
CARTOGRAFIA E SENSORIAMENTO REMOTO NA AVALIAÇÃO DE DADOS COM ABORDAGEM ESPAÇO E TEMPO

Waterloo Pereira Filho¹

Resumo: *A localização e organização dos diferentes tipos de dados geográficos são importantes para a interpretação temas relacionados à Geografia. Erros de precisão cartográfica implicam em comprometimentos de desempenho de trabalhos científicos e de projetos empresariais. Este trabalho aborda a importância da precisão cartográfica e da estrutura dos dados geográficos em relação aos benefícios de integrar informações oriundas de diferentes origens. As estruturas em cadastro, rede, temático, modelo numérico do terreno e imagem são descritas associadas com os modos de representação pontual, linear e zonal. Benefícios de explorar dados com abordagem espaço e tempo são apresentados.*

Palavras chaves: *Cartografia; Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento.*

Cartography and remote sensing in data evaluation with space and time approach

Abstract: *The localization and organization of different types of geographical data are important to the interpretation of geography related themes. Cartographical precision errors imply in jeopardy of performance of scientific works and entrepreneurial projects. This work approaches the importance of cartographic precision and geographical data structure related to the benefits of integration of information from different sources. The structures of cadastre, networks, thematics, numeric modeling of land and image are described associated to the ways of punctual, linear and zonal representation. The benefits of exploring data along with time and space approach are presented.*

Keywords: *Cartography; Remote Sensing; Geoprocessing.*

INTRODUÇÃO

Novos recursos tecnológicos, tais como o Global Navigation Satellite System (GNSS), imagens de satélites, dados digitais têm sido inseridos em banco de dados georreferenciados, os quais viabilizam a construção de mapas precisos. Estes bancos de dados consistem na organização de dados geográficos em que são indexados a coordenadas geográficas. Dados geográficos apresentam estruturas diferenciadas quanto a sua natureza, representação computacional e representação cartográfica. Quanto à natureza dos dados, eles podem ser

¹ Geógrafo pela Universidade Federal de Santa Maria, mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, doutorado em Geografia pela Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela University of Victoria - Canadá. Atualmente é professor da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: Limnologia, Uso da Terra e Geotecnologias.

cadastral, rede, temático, Modelo Numérico do Terreno (MNT) ou imagem; quanto a representação computacional, vetor ou matricial e quanto a representação cartográfica em pontual, linear ou zonal. A Figura 1 permite visualizar esta estrutura relacionada aos dados georreferenciados. Com esta estrutura, podem-se gerar mapas com informações precisas no tempo e espaço sobre qualquer tema com abordagem geográfica.

Nos últimos anos diversas expressões foram utilizadas para designar o uso de recursos computacionais integradas a informações geográficas. A expressão “Sensoriamento Remoto” consiste no uso de imagem de satélite para visualização da superfície terrestre e representa um dos avanços tecnológicos mais expressivos no campo da Geografia. Entretanto, a expressão Sensoriamento Remoto não representa todas as situações em que outras informações geográficas são incorporadas em um banco de dados. Surge, então, a expressão Sistema de Informações Geográficas (SIG) como forma de atender a integração com outras estruturas de dados como as presentes em mapas. Em sua origem, o SIG permite a análise integrada de dados oriunda de mapas referentes a diversos temas como os mapas base, de geomorfologia, geologia, hidrografia, entre outros, com os dados oriundos de satélite. A introdução de outras informações como as oriundas de GNSS e planilhas de campo com dados georreferenciados amplia ainda mais o espectro de dados a serem trabalhados em uma única forma de acesso e com isso surge a expressão Geoprocessamento. Atualmente, existem diversas outras expressões para designar o uso de informações geográficas, tais como: Geotecnologias, ciência da geo-informação, Geoinformática, inteligência geoespacial.

