



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

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



## USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA DETECÇÃO DE MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS DAS ÁREAS DE VEGETAÇÃO DE MANGUE EM PERNAMBUCO

Johnny Mayron Santana Ferreira<sup>1,2</sup>; Pedro dos Santos Ferreira<sup>1,2</sup>; Ygor Cristiano Brito Morais<sup>1,3</sup>; Viviane Pedrosa Gomes<sup>1,2</sup>; Luciana Mayla de Aquino França<sup>1,4</sup>; Josicléda Domiciano Galvínio<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco – UFPE; <sup>2</sup> Graduando em Geografia Licenciatura, E-mail: johnnymayron@hotmail.com; pedro\_spe@hotmail.com; vivigomes3406@hotmail.com; <sup>3</sup> Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, E-mail: ygor\_cristiano@hotmail.com; <sup>4</sup> Graduando em Geografia Bacharelado, E-mail: lucianamayla@hotmail.com; <sup>5</sup> Doutora em Recursos Naturais e Professora Adjunto IV do Departamento de Ciências Geográficas; E-mail: josicleda@hotmail.com.

Artigo recebido em 12/06/2013 e aceito em 27/09/2013

### RESUMO

Os manguezais são de elevada importância pois apresentam alta produtividade biológica, alto valor cultural, social e econômico. O estado de Pernambuco vem passando pelos últimos anos por elevado crescimento econômico e esse crescimento tem ocorrido em áreas de manguezais. Diante do exposto, o objetivo deste estudo é utilizar técnicas de sensoriamento remoto para detectar as mudanças espaço temporais ocorridas nos manguezais localizados nos arredores das instalações do complexo industrial e portuário de Suape. Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para detecção das mudanças espaços temporais. Nota-se que as técnicas de sensoriamento remoto são úteis e eficazes na detecção de mudanças espaço temporais. O NDWI apresentou correlação com a vegetação de mangue e indicaram que houve degradação da mesma em alguns pontos principalmente os próximos as instalações do complexo industrial e portuário de Suape, visto que a umidade destas áreas diminuiu.

**Palavra-chave:** sensoriamento remoto, manguezal, Suape, Pernambuco, Brasil.

## USE OF TECHNIQUES OF REMOTE SENSING OF TEMPORARY SPACE CHANGE DETECTION IN AREAS OF MANGROVE IN PERNAMBUCO

### ABSTRACT

Mangroves are of high importance due to the high biological productivity, high value cultural, social and economic. The state of Pernambuco has been going the last few years by high economic growth and this growth has occurred in swamp areas. Given the above, the objective of this study is to use remote sensing techniques to detect spatial and temporal changes occurring in the mangroves located in the vicinity of the premises of the industrial and port complex of Suape. We used remote sensing techniques to detect changes timelines. Note that the remote sensing techniques are useful and effective in detecting spatial and temporal changes. The NDWI correlated with mangrove vegetation and indicated that degradation was the same in some points especially near the premises of the industrial and port complex of Suape, since moisture in these areas decreased.

**Keywords:** remote sensing, mangrove, Suape, Pernambuco, Brazil.

## Introdução

Os manguezais são ecossistemas costeiros que se desenvolvem nas áreas de transição entre os ambientes marinho e terrestre, e são, em geral, distribuídos nas regiões tropicais (Espinoza, 2008; Silva, 2012; Coelho, 2013). No Brasil, esses ecossistemas são distribuídos em quase todo o litoral, seguindo desde o norte do estado do Amapá (4° N) até o sul de Santa Catarina (29° S) (Braga et al 1989; Coelho, 2013).

As áreas de manguezais são de elevada produtividade biológica devido à presença de variados ecossistemas, equilíbrio físico-químico e ecológico das áreas costeiras e tem alto valor cultural, social e econômico, principalmente, para as famílias que o utilizam como fonte de subsistência (Braga et al, 1989; Souza et al, 1996; Pereira et al 2006; Silva et al, 2006; Carneiro et al, 2008; Espinoza, 2008; Silva, 2012; Coelho, 2013).

Apesar de toda a importância desse ecossistema, o mesmo vem sendo deteriorado, total ou parcialmente, através das ações antrópicas para: expansão urbana, seja para ocupação, seja para o turismo; construções de áreas industriais; construções portos de diversas dimensões; criação de áreas de extrativismo mineral; etc. Além disso, vale destacar a exploração predatória da fauna e flora, criação de depósitos de lixo, obras de

aterro, dragagem e represamento (Braga et al 1989; Pereira et al 2006).

Os estudos realizados a respeito destes ecossistemas são provenientes de diversas ciências que se utilizam de métodos, técnicas e instrumentações cada vez mais sofisticados e precisos. Analisando este aspecto um destaque é dado ao sensoriamento remoto, pois, embora seja considerado por alguns autores enquanto uma ciência (p. ex. Mather (1987); Lillesand & Kiefer (1994); JENSEN (2009)), ele vem sendo largamente utilizado como uma ferramenta ou técnica em várias ciências a exemplo: a geografia, a ecologia, a geologia, a hidrologia.

Seguindo adiante Florenzano (2011, p. 96) ainda acrescenta que: “As imagens de sensores remotos, como fonte de dados sobre os ambientes terrestres, são um recurso que facilita tanto o estudo do meio ambiente como a prática da interdisciplinaridade”.

Blasco (1998) destaca que o sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta padrão na gestão e monitoramento dos ecossistemas de mangues. Vaiphasa et al (2005) afirmam que o sensoriamento remoto pode ser aplicado com sucesso em três aspectos da gestão de mangue: inventário de recursos, detecção de mudanças, e seleção e inventário dos sítios de aquicultura.

