



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Uso do Sensoriamento Remoto multiespectral para determinação da variação de lâminas d'água das lagoas no município de Nísia Floresta, Rio Grande do Norte, Brasil

Welson Aialon Alcaniz dos Santos<sup>12</sup>

<sup>1</sup>Bacharel em geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; <sup>2</sup>Pós-graduando, gestão ambiental costeira, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. [welson\\_geo@yahoo.com.br](mailto:welson_geo@yahoo.com.br)

Artigo recebido em 12/12/2012 e aceito em 25/05/2013.

### RESUMO

Esse estudo objetivou analisar a variação da extensão superficial do sistema lacustre do município de Nísia Floresta, litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, utilizando imagens do satélite LANDSAT 5 - TM, dos anos 2000 e 2010. O referencial teórico do estudo baseou-se no conhecimento da literatura sobre os sistemas aquáticos interiores a partir de três visões científicas: a Limnologia, a Geografia e o Sensoriamento Remoto. Como metodologia para analisar a área, foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens, destacando os procedimentos de correção geométrica, correção atmosférica, realce radiométrico, composição colorida e classificação de imagens. Com base nos produtos gerados pelo processamento das imagens, datadas de 26/09/2000 e 06/09/2010, chegou-se ao mapeamento dos espelhos d'água para os respectivos anos, demonstrando que para o ano inicial, 2000, foi possível detectar uma área de 2.022,5ha, ou 13,4% das lagoas do município. Já para o último ano analisado, 2010, conseguiu-se detectar uma área de 1.476,6ha, correspondendo a 9,8% das lagoas. A diferença de 545,9ha é corroborada pela variação dos índices pluviométricos municipais dos anos 2000 e 2010, que são de 2034.0 mm e 910.6mm, respectivamente. Dentro do escopo, observou-se que existem lagoas que são influenciadas diretamente pelo regime pluviométrico, apresentando variações hídricas consideráveis chegando a secar parcialmente, ou totalmente em alguns casos, principalmente as localizadas próximas à região litorânea (lagoas interdunares) do município, onde existe a maior ocupação antrópica.

**Palavras-chave:** Geografia, LANDSAT 5 – TM, Limnologia, Sensoriamento Remoto.

## The use of multispectral remote sensing to determine the variation of water depths of lagoons in the city of Nísia Floresta, Rio Grande do Norte - Brasil

### ABSTRACT

This study aimed to analyze the variation of the superficial extension of the lacustrine system of Nísia Floresta City, southern coast of Rio Grande do Norte, Brasil, using satellite images from Landsat 5 - TM, from 2000 and 2010. The theoretical study was based on knowledge of the literature on the inner aquatic systems from three scientific views: Limnology, Geography and Remote Sensing. In the methodology used to analyze the area, were used techniques to process digital images, highlighting the procedures for geometric correction, atmospheric correction, radiometric enhancement, color composition and classification of images. Based on the products generated by processing the images of the dates of 26/09/2000 and 06/09/2010, it resulted in the mapping of the water mirrors for the respective years, showing that for the initial year, 2000, it was possible to detect an area of 2,022.5 h, or 13.4% of lagoons of the city, and for the last year, 2010, we were able to detect an area of 1,476.6 h, accounting for 9.8% of lagoons. The difference of 545.9 ha was corroborated by the local variation of rainfall in 2000 and 2010 that are 2034.0 mm and 910.6 mm, respectively. Within the scope, we observed that there are lagoons that suffer greater influence of rainfall, presenting considerable water variations, reaching out to dry partially, or completely in some cases, especially those located near the coastal area (interdune lagoons) of the city where there is a greater anthropic occupation.

**Keywords:** Geography, LANDSAT 5 – TM, Limnology, Remote Sensing.

## Introdução

O município de Nísia Floresta é uma área de extrema importância socioambiental para o Estado do Rio Grande do Norte, pois contempla duas unidades de conservação. A primeira é a Área de Proteção Ambiental – APA – Bonfim/Guaraíra, com extensão de 42.000 hectares, criada pelo decreto estadual nº 14.369 de 22/3/1999 e teve por objetivo ordenar o uso, proteger e preservar os ecossistemas Dunares, Mata Atlântica, Manguezais, Lagoas, Rios, e demais recursos hídricos e as espécies vegetais e animais. A outra unidade de conservação encontrada no município é a Floresta Nacional de Nísia Floresta – FLONA – com extensão de 175 hectares, criada pela portaria federal Nº 445 de 16/08/1989. (IDEMA, 2008)

O complexo de lagoas inseridas dentro da APA Bonfim-Guaraíra, distante 35 km da capital do Estado, Natal, tem por maior expressão em área a Lagoa do Bonfim, onde esta representa a maior fonte de alimentação do sistema de adutoras do Estado. A principal delas, a adutora Agreste/Trairi/Potengi, possui 315 km de extensão e deverá atender uma população de aproximadamente 220.000 pessoas no interior do Estado até o final da sua construção em 2016. (Pereira et. al, 2002).

Dessa forma, o município ora citado apresenta uma importância ecológica, econômica e social, na região leste do Estado. Diversos estudos acadêmicos abordando as características ambientais têm sido elaborados nessa porção do litoral do Estado, em especial

nas áreas lagunares e lacustres no município de Nísia Floresta.