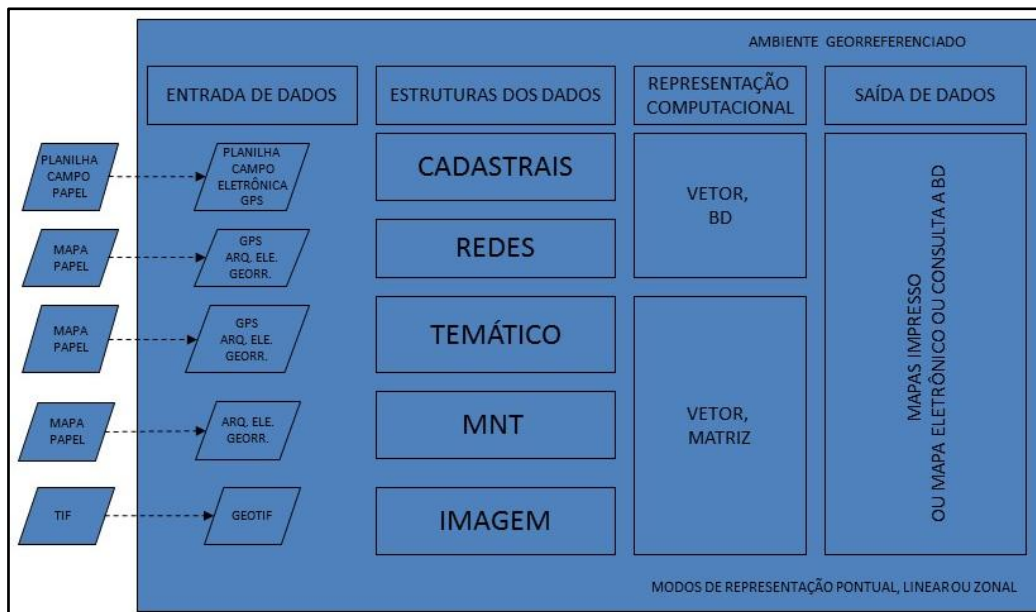


Figura 1 – Estrutura de dados em banco de dados georreferenciado.

A estrutura Cadastral permite associar dados alfanuméricos a um determinado objeto localizado no espaço geográfico. Estrutura de dados cadastral tem grande aplicação em trabalhos urbanos em relação a descrição de lotes, sua localização, descrição e informações alfanumérica relacionada. Entretanto, destaca-se que o cadastro pode ser associado a outros modos de representação não zonal como os pontuais e lineares.

Os dados em rede podem ser aplicados, por exemplo, na distribuição de energia elétrica, água, telefone, hidrografia, ruas e estradas. Dados em rede tem sido usado por diversos profissionais. O exemplo do setor elétrico pode ilustrar o potencial do geoprocessamento em relação as implicações ambientais. Em uma linha de transmissão de energia de alta tensão pode-se gerar uma faixa (*buffer*) ou mapa de distância a partir desta linha e nesta faixa identificar todas as características geográficas e do ambiente. Pode-se avaliar áreas envolvidas com floresta, agricultura, reservas arqueológicas e opções de melhor rota em função de urbanização, para citar somente algumas importantes informações para os tomadores de decisão otimizar custos e implicações ambientais com a instalação de uma linha de transmissão.

O recurso de identificar um mapa de distância (*buffer*) pode ser obtido a partir de qualquer modo de representação, seja pontual, linear ou zonal. Alguns exemplos de cada uma destas situações são apresentados para ilustrar sua aplicação. Mapas de distâncias a partir de pontos são úteis para identificar áreas de abrangência de antenas de telefonia móvel (celular). A partir da abrangência desta área, pode-se saber a parte urbana atingida,

obstruções presentes e outras importantes informações na identificação do melhor local para sua instalação. Mapas de distância a partir de uma representação linear podem ser utilizados ainda em relação à rede de drenagem e assim avaliar a presença de vegetação ripária. Mapas de distância em representação zonal podem ser utilizados em ecologia para a identificação da área de influência de um determinado bioma.