Coelho (2013) evidencia que a primeira estimativa da área ocupada por

manguezais no estado de Pernambuco, foi realizada por Coelho e Torres (1982), porém, a mesma indica que a primeira pesquisa com análise espaço temporal foi de Braga et al (1989), destacando-se como trabalho pioneiro sobre o assunto em Pernambuco. Em seu trabalho, Braga et al (1989) detectaram que com as primeiras instalações do porto Suape entre as décadas de 70 e 80 do século XX o manguezal da área sofreu uma forte degradação devido a ações antrópicas, já supracitadas, entretanto, áreas de manguezal próximas à Suape que não tinham contato com o seu projeto de instalação não sofreram degradação proveniente do mesmo e se encontram em processo de regeneração, provavelmente em virtude da degradação oriunda da população de pescadores (Braga, 1989).

Trabalhos mais recentes como os de Silva (2012), Coelho (2013) e Ferreira et al (2013) utilizaram técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, através da geração de diversos índices de vegetação, afim de detectar mudanças nas áreas com ocorrência de manguezais e obtiveram êxito, conforme seus objetivos, demonstrando a eficiência do sensoriamento remoto nas análises deste ecossistema. Esses autores utilizaram em seus trabalhos índices como o albedo da superfície, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e o NDWI (Normalized Difference Water Index), que

fazem parte do Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) que é um algoritmo utilizado globalmente para obtenção de diversos fluxos de energia (Bastiaanssen et al, 1998 A, B; Bastiaanssen, 2000; Morse et al, 2000; Morse et al, 2001; Allen et al, 2002).

Nesse contexto em união à conjuntura do Porto de Suape ter sido transformado em um complexo industrial e portuário (CIP) e essa ação antrópica causar degradação ao ambiente, este trabalho tem como objetivo utilizar técnicas de sensoriamento remoto para detectar as mudanças espaço temporais ocorridas nos manguezais localizados nos arredores das instalações do CIP de Suape.

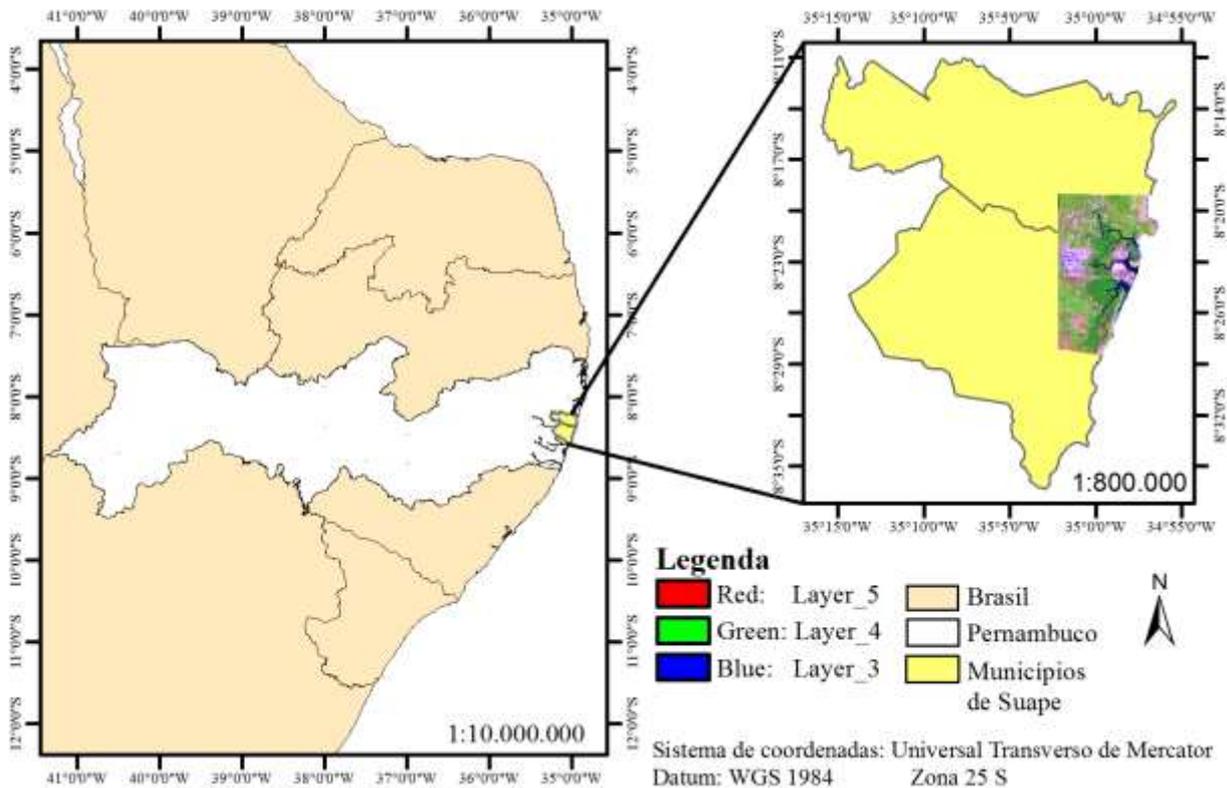
## **Material e métodos**

### **Caracterização da área de estudo**

O complexo industrial e portuário de Suape, tal como o manguezal do mesmo, esta localizado entre os municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca do estado de Pernambuco (Figura 1). A área esta introduzida no estuário dos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe no sentido norte-sul. Está inserida numa planície de origem sedimentar denominada Planície Costeira de altitudes variantes entre 0 e 10 metros. A vegetação predominante no local de estudo é o manguezal, porém, podem ser avistadas restingas remanescentes de mata atlântica em alguns pontos (CPRH, 2001), além disso, há

grandes áreas com predominância da monocultura de cana-de-açúcar. O clima da região é tropical úmido com precipitações mais concentradas entre o outono e o inverno – a classificação de Koppën define o clima como As' com chuvas de inverno antecipadas no outono. Tem média de precipitação anual

de 2300 mm<sup>3</sup>, temperatura média anual de 25° C além de mínimas e máximas de 19 e 32 °C conforme os dados do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (Figura 2).