A aplicação do Sensoriamento Remoto (SR) ao estudo do ambiente aquático, é uma constante dentro das ciências ambientais em todo o mundo. No Brasil, há uma larga aplicação do SR para analisar a qualidade dos corpos d'água em diversos ambientes, sejam eles rios, lagos, lagoas ou reservatórios artificiais. Um exemplo consolidado, dentro da temática em questão, é o projeto realizado pelo Ministério da Integração Nacional, Agência Nacional de Águas (ANA) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) que fez o levantamento dos espelhos d'água acima de 20 hectares de todo o País utilizando o SR. A metodologia empregada por esse projeto teve como princípio a aplicação temporal de imagens CBERS dos anos de 2000 a 2007, realizando o processamento digital dessas imagens e utilizando as melhores bandas para uma melhor resposta espectral dos corpos d'água, desta forma conseguiram extrair informações quantitativas das áreas, que culminou em um banco de dados e o mapeamento final dos espelhos d'água de todo o País. (FUNCEME, 2008)

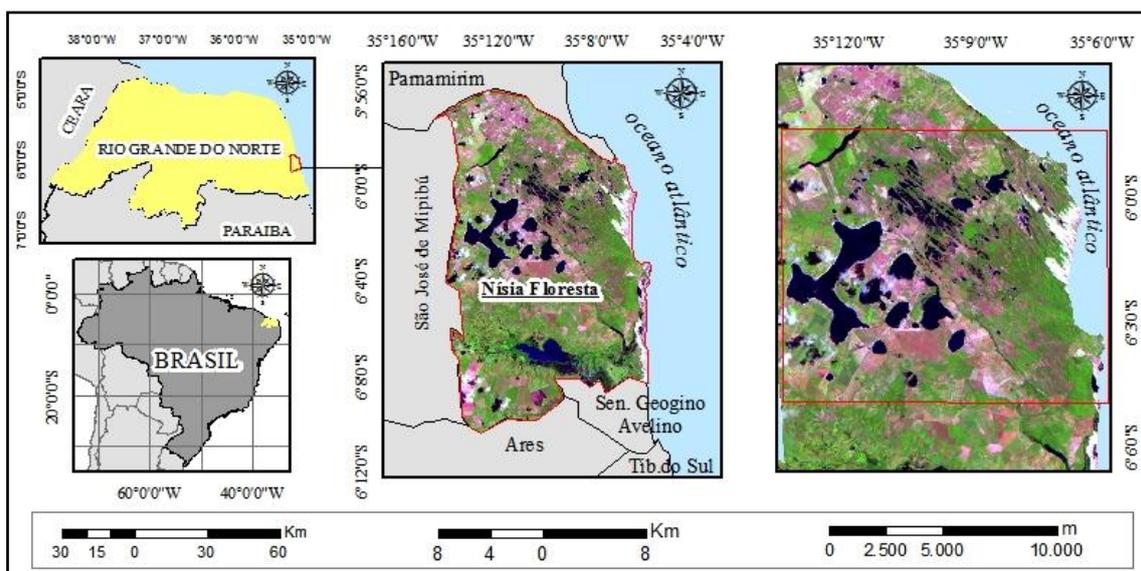
Mesmo com todos esses recursos técnicos e científicos na atualidade, ainda há pouco estudo em relação à variação superficial das lagoas do Nordeste brasileiro, em especial do Rio Grande do Norte. A busca por técnicas alternativas para analisar

fenômenos qualitativos e quantitativos das lagoas torna-se uma crescente, principalmente nos órgãos ambientais do Estado. Desta forma, esse estudo utilizou o Sensoriamento Remoto multiespectral como ferramenta e aplicaram-se técnicas de processamento digital de imagem (PDI) para entender a dinâmica superficial das lagoas e propor, posteriormente, medidas de uso, ocupação e gestão do sistema hídrico de Nísia Floresta.

O sistema de lagoas do Município estudado possui dinâmicas peculiares, pois parte destas lagoas são de caráter perene, ou seja, permanecem a maior parte do tempo com seu nível hidrostático com pouca variação, em contrapartida há um número expressivo de lagoas intermitentes, ou seja, lagoas que se formam e ganham maior representatividade no período chuvoso, que vai de março a agosto, durante o inverno da região leste potiguar. Ainda segundo as características geográficas locais, o sistema lacustre possui dinâmicas geológicas e geomorfológicas distintas em algumas áreas. No que concerne ao aspecto geomorfológico, o sistema lacustre de Nísia Floresta está compreendida dentro de uma Planície Lacustre, que é uma área plana resultante de processos de acumulação lacustre,

comportando lagos, cordões arenosos e diques marginais. Ocorre associada aos grandes sistemas fluviais e aos vales de origem neotectônica. (Oliveira, 2011; IBGE, 2009). As lagoas situadas próximas ao litoral sofrem grande influência dos cordões de dunas datadas do quaternário, onde formam as chamadas lagoas interdunares a partir da resurgência do lençol freático local. (Oliveira, 2011; Nunes, 2006). Já as lagoas da porção central do Município tem uma grande influência macroestrutural, a partir do seu sistema de falhas geológicas com rochas, predominantemente, do terciário superior. (Pereira et. al, 2002)

Do ponto de vista climático, de acordo com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte, IDEMA (2008) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte, EMPARN (2010), predomina no litoral leste do Estado o clima tropical chuvoso, com estações bem definidas (inverno e verão), o período chuvoso na área de estudo estende-se de março a agosto (inverno) e com diminuição na quantidade de chuva nos meses de setembro a fevereiro (verão).