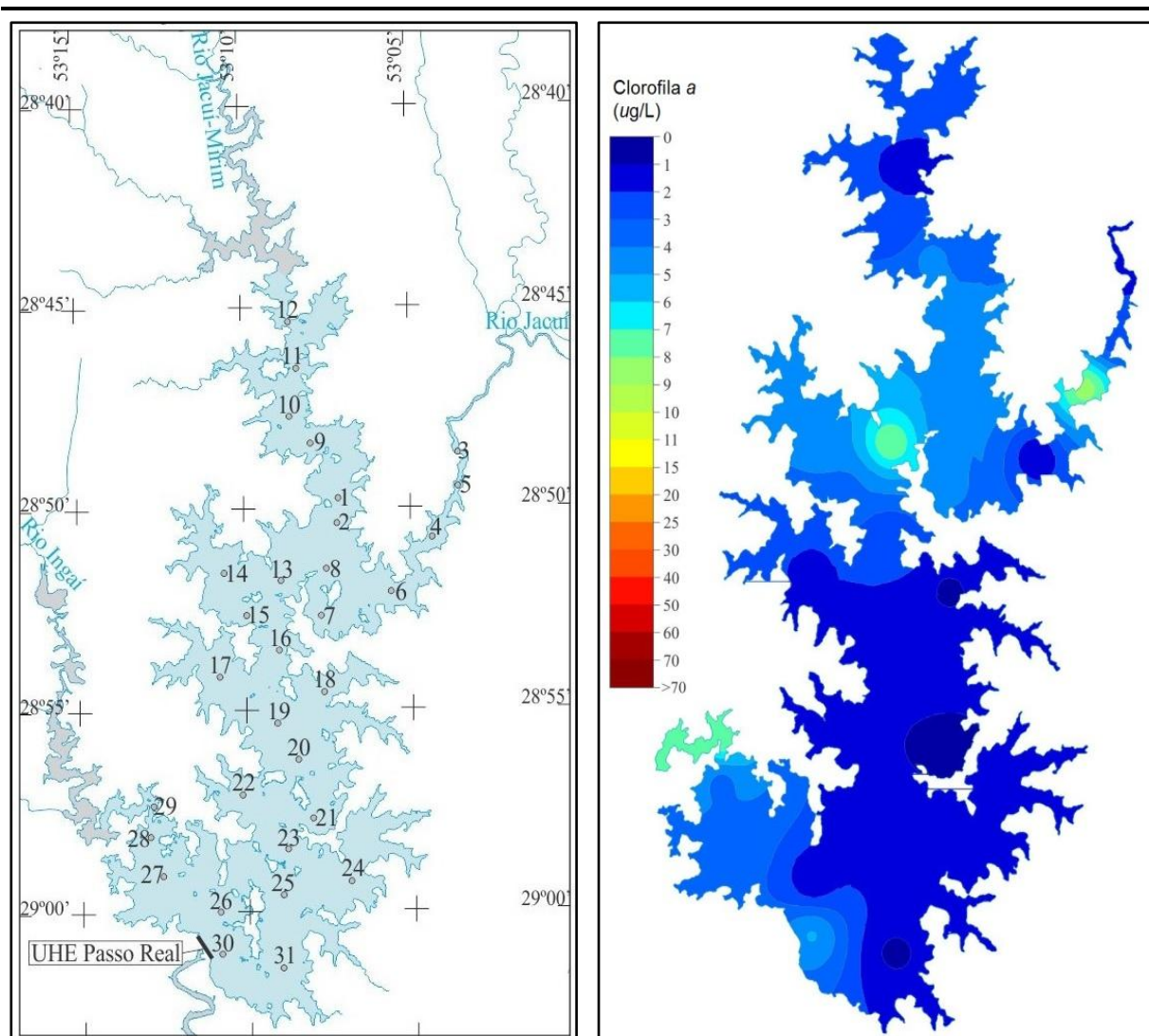
A diversidade de aplicações dos recursos de Geoprocessamento faz com que profissionais de diversas formações passem a utilizá-los. O Geoprocessamento permite que usuários não especializados também recorram a este recurso como forma de desenvolver suas atividades. Em função da diversidade de usuários surgem também alguns problemas, principalmente relacionados a aspectos de georreferenciamento de dados. Um dos principais problemas está relacionado a sintaxe das coordenadas a serem informadas em um banco de dados georreferenciado. A coordenada geográfica, informação angular de um determinado local, pode ser informada em graus e sua fração em décimos de grau ou sexagésimos de grau. A indicação de uma coordenada com esta representação trocada pode ocasionar uma diferença muito grande no terreno. Em trabalhos que consideram a informação no tempo, diferenças significativas de localização podem ocorrer e inviabilizar o desenvolvimento de um trabalho. Outro erro comum é a indicação do fuso de projeção, no caso da indicação de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM). Neste caso, a simples indicação de um fuso trocado implica em deslocamento de centenas de quilômetros no terreno.