**Figura 1.** Mapa de localização do complexo industrial e portuário de Suape nos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca.

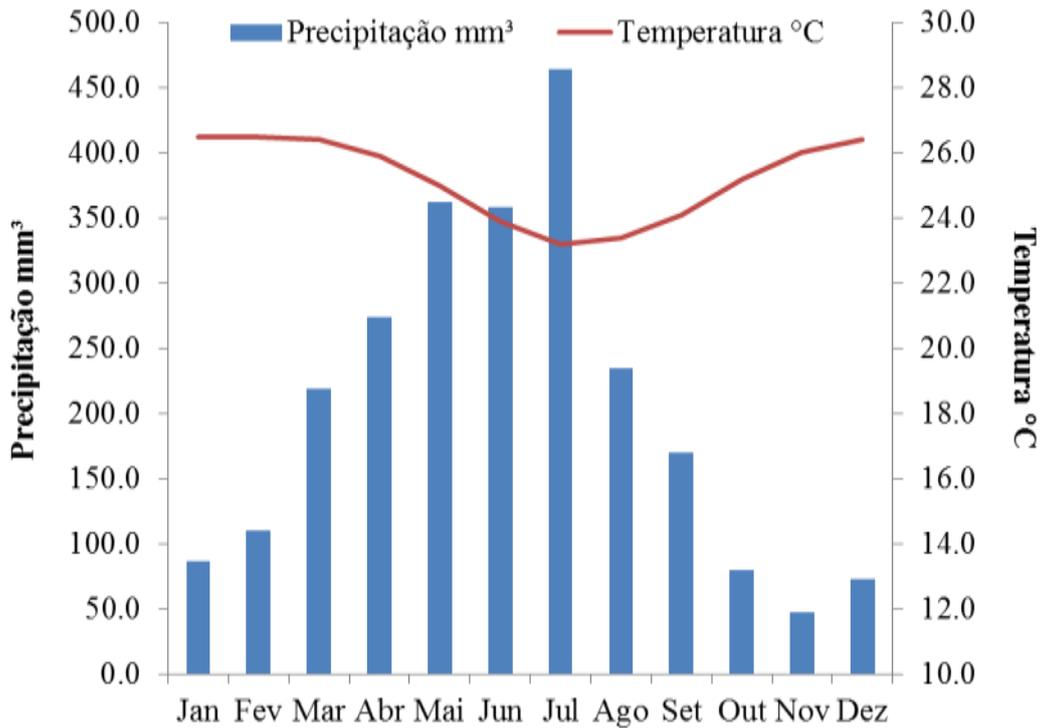
Os solos do manguezal por sua vez são de natureza argilo-siltosa e argilosa (vasa ou lama) misturados a detritos orgânicos originários, principalmente, da decomposição da vegetação de mangue e da intensa atividade biológica animal. (LGGM- UFPE/ CPRH-GERCO, 1997, apud CPRH, 2001). Aquisição e processamento das imagens

As imagens utilizadas no desenvolvimento deste trabalho foram obtidas pelo sensor Thematic Mapper (TM) acoplado no satélite Landsat 5. Foram utilizadas 3 imagens adquiridas através da internet no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI), datadas de

10/07/1989, 04/08/1998 e 06/09/2010, ambas com mesma órbita e ponto 214/66, e possuindo 7 bandas espectrais.

Todas as imagens passaram inicialmente pela etapa de pré-processamento

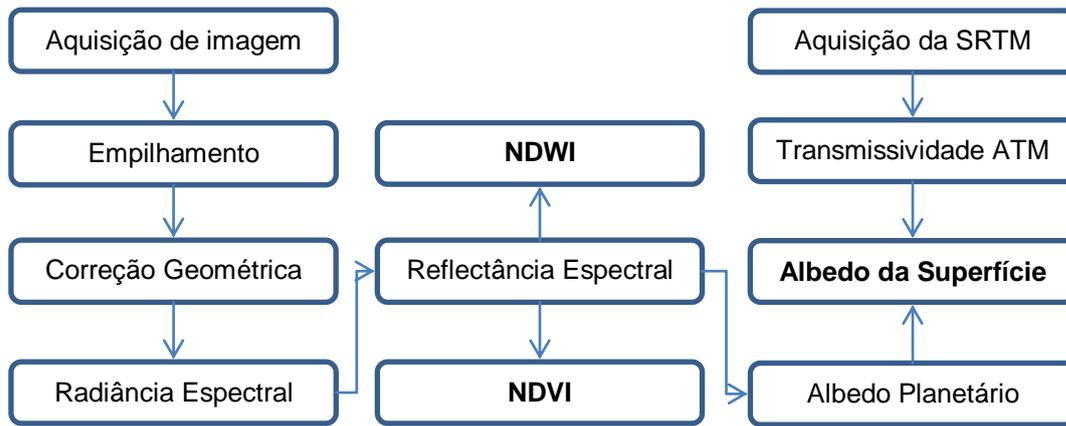
em que foi realizado o empilhamento das bandas espectrais e a correção geométrica – após o empilhamento, sendo o segundo feito por base na imagem disponibilizada pelo site landsat.org.



**Figura 2.** Climograma dos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca

Em seguida foram realizados os processos de cálculos radiométricos conforme as informações do fluxograma (Figura 3), e seus detalhamentos expressos passo-a-passo por meio de equações pode ser encontrada em Oliveira et. al (2010). Por fim

as imagens passaram pelos pós-processamentos que, neste caso, foi: reprojeção cartográfica, recorte da área de estudo, vetorização das áreas de manguezais e criação dos layouts finais dos mapas temáticos.



**Figura 3.** Fluxograma das etapas dos processos radiométricos pelos quais as imagens passaram até a obtenção das imagens finais (albedo da superfície NDVI e NDWI).

