiores que os valores críticos tabelados, portanto, estatisticamente houve diferenças significativas nos campos 1 e 4.

Sendo assim, o desenvolvimento desta pesquisa mais uma vez comprova o grandioso potencial do sensoriamento remoto para estudos de cunho geográfico. O ambiente aquático do reservatório mostrou-se intensamente relacionado aos sistemas climático e terrestre, os quais são passíveis de monitoramento por meio de técnicas de sensoriamento remoto. Tendo em vista a crescente preocupação em relação à água, o desenvolvimento de novas técnicas que visem facilitar o acompanhamento dos recursos hídricos mostra-se de extrema valia, principalmente em ambientes criados artificialmente, como os reservatórios Itaúba e Dona Francisca.

6 REFERÊNCIAS

AMARAL, S. **Imagens do sistema sensor AVHRR/NOAA na detecção e avaliação de desmatamentos na Floresta Amazônica: relações com dados do sistema TM/Landsat.** Dissertação de mestrado. São Jose dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992.

AMBERS, R. K. R. **Using the sediment record in a western Oregon flood-control reservoir to assess the influence of storm history and logging on sediment yield.** Journal of Hydrology, v. 244, n. 3-4, p. 181 – 200, 2001.

ANDRADE, M.C. de. **Geografia, ciência da sociedade: uma introdução a análise do pensamento geográfico.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

ANGELINI, R. Bases para a aplicação da teoria da informação em ecossistemas, com ênfase na ascendência. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 275-283, 2002.

BAPTISTA, M; COELHO, M. M. L. P.; CIRILO, J. A. (Org.). **Hidráulica aplicada.** Porto Alegre: ABRH, 2001.

BARBIERI, D. W.; **Influência da Precipitação Pluviométrica na Reflectância Espectral da Água do Reservatório Passo Real, RS.** 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BLASCHKE, T. & KUX H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: novos sistemas sensores métodos inovadores.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

BRAGA, C. Z. F.; NOVO, E. M. L. M.; KRUG, T. Considerações sobre a modelagem empírica de variáveis limnológicas no Reservatório de Barra Bonita utilizando dados Landsat-5 TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. (SBSR), 1993, Curitiba, BR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. v. 4, p. 85-93. Printed, On-line. (INPE-7914-PRE/3750). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.00.54.37>>. Acesso em: 05 nov. de 2012.

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.

BURROUGH, P. A. & MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems and Geostatistics.** New York: Oxford University Press, 1998, 333p.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

CARVALHO, N. O. Assoreamento de reservatórios: consequências e mitigação dos efeitos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 4, 2000, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000.

CASSOL, A. P. V. Características limnológicas de compartimentos aquáticos opticamente ativos no reservatório Itaúba, RS, Brasil. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013, p. 3857 - 3864.

CEEE/ Dona Francisca Energética S. A. (DFESA)/ Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Estado da Participação Popular, Secretaria de Energia, Minas e Comunicações. **Usina Hidrelétrica Dona Francisca – 125 MW**. Folheto Informativo, 2001.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987.

CORAZZA, R. **Relações Entre Variáveis Espectrais e Limnológicas no Reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca-RS**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A.J.T. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CURRAN, P. J. **Principles of remote sensing**. New York: Longman Scientific & Technical, 1986.

DEBERDT, A. J. **Qualidade de água**. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/qagua.htm>> Acesso em 09 abr 2013.

DEMANGEOT, Jean. **Os Meios “Naturais” do Globo**. Tradução de F. Ribeiro Martins e H. Nogueira Santos. Tradução do original francês intitulado Lês Milleux “Naturels” du Globo. 7ª ed. Paris – Armand Colin Éditeur, 1998.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil: 1998.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FARENZENA, D. **Organização do espaço e conflitos ambientais do entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca – RS**. 2006. 72f. Monografia (Trabalho de Graduação B) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

FERREIRA, G. L. B. V. & FERREIRA, N. B. V. **Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.

FORD, D. E. Reservoir transport processes. In: THORNTON, K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E.. **Reservoir Limnology: Ecological perspectives**. JohnWiley & Sons: New York, 1990.

FRINTZONS, E.; HIND, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. As alterações da qualidade da água do Rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.8, p.239- 248, 2003.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – RS. **Qualidade Ambiental: Região Hidrográfica do Guaíba - Rio Jacuí**. 2008. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/jacui.asp>>. Acesso em: 25 abril. 2013.

GALVAO, L. S. **Espectros e Imagens**. In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. da S. (Org.). **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília: ed. UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, p. 251-262. 2001.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B; **Geomorfologia e Meio Ambiente**, Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ. 1998.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R.G.M. (org.) **Erosão e Conservação do Solo: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/usodaterra/manualusodaterra.pdf>> Acesso em: 09 de nov. de 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados Meteorológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 21 set. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - DIVISÃO DE GERAÇÃO DE IMAGENS (INPE/DGI). **O satélite LANDSAT**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/html/landsat.htm>>. Acesso em 17 nov. 2011.

JOBIN, W. **Sustainable Management for Dams and Waters**. Boston: Lewis Publishers, 1998.

JOLY, F. A **Cartografia**. Campinas: Papirus, 1997.

KELMAN, J. et al. **Hidreletricidade**. In: REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

KIRK, J. T. O. **Light & photosynthesis in aquatic ecosystems**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

LAHM, R. A. Noções Básicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. In: VERDUM, R. & STROHAECKER, T. **Desenvolvimento Regional, turismo e educação ambiental**. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2000.