Um aspecto positivo inegável no uso de dados georreferenciados é obtenção de informações precisas no que se refere a distâncias entre pontos, comprimentos em representações lineares e a identificação de áreas em representações zonais. As representações zonais são obtidas principalmente com o uso dos recursos de Sensoriamento Remoto. A imagem de satélite informa em um momento as condições de uma área da superfície terrestre. As suas aplicações são diversas como por exemplo na Geografia, Agronomia, Biologia, Hidrografia, Engenharia Florestal, Geologia, Ecologia entre outras áreas de conhecimento.

Muitos dados são obtidos na forma pontual, porém o fenômeno tem importância espacial. Os dados com representação pontual proporcionam uma informação muito precisa sobre um determinado assunto. Porém, sua representação espacial pode proporcionar uma nova visão da informação. No caso de dados pontuais, a densidade de estações amostrais está diretamente relacionada com a resolução espacial em relação a representação do tema em

questão. Quanto mais estações melhor é sua resolução espacial. Portanto, um maior número de pontos com coleta de dados proporciona uma melhor representação do fenômeno. A representação destes dados em uma tabela nem sempre proporciona uma boa interpretação do fenômeno. A interpolação espacial dos dados permite o “mapeamento” do fenômeno e com isso pode-se identificar a distribuição espacial de um determinado fenômeno.

A representação de um fenômeno no espaço a partir de dados pontuais exige alguns procedimentos em geoprocessamento que passa por diversas estruturas de dados. Os dados pontuais são inseridos em Modelo Numérico do Terreno o que proporciona três informações básicas, as coordenadas de latitude e longitude e o valor atribuído a cada ponto amostral, o qual representa o tema em estudo. Com estas informações, pode-se gerar uma grade (imagem) a partir da interpolação dos dados pontuais. Com esta imagem é gerado um mapa temático com a representação espacial do tema. Portanto, neste caso utiliza-se as estruturas de dados do tipo MNT, Imagem e temático. A Figura 2 mostra o efeito da espacialização de uma variável em relação às estações amostrais. A variável representa a concentração de clorofila *a* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Passo Real no Rio Grande do Sul.



Distribuição das estações amostrais
Concentração de Clorofila *a*
Figura 2 – Distribuição espacial da clorofila *a* no reservatório da UHE Passo Real – RS. Os números indicam as estações amostrais.

Em relação ao Sensoriamento Remoto, destacam-se as suas características de resolução espacial, temporal, espectral e radiométrica. As características do sensoriamento remoto ampliam as abordagens sobre estudos dos fenômenos geográficos. Em função de uma melhor resolução espacial há a possibilidade de identificar detalhamentos na forma de objetos na superfície terrestre e a resolução temporal registram as mudanças ocorridas no tempo. Porém, informações espectrais e radiométricas possibilitam estudos em relação a interação da energia eletromagnéticas com alvos da superfície terrestre. O amplo espectro de informações oriundas destes domínios possibilita o monitoramento do ambiente com alto grau de informações.

O Sensoriamento Remoto permite a identificação de temas na superfície da Terra assim como a área de sua ocorrência. Aplicações deste recurso podem ser explorados em relação a floresta, campo, agricultura, áreas sem vegetação, áreas urbanas, entre outras classes de uso da terra.

A abordagem espacial do Sensoriamento Remoto considerando-se o domínio tempo permite a identificação de alterações dos objetos na superfície. Podem-se identificar as alterações em área de um determinado tema, o que é muito importante principalmente para o planejamento e ambiente. Alterações nas áreas de floresta, da área urbana, da área agrícola são alguns exemplos que este recurso oferece aos tomadores de decisões quanto às estratégias de desenvolvimento de uma determinada região.