### Recorte da área de estudo e vetorização

Após o processamento dos índices das imagens foi realizado o recorte da área de estudo com o intuito de excluir dados não necessários. Em sequência foi realizado o processo de vetorização das áreas com vegetação de manguezal próximo ao CIP de SUAPE para as 3 cenas adquiridas (10/07/1989, 04/08/1998 e 06/09/2010). A vetorização foi feita por base das imagens da reflectância através da composição RGB 7-5-3, pois, foi a melhor composição para destacar manguezal.

### Resultados e discussão

Ao visualizar a imagem da reflectância (Figura 4) pode-se verificar em destaque a vegetação de mangue através da apresentação de um tom de verde mais escuro que o das demais vegetações presentes na mesma área.

Florenzano (2007) ratifica que os ambientes ocupados por mangue são

facilmente destacados em imagens de satélites, pois, tem: forma irregular, cor mais escura que a dos demais tipos de vegetação, influência da água existente nesses ambientes e sua localização junto ao litoral.

Através da composição da reflectância RGB (Red, Green e Blue) com as bandas 7, 5 e 3 respectivamente, figura 4, a visualização da evolução espaço temporal das áreas ocupadas por manguezais e pela expansão do CIP de Suape tornou-se perceptível, além de ter facilitado o processo de vetorização dos manguezais para, então, destacar os mesmos nas demais figuras. Esta escolha de composição é uma escolha do autor conforme descreve Meneses et al (2012, p. 124): “o sistema de cores RGB tem como qualidade destacada a liberdade para o analista explorar as possíveis combinações de três cores com três bandas, para obter a imagem colorida de melhor contraste”. Nota-se, porém, que não ficou destacada a degradação que o CIP de

Suape causou as áreas de vegetação de mangue, deixando claro que a imagem de reflectância pode ser usada para realçar alguns pontos de estudo, mas não para realizar análises mais minuciosas de degradação ou regeneração, neste caso, do manguezal.

#### Análise do NDWI

Ao observar-se o NDWI (Figura 5) é perceptível o realce promovido pelo mesmo sobre os alvos estudados e as mudanças espaço temporais de forma mais clara que a reflectância (Figura 4), em relação à vegetação de mangue, em razão da sua sensibilidade a umidade (GAO, 1996). Analisando os valores da legenda da Figura 5 A, B e C, respectivamente, num panorama geral, percebe-se que houve um decréscimo considerável dos intervalos de valores maiores, e um aumento dos intervalos de valores menores, em razão do crescimento das áreas urbanas, expansão do CIP de Suape, e crescimento das áreas hoteleiras no litoral.

Analisando a evolução espaço temporal da vegetação (Figura 5 A, B e C), nota-se o destaque que a vegetação de mangue apresenta em relação às demais, pois, a mesma tem valores entre os intervalos maiores que 0,5-0,55 enquanto as demais vegetações locais são indicadas por valores entre os intervalos de 0,1-0,2 e 0,4-0,5. Os valores do NDWI variam entre -1 e 1, sendo

os valores mais próximos de 1 indicadores de maior umidade da vegetação e os valores negativos vegetação seca. Essa distinção de tipos diferentes de vegetação obtida é corroborada por De Alwis (2007) que afirma que através do uso do NDWI é possível fazer distinção de vários tipos diferentes de vegetação.

Observando, agora, a questão do manguezal, é notável um decréscimo das áreas com predominância dos intervalos de 0,55 – 0,65, das imagens de B e C em comparação à imagem de A (Figura 5). Esse fato caracteriza uma perda do vigor ou da densidade da vegetação da área, ou seja, que houve alguma degradação no ambiente. Hardsky (1983) e Gao (1996) indica que, o NDWI é sensível à mudanças na quantidade de biomassa da vegetação, graças à percepção da quantidade total de água na folha da planta, sendo assim, se a vegetação estiver perdendo umidade, seca ou degradada os valores tendem a serem menores. A correlação da vegetação de mangue com o NDWI, também, foi observada por Ferreira et al(2013), já Jin e Sader (2005) utilizaram o NDWI para detectar alterações de dois tipos de floresta, no estado de Maine dos Estados Unidos, em dois tipos diferentes de alterações da cobertura vegetal – devastação total ou parcial de alguns pontos.