**Figura 1:** Localização da área de estudo dentro do contexto nacional e local, destacando o complexo de lagoas inseridas no município de Nísia Floresta – RN, evidenciado-as partir de imagens do satélite LANDSAT 5 – TM em RGB 547, datada de 26/09/2000. Fonte: INPE, 2011; IBGE, 2010. Elaboração: O autor.

## Material e Métodos

Para o estudo foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 5 – TM datadas de 26/09/2000 e 06/09/2010 com passagem pela órbita 214 – ponto 64, as quais foram adquiridas através dos critérios de menor recobrimento de nuvens possível dentro da área de estudo, qualidade radiométrica e espectral e data de passagem (dia e mês) aproximada. A partir da aquisição das imagens gratuitas através do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foram realizados os procedimentos de processamento digital de imagens (PDI) em ambiente SIG para extrair as informações qualitativas e quantitativas da área.

Após o trabalho de processamento digital das imagens, foi realizado o mapeamento do sistema lacustre em questão para extrair os resultados quantitativos da área de estudo. Para que pudéssemos comparar os

valores de cada imagem, ou seja, do ano 2000 e 2010 utilizou-se como prerrogativa para a comparação, sobre o ponto de vista analítico, os dados de precipitação local adquirido através da EMPARN, 2010, referente à mesma data das imagens. Os dados foram tabulados a fim de se conhecer os valores máximos, médios e mínimos dos níveis de precipitação Municipal. A coleta dos índices pluviométricos foi fundamental, uma vez que se fizeram necessários para o entendimento da dinâmica hídrica superficial.

### Processamento digital das imagens

Esta etapa da pesquisa correspondeu à manipulação da imagem via computador, de modo que a entrada e a saída do processo sejam imagens, com o objetivo de extrair o aspecto visual de certas feições estruturais, proporcionando maior facilidade na análise das informações. Essas técnicas de processamento são agrupadas em três

conjuntos: **pré-processamento, realce e classificação**. Esses recursos foram usados na pesquisa e serão citadas nos itens a seguir.

### Georreferenciamento das Imagens

O procedimento de georreferenciamento, ou correção geométrica, seguiu o padrão metodológico sugerido por Florenzano (2011) através da utilização do mosaico de imagens Landsat da NASA (<https://zulu.ssc.nasa.gov.mrsid>), do quadrante S-25-05\_2000 devido a sua qualidade e acurácia, ideal para georreferenciamento de imagem de média resolução, como o caso das utilizadas nesta pesquisa. Desta forma, adotou-se como procedimento para o georreferenciamento imagem x imagem, a técnica de coleta de Pontos de Controle e sua retificação através de uma equação polinomial de 1ª ordem, dentro do SIG Quantum GIS 1,7. Foi utilizada uma média de 20 pontos de controle para cada imagem, com valores de erro médio quadrático (RMS) inferiores a 10, como preconizado pelo INPE/DGI (2011). Assim, os valores com maior RMS foram descartados e utilizados outros pontos para substituí-los. As imagens foram georreferenciadas no sistema de coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM) com Datum horizontal SIRGAS 2000, Zona 25s.

### Correção Atmosférica

Para realizar a correção atmosférica das imagens utilizou-se a técnica da subtração do *pixel* escuro, pois esta requer somente que tenhamos informações contidas nos dados da imagem digital. Esta técnica, conhecida como método de Chaves, ou **Dark Object Subtraction**, envolve a subtração de um valor constante de **Digital Number**, da imagem inteira, supondo também um valor constante de neblina por toda a imagem. Este método parte da premissa de que há na imagem alguns poucos *pixels* pretos, decorrentes das atividades de sombras da topografia ou de nuvens, supondo que estes deveriam ter valor de **Digital Number** igual a zero, ou seja, de reflectância nula (Chaves, 1988 *Apud* Affonso, 2001). Desta forma, aplicou-se o procedimento supracitado nas duas imagens em análise do estudo, extraindo-se assim seus respectivos histogramas, contendo os valores das correções atmosféricas dentro da área de estudo.

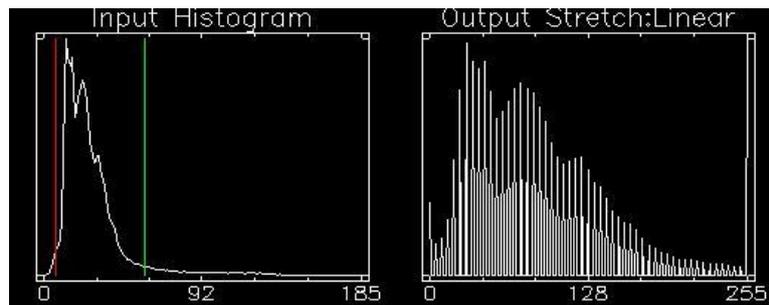
### Realce Radiométrico das Imagens

Foi utilizada a técnica de realce denominada **ampliação linear de contraste**. Essa ferramenta é simples e eficiente para destacar objetos e feições. Consiste em expandir a distribuição dos dados originais (concentrados em um pequeno intervalo) para todo o intervalo possível, por exemplo, para 255 níveis em imagens de oito *bits*, o que aumenta o contraste da imagem. O valor mínimo e máximo desse intervalo é transformado, respectivamente, em zero e 255