A informação espectral tem sido muito útil principalmente no campo da pesquisa. Esta abordagem informa ao pesquisador as respostas espectrais dos diferentes alvos da natureza. A reflectância espectral obtida a partir de sensores permite identificar os alvos na superfície terrestre e ainda saber as suas condições específicas. A seguir é apresentado um trabalho em que se avaliou a ocorrência de floração de algas em um reservatório no Rio Grande do Sul a partir especificamente das condições espectrais obtidos em imagens de satélite (Landsat – Thematic Mapper - TM).

Em estudos de corpos de água a partir de Sensoriamento Remoto, destaca-se o potencial em identificar florações de algas que caracterizam-se especificamente pela reflectância da água com padrões associados a vegetação devido a presença de clorofila. A clorofila *a* caracteriza-se por absorver mais energia na faixa do azul e vermelho e refletir mais intensamente no verde na faixa do visível do espectro eletromagnético. Na faixa do infravermelho próximo, quando em altas concentrações de clorofila *a*, a reflectância pode ser mais intensa do que na faixa do visível. A Figura 3 mostra espectros de reflectância em amostras de água com e sem floração e com elevada concentração de sólidos em suspensão. A partir desta figura, observa-se que a floração ocorre em área localizada no reservatório, na parte sudoeste, indicado pela letra “a” na figura. Em “a” observa-se a maior reflectância no verde na faixa do visível (canal 2 do TM) na faixa do visível e no infravermelho próximo (canal 4 do TM) reflectância superior a do visível. Destaca-se que a concentração de clorofila é superior a 400 ug/L na área indicada pela letra “a”. Um espectro de reflectância em outra parte do reservatório permite verificar que o domínio da reflectância se dá em função dos totais de

sólidos em suspensão, indicado pela letra “b”, com a reflectância dominante na faixa do vermelho do espectro eletromagnético (canal 3 do TM). Portanto, a informação espectral permitiu, neste caso, identificar os padrões de água do reservatório associados a clorofila *a* e totais de sólidos em suspensão (Pereira Filho et al., 2011).