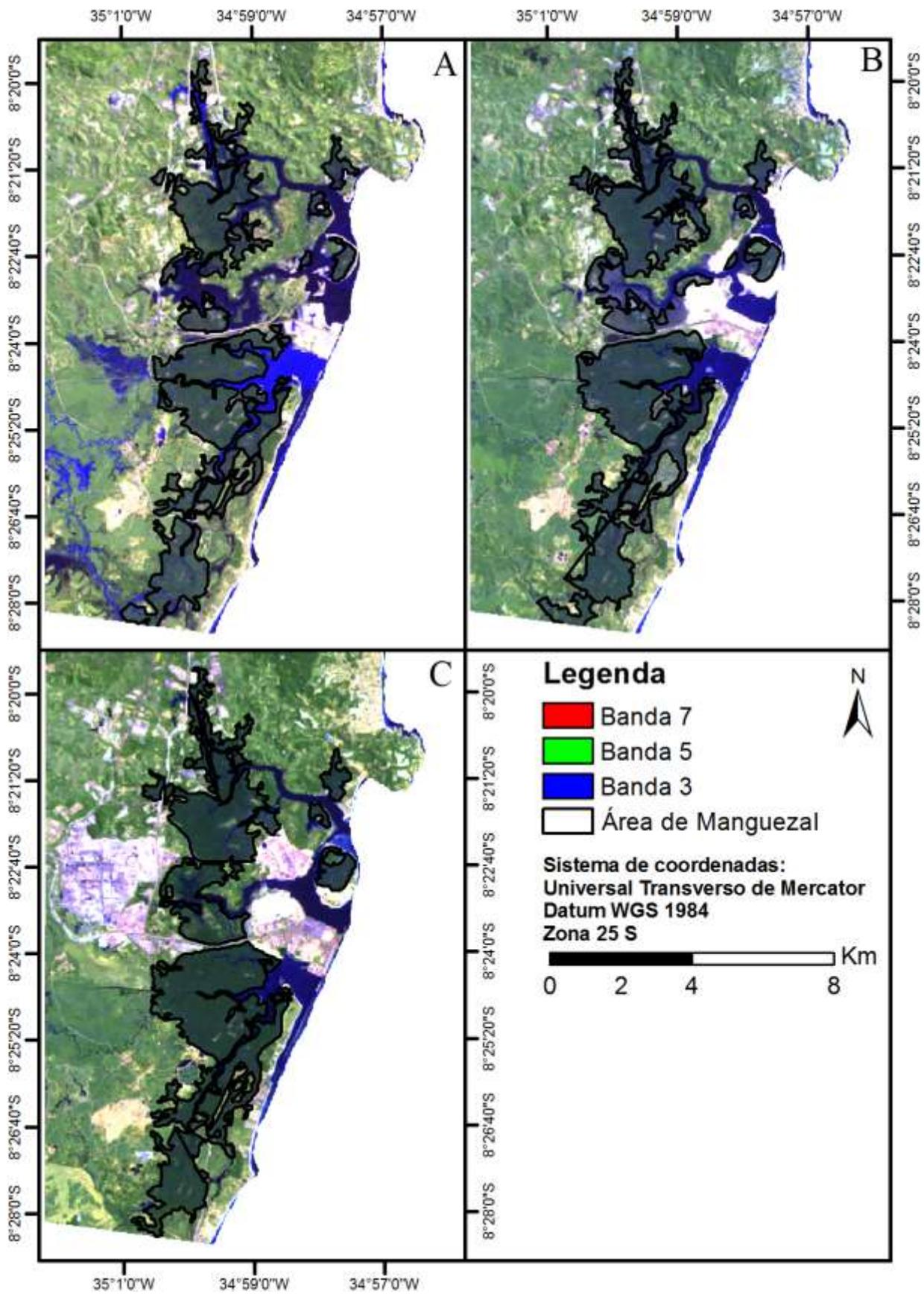


Figura 4. Reflectância das áreas de manguezal próximas ao complexo industrial e portuário de Suape

para as datas de 10/07/1989 (A), 04/08/1998 (B) e 06/09/2010 (C).

Na comparação entre as Figuras 5 A e C, nota-se que houve uma substituição dos valores de intervalo, das áreas de manguezal, de 0,55-0,65 por 0,5-0,55, principalmente na área da desembocadura dos rios Ipojuca e Merepe, caracterizando, assim, uma perda de biomassa desta vegetação.

Comparando as imagens da reflectância (Figura 4) com as do NDWI (Figura 5) observa-se que além do destaque por conta da variação do conteúdo de umidade da vegetação de mangue e demais alvos, o NDWI também evidencia mudanças nas áreas de corpos hídricos – tanto do mar quanto das desembocaduras dos rios – próximas ao manguezal, indicando menores valores nessas áreas quando na verdade deveriam ser valores mais elevados, caracterizando com isso a existência de sedimentos superficiais ou de influência de aterros nas suas margens, ambos em consequência da expansão de Suape.

#### Análise do albedo da superfície

O albedo da superfície do CIP de Suape, exibido na figura 6, apresentou largas mudanças ao analisar-se, espaço-temporalmente, as imagens A, B e C, assim como o NDWI (Figura 5) e a Reflectância (Figura 4), permitindo visualizar o destaque das áreas urbanas e da vegetação de mangue presentes nas imagens. Os valores do albedo

da superfície variam de acordo com várias características da superfície, dentre elas pode-se destacar que em áreas de superfícies secas, suaves e de coloração claras os valores são mais acentuados, ao passo que em áreas de superfícies úmidas, rugosas e de coloração escura os valores são mais amenos (Robinove et. al, 1981; Correia et. al, 2002). Sendo essas últimas características marcantes de áreas de vegetação de mangue.