LENCASTRE, A. & FRANCO, F. M. **Lições de Hidrologia**. Universidade Nova de Lisboa, 1984.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN D. **Estatística: Teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2000.

LI, Z.L.; BECKER, F.; STOLL, M.P.; WAN, Z. Evaluation of Six Methods for Extracting Relative Emissivity Spectra from Thermal Infrared Images. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, p.197- 214,1999.

LOPES, L. H. A.; LOCH, C. **Conteúdo gráfico do cadastro técnico multifinalitário urbano**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 1994, Florianópolis. COBRAC. Florianópolis: UFSC, 1992.

LOPES, L. H. A.; LOCH, C.; BAEHR, H. P. **Modelo de Gestão Urbana baseado na Capacidade de Atendimento do Sistema de Abastecimento de Água**. In: 6º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2004, Florianópolis. COBRAC2004. Florianópolis: UFSC, 2004.

MACHADO, P. J. de O. Recursos Hídricos: uso e planejamento. **Geosul**, Florianópolis, ed UFSC. v.16, n.31, jan/jun 2001. p103-115.

MAKSOUH, H. **Definição, Escopo e Aplicações de Hidrologia**, Revista de Engenharia, no 169, 1956, São Paulo e Boletim Geográfico CNG, no 149, Rio de Janeiro, 1959.

MILLIPORE. **Glass Fiber Filters**. Disponível em: <<http://www.millipore.com>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

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

NETTO, A. L. C. **Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural** – In.: Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, Nº 2. 2003.

NIMER, E., 1989: **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ; 421 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2008.

NORMAN, J. M.; BECKER, F. Terminology in thermal infrared remote sensing of natural surfaces. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.77, p. 153-166, 1995.

PAIVA, J. B. D. & PAIVA, E. M. C. D. (Org.). **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e Geomorfologia. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S. B. da. (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 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.

PEREIRA, G. C. & SILVA, B. C. N. Geoprocessamento e Urbanismo. In: Gerardi, L. H. de O. & Mendes, I. A. M. (orgs). **Teoria, técnica, espaços e atividades:** temas de Geografia contemporânea. Rio Claro: PPGG – UNESP; AGETEO, 2001. 432p.

PEREIRA, R. S. **A estatística e suas aplicações.** Porto Alegre: Grafosul, 1978.

POMPÊO, M.L.M. (ed.). **Perspectivas da Limnologia no Brasil.** São Luís: União, 1999.

PRADO, Diego de A.; SANTOS, F. C.; PEREIRA FILHO, W. **Relação entre Totais de Sólidos em Suspensão e Transparência da Água no Reservatório Dona Francisca - RS.** 2010. In. JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 25., 2010, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

RENNÓ, C. D. **Construção de um sistema de análise e simulação hidrológica: aplicação a bacias hidrográfica.** 2004. 146 p. (INPE-10437-TDI/925). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.10.13.53>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

ROBINSON, I.S. **Measuring the oceans from space: the principles and methods of satellite oceanography.** Springer. 2004.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.431–436, 2014

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Minas Gerais: Ed. do autor, 2000.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs – RIMAs. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S. B. da. (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

RODRIGUES, R.R.; filho, H. de F. L. **Matas Ciliares Conservação e recuperação.** 2.ed. São Paulo. Editora da USP: Fapesp, 2001.320 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.** 2006. 140f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

SANTOS, F. C.; PEREIRA FILHO, W. . **Sensoriamento Remoto aplicado aos estudos de ambientes aquáticos continentais.** In: FIGUEIREDO, Lauro César Figueiredo; FIGUEIRÓ, Adriano Severo. (Org.). Geografia do Rio Grande do Sul: temas em debate. 1 ed. Santa Maria: UFSM, 2010, v. 1, p. 209-222.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental:** Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SARTORI, M.G.B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra Livre.** São Paulo, ano 19, v.1, n.20, p.27-49. jan/jul.2003.

STRASSBURGUER, L., PEREIRA FILHO, W. Limnologia do reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2003.

SUGUIO, K. & J. J. BIGARELLA. **Ambientes Fluviais.** Florianópolis, UFSC-UFPR. 1990.

TÁPIA, B. T. **As consequências socioambientais relacionadas a construção da UHE Ita no Município de Marcelino Ramos.** 2004. Trabalho de Graduação (Curso de Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

TEIXEIRA, A. L. de A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica.** Rio Claro: Edição do autor, 1992.

THOMAZ et al. **Limnologia do reservatório do Segredo: padrões de variação espacial e temporal.** In: Reservatório do Segredo: bases ecológicas para o manejo. Editado por AGOSTINO, A. A. & GOMES, L. C. MARINGÁ: EDUEM, 1997.

TODESCHINI, M. L. **Dinâmica espacial e temporal das características físicas e químicas do rio Cubatão e distribuição espacial da bacia hidrográfica – litoral do Paraná.** Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TOMMASI, L. R. **A degradação do Meio Ambiente**. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1931.

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. 2005**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1993.

_____. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998.

TUNDISI, J. G. **Boletim de hidráulica e saneamento**: Limnologia de represas artificiais. São Carlos: Universidade de São Paulo, 1986 (Boletim; n. 11).

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

_____. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v.10, p.67-75, 2010.

TUNDISI, J. G. *et al.* Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas Doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006-a, p. 161-202.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barra, Miranópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.55-64, 2010.

WACHHOLZ, F. **Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais**. 2007. 97f.. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.