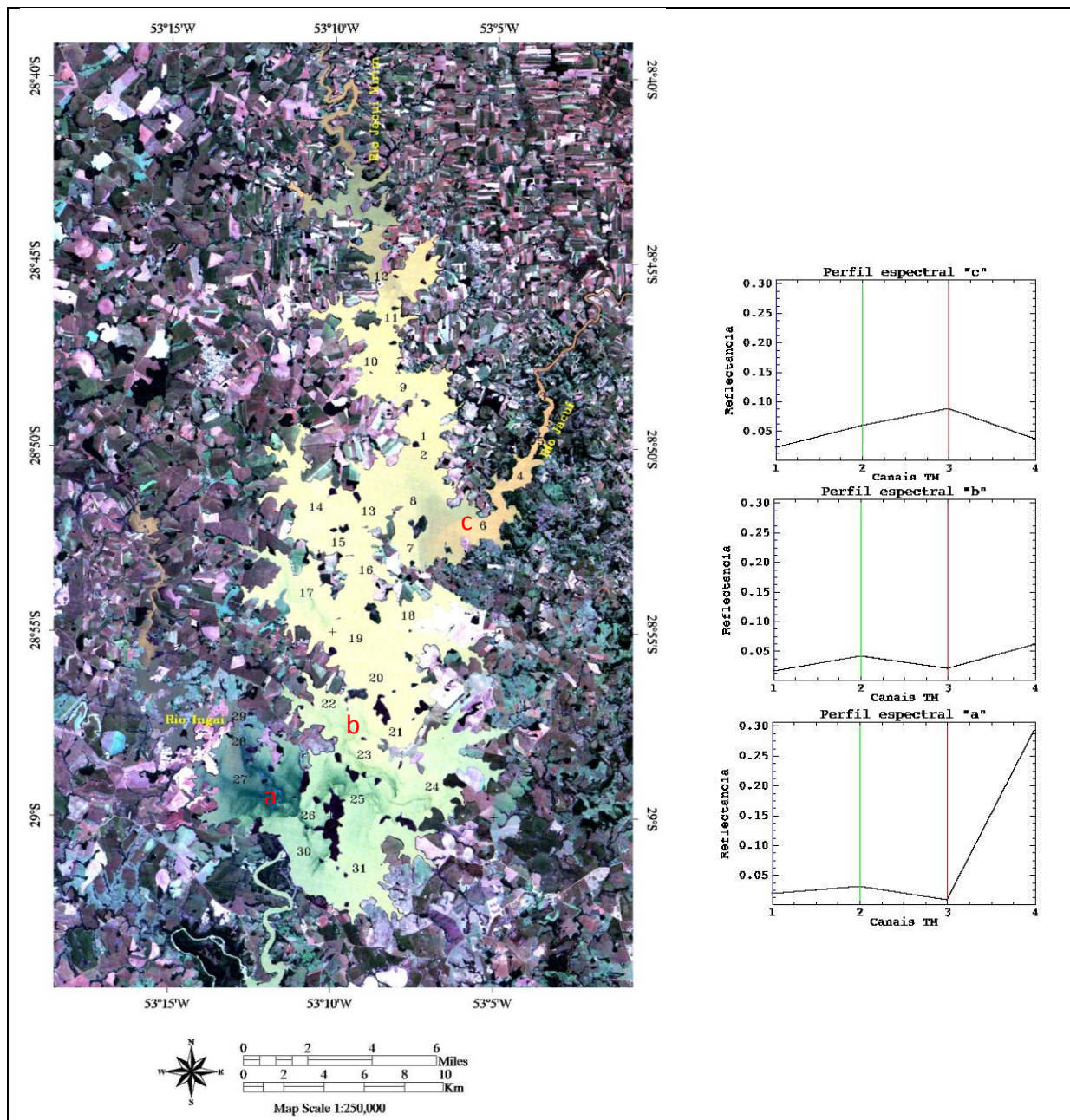


Figura 3 – Florações de algas no lago da UHE Passo Real – RS em “a” e água com resposta espectral típica de sólidos em suspensão em “c”. Imagem TM RGB321 de 13 de outubro de 2009. Os números indicam estações amostrais.

A resolução radiométrica contempla o número de níveis de cinza que representa a amplitude máxima de reflectância. Quanto maior este número, maior é sensibilidade em relação a variação de reflectância. Esta informação é muito importante principalmente em pesquisas que necessitam identificar sutis diferenças na reflectância.

A integração das características espectrais e espaciais permite, ainda, extrair informações adicionais em relação ao produto de uma única data ou de poucas datas. O uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês, *Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*) fornece informação da biomassa verde fotossinteticamente ativa da vegetação - para obtenção deste índice é utilizado as reflectâncias do vermelho e infravermelho próximo. No exemplo do uso do NDVI, apresentado na Figura 4, pode-se observar a variação deste índice no tempo. A Figura 4 representa o NDVI obtido aproximadamente a cada 15 dias, por um período de um ano e meio, a partir do sensor MODIS (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*). O experimento consistiu em identificar este índice em duas bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul, uma com aproximadamente 50% de floresta e outra com domínio de atividade agrícola, aproximadamente 75% de sua área destinada a culturas de ciclo curto. Uma informação que se observa a partir da Figura 4 é a oscilação do índice durante o ano. Na bacia hidrográfica com maior presença florestal, há diminuição do índice no período de inverno e aumento no verão. Este efeito é decorrente no menor fotoperíodo no inverno, menor elevação solar e em geral da menor atividade fotossintética da floresta. Na bacia hidrográfica agrícola observa-se que as oscilações de NDVI estão associadas as fases fenológicas das culturas. Apresentam dois períodos de elevação do índice, um no verão e outro no inverno. Estes dois períodos correspondem as fases de desenvolvimento vegetativo das culturas de verão e de inverno, respectivamente. Os períodos de menor índice correspondem aos períodos de entressafra.