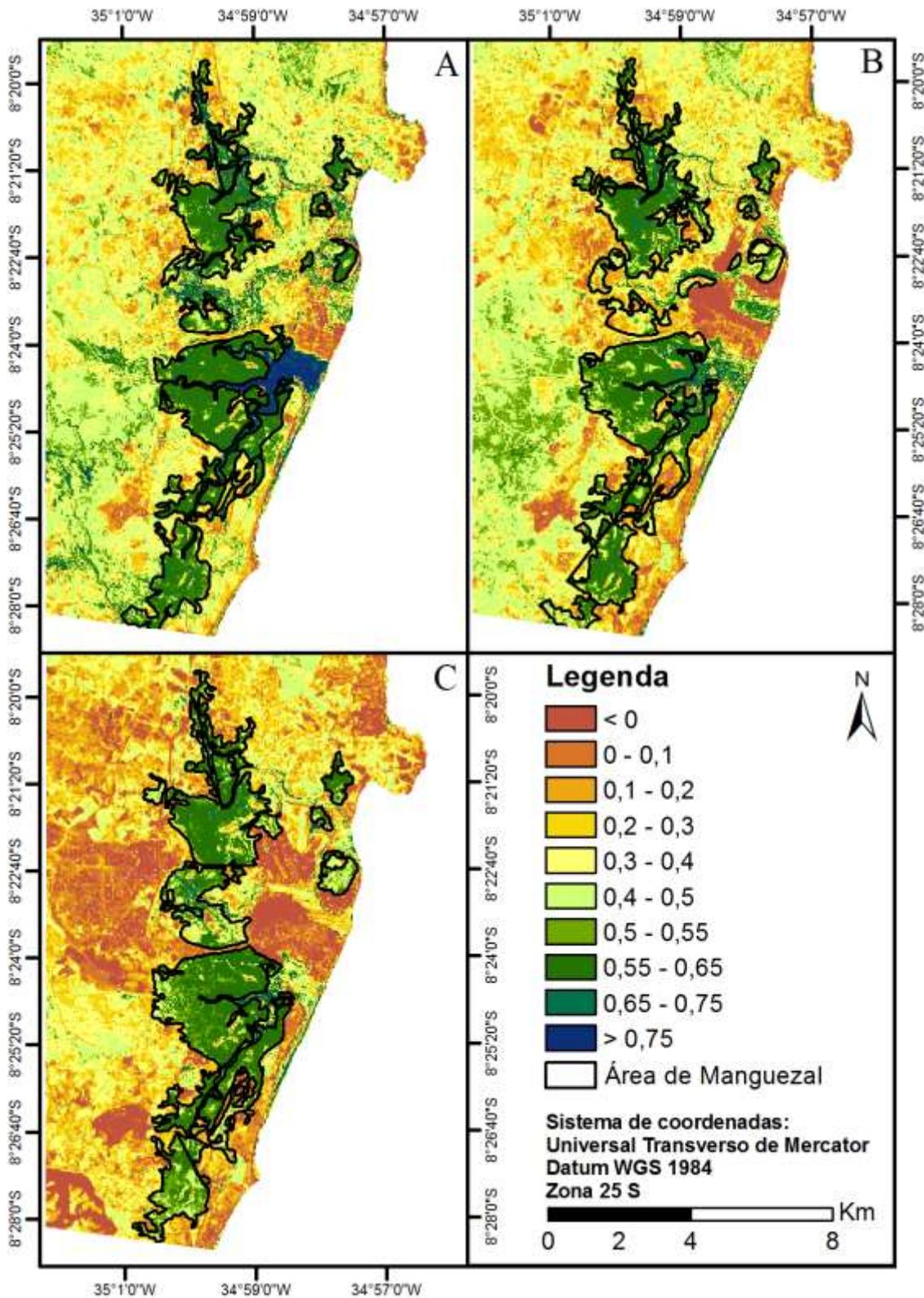
Segundo Silva et. al (2005), em análises com o uso do sensoriamento remoto os conhecimentos do albedo são necessários para uma análise do meio ambiente. Observa-se que as Figuras 6 A e B apresentam intervalos de valores bem mais semelhantes do que os encontrados na figura 6 C, no que respeita a vegetação de mangue, deixando clara a ocorrência de alguma mudança nos espaços estudados ou nos seus entornos, mesmo essa variação sendo de no máximo 0,05.

Essa variação ocorrente foi devido à expansão das áreas indústrias e do porto de Suape, não devido à destruição do mangue para a instalação do mesmo, mas sim, devido à instalação dos mesmos em áreas de entorno do manguezal, influenciando assim nos seus valores. Ferreira et. al (2013) em seu trabalho destacou que essa variação de valores na vegetação de mangue do litoral sul, entre os anos estudados, foi devido a ocorrência de

precipitação pluviométrica dias antes no local, aumentando a umidade e conseqüentemente diminuindo os valores do albedo das Figuras 6 A e B.

No entanto, em seu estudo sobre o albedo, Robinove et. al (1981) propõe que o uso de imagens do albedo da superfície podem ser usadas para monitorar mudanças espaço temporais, sejam elas provenientes de ações antrópicas ou naturais, e completa: o albedo da superfície eleva-se a priori por conta da degradação solo gerada a partir da

retirada da vegetação e expandindo áreas de solos expostos; o albedo da superfície diminui em virtude do adensamento da vegetação e aumento da umidade do solo. Torna-se, então, claro que a retirada da vegetação ao redor do manguezal, ocorrida com a expansão do CIP de Suape, e elevação das áreas de solos expostos próximos ao mesmo, além da devastação do próprio manguezal, foram os causadores desse aumento do albedo da superfície presente na Figura 6 C.