(em imagem de 8 bits), sendo todos os demais níveis de cinza da imagem distribuídos **linearmente** entre zero e 255. Nessa transformação, há uma perda de informação significativa se houver saturação. (Florenzano, 2011)

O contraste da imagem refere-se à distribuição dos níveis de cinza (NC's) no

intervalo radiométrico. Para um determinado sensor, o contraste depende da assinatura espectral dos objetos presentes na cena imageada e varia com o comprimento de onda. Geralmente, os valores registrados pelo sensor ocupam uma pequena parte do intervalo possível de valores (IBGE, 2001; INPE, 2011).



**Figura 2:** Exemplo de realce radiométrico linear aplicado a banda 2 do LANDSAT 5 - TM. Fonte: : INPE, 2011; PDI realizado pelo Autor.

### Composição Colorida

O procedimento de composição colorida é uma técnica que permite ao interprete de uma imagem, reconhecer de forma mais fácil os alvos que este deseja identificar, uma vez que o olho humano consegue distinguir cem vezes mais as cores do que tons de cinza, para isso utiliza-se o procedimento denominado de composição colorida falsa-cor. (Lastoria et. al. 2008; Florenzano, 2011). Para a visualização do ambiente Lacustre foram usadas as bandas correspondentes a faixa espectral do infravermelho médio, infravermelho próximo e visível, para desenvolver as composições coloridas. Desta forma, geraram-se

composições coloridas falsa-cor em RGB 547 e composições coloridas em RGB 321 para distinguir o ambiente estudado dos demais elementos que os circundam.

### Classificação da Imagem

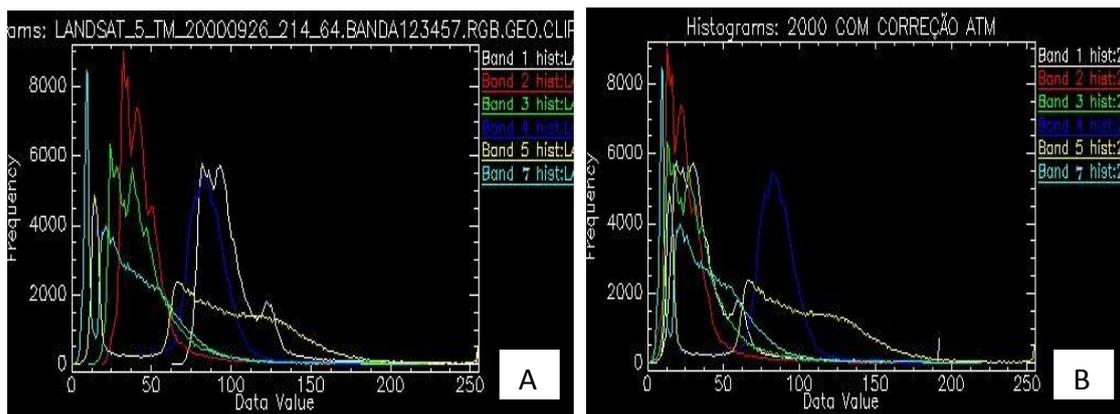
Para analisar a área estudada, especificamente o conjunto de Lagoas, optou-se pela classificação automática não supervisionada. Está técnica foi escolhida devido à heterogeneidade de feições que a área apresenta sendo inviável, portanto, uma classificação automática supervisionada. O procedimento de classificação automática não supervisionada não requer um trabalho inicial de treinamento do sistema, porém o usuário

deverá ser capaz de reconhecer as classes criadas pelos algoritmos de classificação não supervisionada. A parte de treinamento não supervisionado usado na pesquisa é chamada de agrupamento (clustering), porque é baseada no agrupamento natural dos *pixels* na imagem pela sua similaridade. Estes agrupamentos, que também podem ser chamados de nuvens, são automaticamente identificados e usados como área de treinamento para classificação. (Crósta, 1992; Schrader & Pouncey, 1997 *apud* Lastoria et al, 2008).

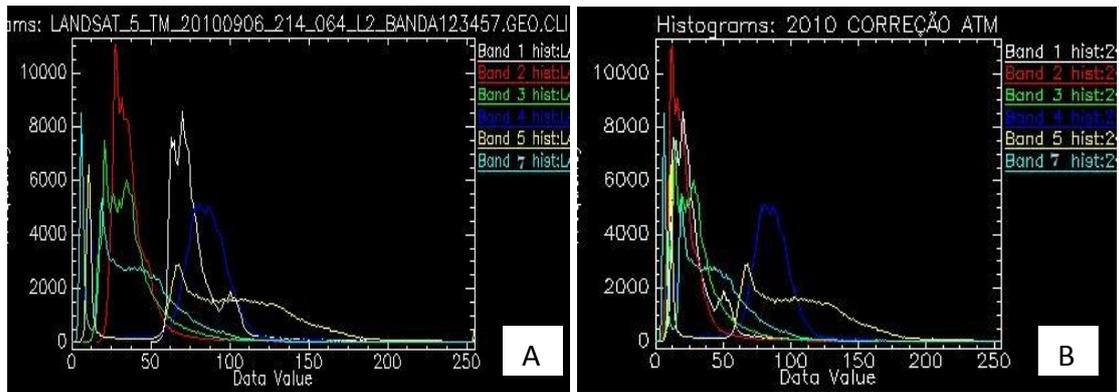
### Resultados e Discussão

Como destacado anteriormente, o procedimento de correção atmosférica baseado no método de subtração do pixel escuro parte da premissa de que há na imagem