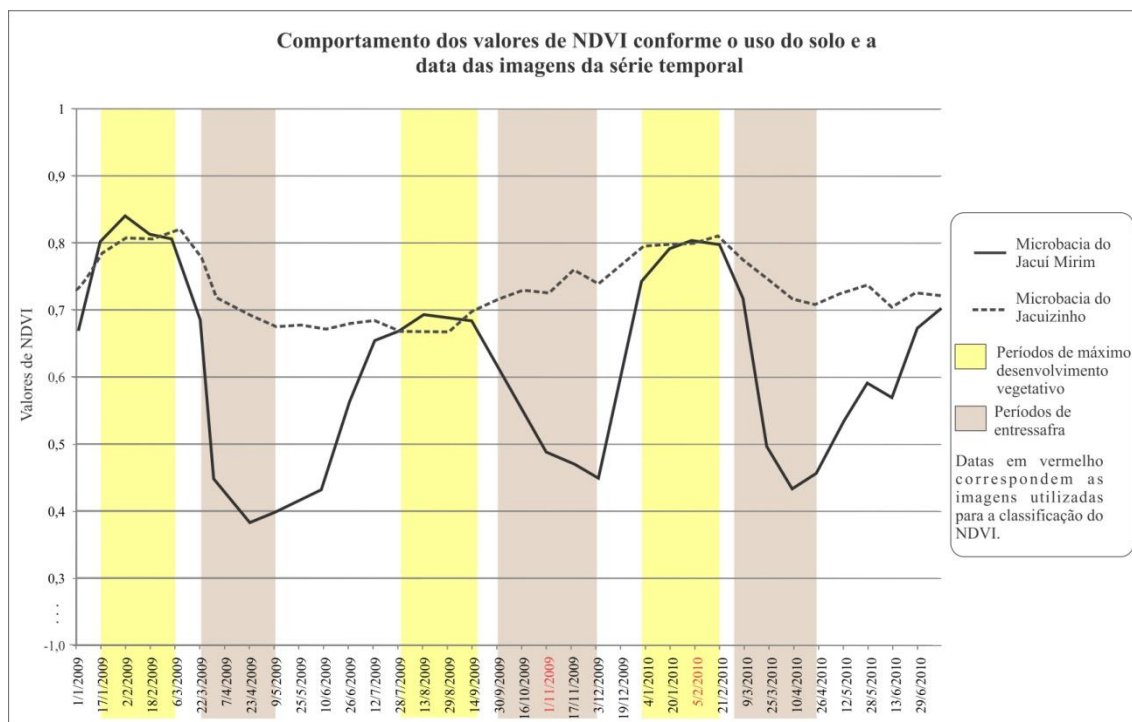


Figura 4 – Variação do NDVI em duas bacias hidrográficas com diferentes formas de uso da terra, uma com domínio agrícola (Jacuí Mirim) e outra com domínio florestal (Jacuizinho). Fonte: Gaida et al. (2012).

Destaca-se que a precisão do dado cartográfico é essencial a um bom desenvolvimento de projetos pesquisas ambientais e projetos empresariais. Neste sentido, é imperativo que os usuários de dados georreferenciados tenham um conhecimento mínimo sobre cartografia para que não haja o comprometimento no desenvolvimento de um projeto. Erros de sintaxe e de projeção cartográficas estão entre os mais comuns e são oriundos do desconhecimento ou despreocupação dos usuários de sistemas georreferenciados para com a importância cartográfica em projetos que envolvam banco de dados georreferenciados. Outra dificuldade observada consiste na natureza dos dados, os usuários de Cartografia e Sensoriamento Remoto precisam compreender as estruturas dos dados que utilizam para o uso eficiente de um banco de dados.

O sensoriamento remoto, devido aos seus domínios temporal, espectral, espacial e radiométrico, fornece excelentes condições ao desenvolvimento de projetos. Entretanto, sua característica sinótica é subaproveitada, o que muitas vezes pode restringir o uso potencial deste recurso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gaida, W.; Pereira Filho, W.; Wachholz, F.; Konrad, C. G. Dinâmica da vegetação e uso da terra com o uso do NDVI na bacia hidrográfica do Alto Jacuí. **Geo UERJ**, ano 14, nº 23, v 2. 2012. p 648-698.

Pereira Filho, W. et al. Relação entre clorofila a com perfil espectral e imagem de satélite no reservatório Passo Real – RS. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR** – Curitiba, PR, 30 abril a 05 de maio de 2011, INPE, P5433-540.