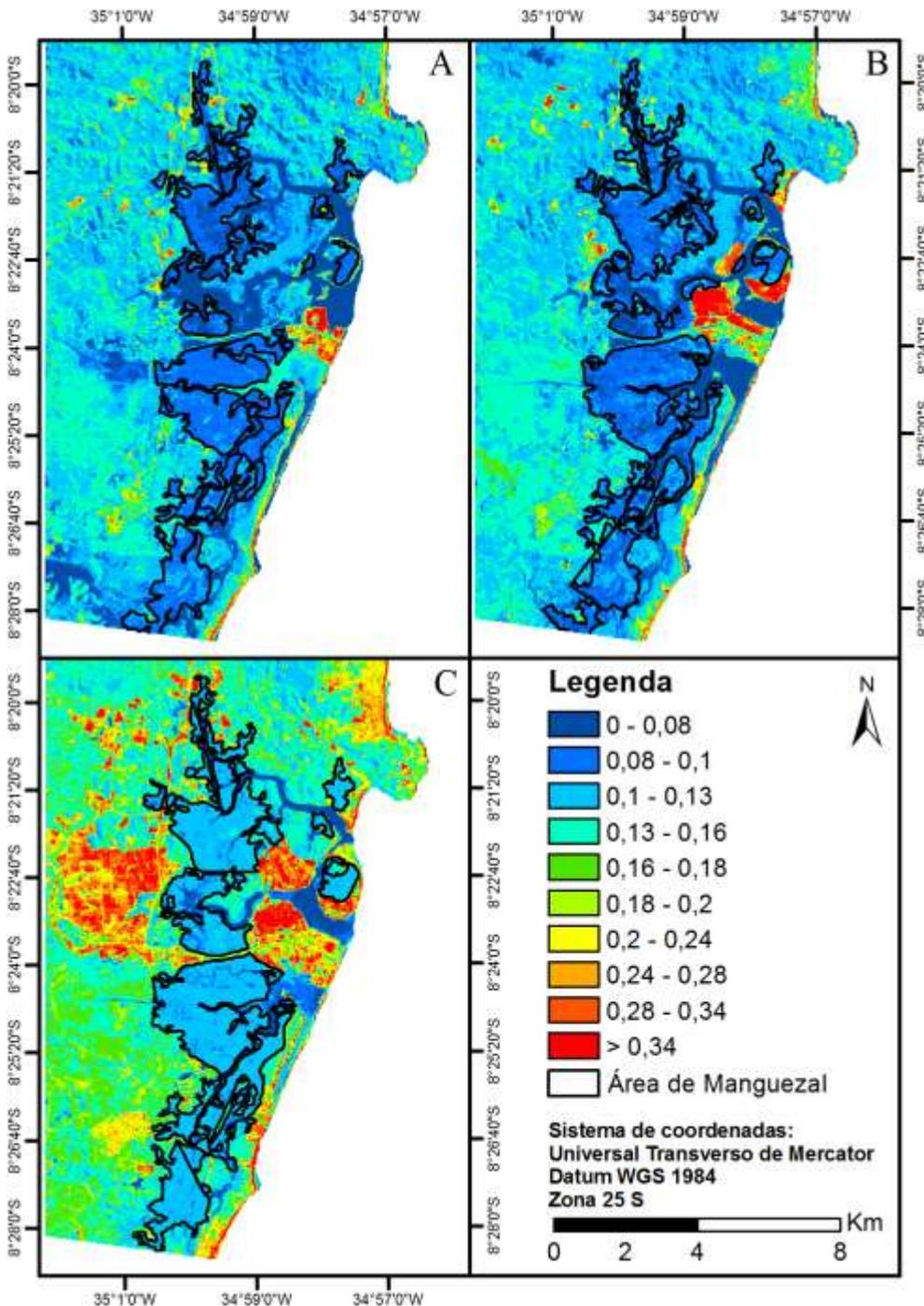
**Figura 5.** NDWI das áreas de manguezal próximas ao complexo industrial e portuário de Suape para as datas de 10/07/1989 (A), 04/08/1998 (B) e 06/09/2010 (C).

Quando relacionado o albedo da superfície (Figura 6) com o NDWI (Figura 5),

pode-se observar que os destaques são quase todos iguais em ambos, porém que a relação

de valores entre esses índices é inversa, visto que as áreas de valores de NDWI mais elevados são as mesmas de valores de albedo da superfície mais baixos, e vice-versa, tal

resultado também foi reportado por Ferreira et al (2013). Este fato acontece porque ambos possuem tendência de variações por virtude da presença, ou ausência, de água.



**Figura 6.** Albedo da superfície das áreas de manguezal próximas ao complexo industrial e portuário de Suape para as datas de 10/07/1989 (A), 04/08/1998 (B) e 06/09/2010 (C).