alguns poucos *pixels* pretos, decorrentes das atividades de sombras da topografia ou de nuvens, supondo que estes deveriam ter valor de DN igual a zero, ou seja, de reflectância nula (AFFONSO, 2001 *Apud* CHAVES, 1988). Sendo assim, os valores dos níveis de cinza para as bandas 1, 2 e 3 das imagens que foram comparadas (2000 e 2010) obtiveram êxito dentro do que é preconizado pelo método supracitado, pois mostraram uma redução nesses valores, chegando a zero, nas duas imagens comparadas. Diferentemente, as bandas 4, 5 e 7 apresentaram valores de entrada/*input* e saída/*output* iguais, como visto em seus respectivos histogramas (Figuras 3 e 4) demonstrando que o procedimento não obteve o mesmo êxito se comparado com as bandas da faixa do visível.



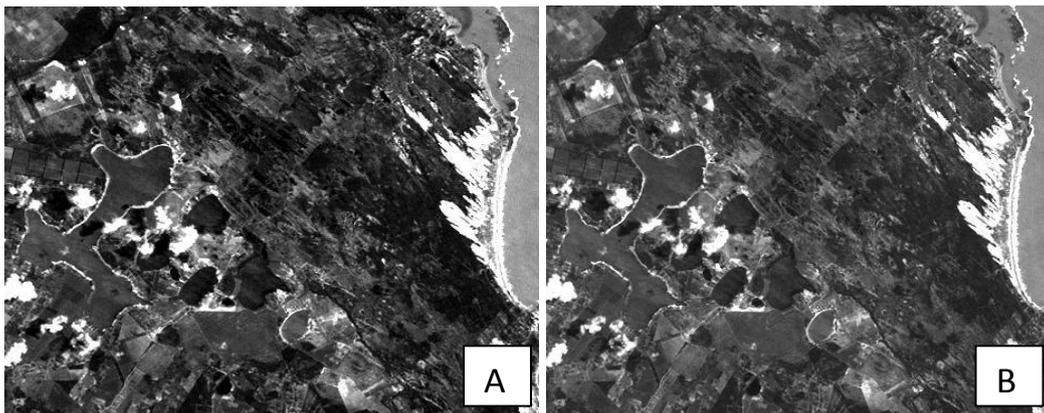
**Figura 3:** Histogramas referentes ao procedimento de correção atmosférica para a imagem LANDSAT 5 - TM, datada de 06/09/2000. (A) imagem sem correção ATM; (B) imagem com correção ATM. Fonte: : INPE, 2011; PDI realizado pelo Autor.

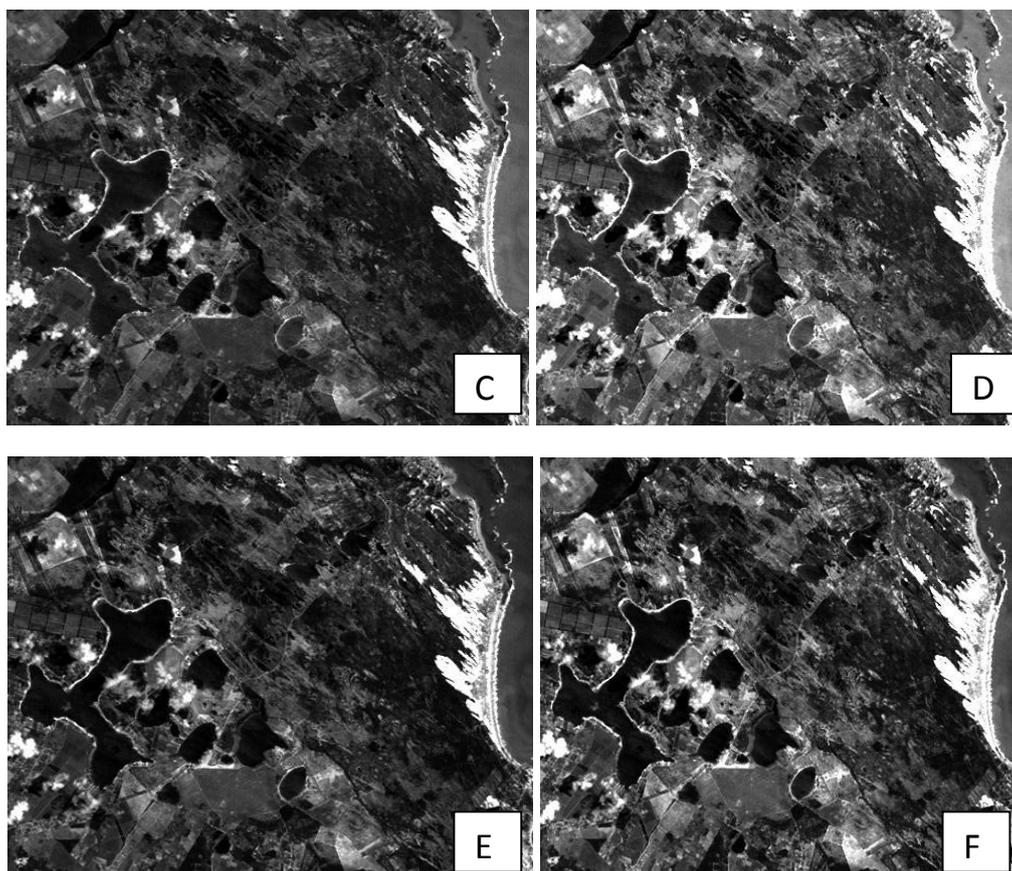


**Figura 4:** Histogramas referentes ao procedimento de correção atmosférica para a imagem LANDSAT 5 - TM, datada de 26/09/2010. (A) imagem sem correção ATM; (B) imagem com correção ATM. Fonte: : INPE, 2011; PDI realizado pelo Autor.

A aplicação do realce radiométrico nas imagens analisadas foi satisfatória, pois possibilitou expandir os níveis de cinza dos dados originais (concentrados em um pequeno intervalo) para todo o intervalo possível de 255 níveis de cinza dessa imagem de oito *bits*, aumentando o contraste da imagem. Desta maneira, demonstrou-se na análise comparativa das imagens (2000 e 2010) a

partir do procedimento de realce linear uma ótima visualização da área de estudo, destacando as áreas das Lagoas. Ressalta-se a boa distribuição dos níveis de cinza nas bandas do visível, (1, 2 e 3) que apresentaram melhoramento significativo da imagem, permitindo uma melhor análise da área. (Figura 05)





**Figura 5:** Imagens correspondentes às bandas 1, 2 e 3 do LANDSAT 5 – TM que obtiveram os melhores resultados com a aplicação do realce radiométrico. Com destaque para as imagens A, C e E das bandas 1, 2 e 3, respectivamente, sem a aplicação do realce radiométrico; em B, D e F das bandas 1, 2 e 3, respectivamente, com a aplicação do realce radiométrico. Fonte: INPE, 2011; PDI realizado pelo Autor.

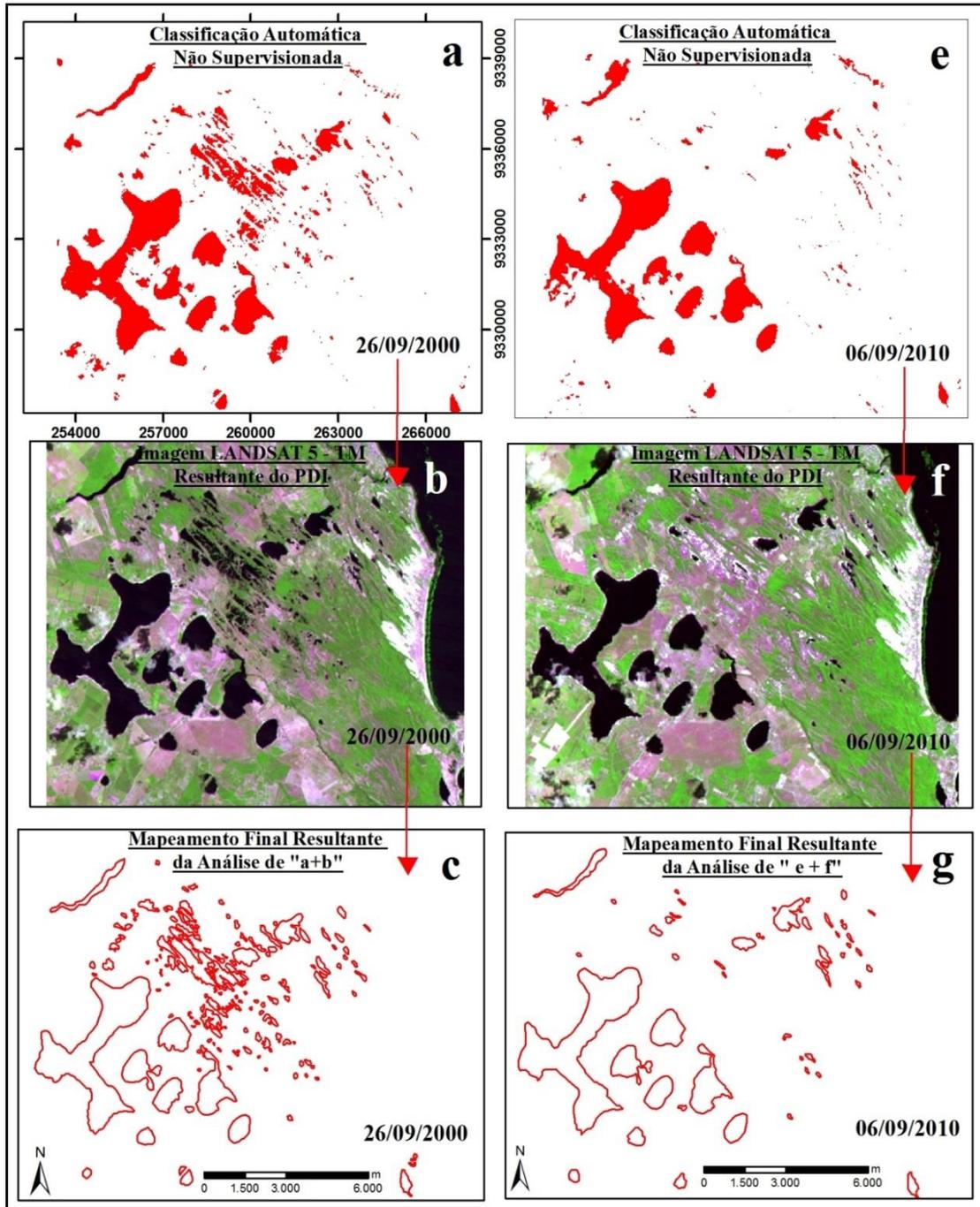
A composição colorida falsa-cor em RGB 547 nos deu uma dimensão da estrutura física da área, realçando o relevo, principalmente a leste da área de estudo representado pelas Dunas (fixas e móveis) bem como evidenciou as áreas adjacentes às Lagoas demonstrando as áreas de culturas agrícolas. Já a composição colorida RGB 321 foi importante, pois permitiu observar as características particulares de cada Lagoa, como o sedimento que as circunda, ainda facilitou a interpretação dos limites de cada Lagoa devido à proximidade das mesmas.

A classificação automática não supervisionada de imagem gerou uma série de 12 classes automáticas onde foi possível visualizar áreas homogêneas das lagoas, bem como ressaltou o sistema de dunas móveis e fixas que ocorrem dentro da área de estudo, além de dar destaque às atividades agrícolas nas áreas adjacentes ao sistema lacustre Municipal. Destacando que por se tratar de um procedimento automático para classificar as imagens e não necessitar de áreas de treinamentos, a classificação apresentou em algumas áreas informações inconsistentes, no que se refere ao sistema lacustre, devido a

sombras de algumas nuvens e brumas, classificando algumas regiões que não faziam parte do sistema. Igualmente, devemos destacar que esse procedimento de classificação foi de total importância para visualizar áreas que até então não tinham sido

identificadas pelas imagens e suas composições coloridas.

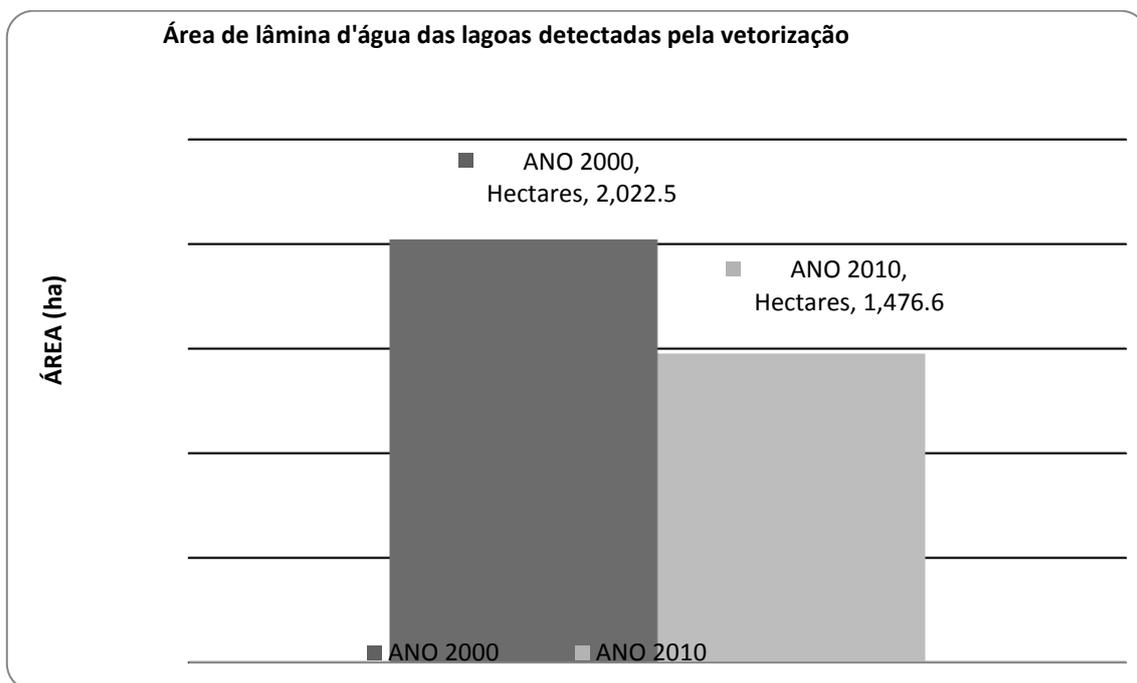
Depois de aplicados os processamentos digitais nas imagens dos anos 2000 e 2010, foi realizado a vetorização destas, onde extraiu-se os valores das lâminas d'água para os respectivos anos. (Figura 06)



**Figura 6:** Metodologia realizada para mapear as lâminas d'água do sistema lacustre de Nisia Floresta a partir dos produtos gerados pelo processamento digital de imagem. Fonte: INPE, 2011; PDI realizado pelo Autor.

Após a vetorização do sistema lacustre baseado no resultado do processamento digital das imagens para cada ano analisado, foi possível detectar uma área de 2.022,5 hectares de lagoas para a imagem LANDSAT 5 – TM do ano 2000, que corresponde a 13,4% da área total de estudo; para a imagem do ano de 2010, foi possível

detectar uma área de 1.476,6 hectares, que corresponde a 9,8% da área de estudo. A diferença de 545,9 hectares pôde ser corroborada pelos índices pluviométricos para os respectivos anos, que foram de 2034,0 mm para o ano 2000 e 910,6mm para o ano de 2010.



**Figura 7:** Valores em hectares obtidos pela vetorização das imagens após o processamento digital para as lagoas de Nísia Floresta para as datas de 06/09/2000 e 26/09/2010.

### Conclusões

Os resultados obtidos pelos processamentos digitais das imagens do ano 2000 e 2010, bem como pela vetorização da área estudada demonstraram que há uma variação significativa na extensão superficial da lâmina d'água das lagoas, mais precisamente 545,9 hectares, entre as análises das imagens. Essa variação está relacionada diretamente com os níveis de chuvas na

região, pois os dados relativos aos índices pluviométricos, segundo a EMPARN (2010), demonstram que do ano 2000 a 2008 os índices pluviométricos mantiveram-se dentro dos padrões esperados, com valores médios mensais de 169,5 mm em 2000 e 174 mm em 2008. Porém, a partir dessa última data os níveis de chuva da região diminuíram consideravelmente, atingindo um valor médio

de 75,9 mm para a data de 2010, o que é corroborado pela análise da imagem com a mesma data.

A área de maior variação superficial de lâmina d'água está exposta na região central do município de Nísia Floresta, denotando tratar-se de uma área que requer cuidados especiais de proteção no sentido de mantê-la como uma área de regulação de regime hidrológico sujeita a inundações em períodos chuvosos. Também deve-se rever as formas de uso desta área a fim de propor políticas relacionadas a preservação dos recursos hídricos para melhorar a distribuição, qualidade e consumo.

Finalmente, a utilização dos dados de Sensoriamento Remoto, bem como os produtos gerados, mostraram-se eficazes para estudos dessa natureza, podendo ainda ser utilizado imagens com melhor resolução espacial e espectral, por exemplo, e com menor cobertura de nuvens, para ampliar o rol de informações sobre a temática. Portanto, considera-se que esse estudo serviu de base para que possa ser aplicado sobre outros estudos relacionados aos recursos hídricos na região, tendo o Sensoriamento Remoto multiespectral como uma das ferramentas para compreender tais fenômenos hidrológicos de superfície.

## Referências

- Affonso, Adriana. (2002). Introdução ao Geoprocessamento e ao Sensoriamento Remoto. Estágio docência, Programa de Pós-Graduação Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Universidade de Taubaté - UNITAU, SP. 2002.
- EMPARN – (2010). Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte. Dados de índices pluviométricos, município de Nísia Floresta – RN. Dados das normais climatológicas, 1963 a 2010.
- Filho, Antonio Conceição Paranhos; Lastoria, Giancarlo; Torres, Thais Gisele. (2008). Sensoriamento Remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias. Campo Grande, MS. Ed. UFMS.
- Florenzano, Teresa Gallotti. (2011). Iniciação em Sensoriamento Remoto/ Teresa Gallotti Florenzano. 3ª Ed. Ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos.
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2008). Ministério da Integração Nacional, Agência Nacional das Águas. Mapeamento dos espelhos d'água do Brasil. Fortaleza: Funceme, 108p.
- IBGE. (2001). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Introdução ao Processamento Digital de Imagens. Manuais técnicos em Geociências – número 9. Rio de Janeiro.
- IBGE. (2009). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de geomorfologia. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE. (Manuais Técnicos em Geociências, n.5).
- IDEMA (2008). Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte; Perfil Sócio-econômico do Município de Nísia Floresta/RN, p.1-24.
- INPE. (2011). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O satélite Landsat. ATUS – Atendimento ao usuário – DGI – Divisão de geração de imagens. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/html/landsat/html>. Acessado em 15/12/2011.
- NASA – National Aeronautics and Space Administration. Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+)

Compressed Mosaics. Disponível em: <[https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/docs/GeoCover\\_circa\\_2000\\_Product\\_Description.pdf](https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/docs/GeoCover_circa_2000_Product_Description.pdf)> Acesso em: 28/12/ 2011.

Nunes, Elias. (2011). Geografia Física do Rio Grande do Norte. 1. Ed. Natal: Imagem Gráfica, 2006.

OLIVEIRA, (2011). Frederico Fonseca Galvão de. Aplicação das Técnicas de Geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral do Rio Grande do Norte. Tese (Doutorado em Geociências e meio ambiente), programa de Pós-Graduação em Geociências e meio ambiente, UNESP, Rio Claro - São Paulo.

Pereira, Roberto; Junior, Gerson C. da Silva; Junior, João Abner Guimarães. (2002).

Considerações a Respeito da Hidrologia e Geologia Estrutural da Região da Lagoa do Bonfim – RN, *Revista de Geologia*. Vol. 15: pag. 131-139.

Santos, Welton Aialon Alcaniz dos. (2012). Sensoriamento remoto multiespectral para análise da variação das lâminas d'água das lagoas do Município de Nísia Floresta - RN, Brasil. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Natal - RN.

SEMARH. (2008). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos; Perfil Socioeconômico do Município de Nísia Floresta/RN, p.1-24.