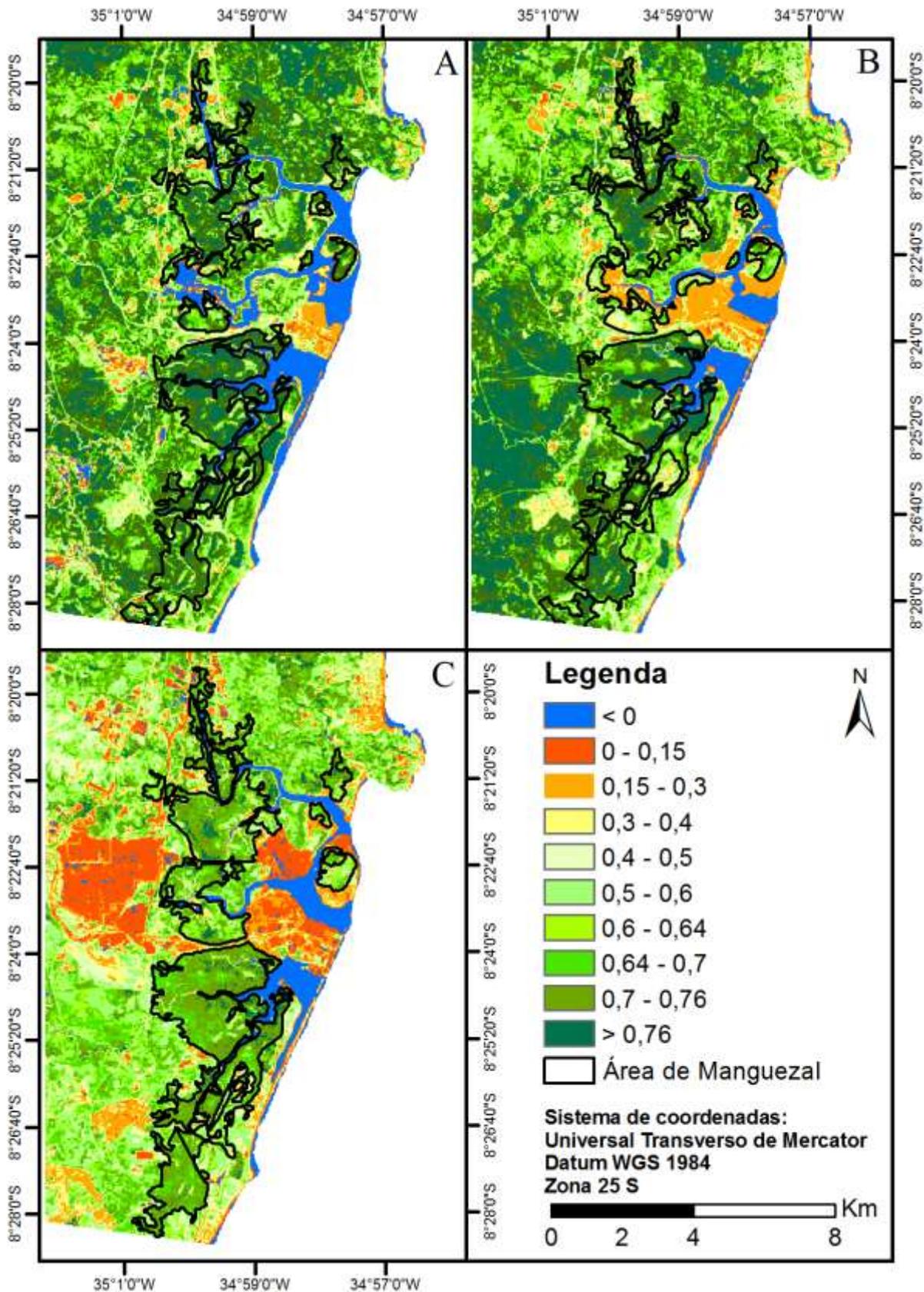
## Análise do NDVI

Na Figura 7 estão representadas as imagens do NDVI de 1989, 1998 e 2010 (A, B e C, respectivamente), e ao focalizar a vegetação de mangue, podemos notar que quando comparadas com a reflectância (Figura 4), o NDWI (Figura 5) e o albedo da superfície (Figura 6), percebe-se a grande diferença deles para o NDVI: o NDVI não proporciona destaque à vegetação de mangue quando coexistem vegetações de outro tipo nas áreas circunvizinhas.

As imagens do NDVI (Figura 7) proporcionaram um elevado realce de distinção dentre as áreas urbanas ou solos expostos, e corpos hídricos das áreas ocupadas por vegetação, embora não tenha distinguido os valores dos outros tipos de vegetações presentes nas cenas da vegetação de mangue. Mesmo sem o destaque a partir de valores exclusivos para a vegetação de mangue foi possível realizar uma análise do mesmo por conta da vetorização que foi realizada em cada uma das imagens, permitindo assim analisar mais minuciosamente o comportamento da vegetação de mangue.

Analisando as imagens A, B e C do NDVI pode-se notar que os valores das áreas de manguezal diminuíram, realizando-se essa análise tanto entre as imagens A e B, quanto B e C, e mais ainda entre A e C. O mais notório disto é a mudança dos valores de intervalo nas áreas de manguezal que antes eram predominantemente  $> 0,76$  e  $0,7 - 0,76$  e passaram a ser  $0,7 - 0,76$  e  $0,64 - 0,7$ .

Observam-se as relações com os outros índices, pode-se destacar que o NDVI relacionou-se com o NDWI e, também, com o albedo da superfície no destaque das áreas urbanas e do CIP de Suape. No que rege a vegetação, em contexto geral, não houve uma correlação direta com entre o NDVI e os demais índices, contudo, as áreas de vegetação de mangue apresentaram os valores mais elevados, assim como no NDWI, e inversamente ao albedo da superfície. Notando-se assim uma relação direta com o NDWI nas áreas de vegetação de mangue e áreas de ocupação urbana, e uma relação inversa com o albedo da superfície visto que os seus valores são menores nas áreas de manguezal.



Figura

7. NDVI das áreas de manguezal próximas ao complexo industrial e portuário de Suape para as datas de 10/07/1989 (A), 04/08/1998 (B) e 06/09/2010 (C).

## Conclusões

A reflectância através da composição RGB 753 serviu de base para o destaque da vegetação de mangue e sua consequente vetorização, deixando claro sua utilidade para estudos nesses ambientes.

O NDWI apresentou correlação com a vegetação de mangue e indicaram que houve degradação da mesma em alguns pontos principalmente os próximos as instalações do complexo industrial e portuário de Suape, visto que a umidade destas áreas diminuiu.

O albedo da superfície apresentou variação de valores indicando que houve degradação nas áreas de entorno do manguezal e influíram na própria vegetação.

O NDWI apresentou, num panorama geral, uma correlação inversa com o albedo da superfície.

O NDVI, através de sua sensibilidade ao teor de clorofila na vegetação, apresentou indícios que houve redução da vegetação do manguezal nas áreas próximas ao complexo industrial e portuário de Suape.

O NDVI não apresentou destaque da vegetação de mangue em comparação com outros índices de vegetação, deixando claro que é necessária a realização da vetorização destas áreas quando houver outros tipos de vegetação na imagem.

A reflectância, o NDWI, o albedo da superfície e o NDVI foram todos capazes de

apresentar a expansão do complexo industrial e portuário de Suape entre os anos de 1989 e 2010.

## Referências

Allen, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R. (2002). SEBAL – Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced training and users manual. Idaho: Implementation, v.1, 98p.

Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A.; Holtslag, A. A. M. A. (1998). Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1. Formulation. Journal of Hydrology, v. 212-213, p. 198-212.

Bastiaanssen, W. G. M., Pelgrum H., Wang, J. Moreno, Y. M.J., Roerink, G. J. & Van Der Wal, T. (1998). The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 2. Validation. Journal of Hydrology, v. 212-213, p. 213-229.

Bastiaanssen, W. G. M. SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. (2000). Journal of Hydrology, v. 229, p. 87-100.

Blasco, F.; Gauquelin, T.; Rasolofoharino, M.; Denis, J.; Aizpuru, M.; Caldairou, V. (1998). Recent advances in mangrove studies

using remote sensing data. *Marine and Freshwater Research* 49, 287-296.

Braga, R. A. P.; de Menezes Uchoa, T. M.; & Duarte, M. T. M. B. (1989). Impactos ambientais sobre o manguezal de Suape – PE. *Acta bot. bras*, 3, 2, 9-27.

Carneiro, M. A. B.; Farrapeira, C. M. R.; & da Silva, K. M. E. (2008). O manguezal na visão etnoecológica dos pescadores artesanais do Canal de Santa Cruz, Itapissuma, Pernambuco, Brasil. *Biotemas*, 21(4), 147-155.

Carvalho Júnior, O. A. D.; Hermuche, P. M.; & Guimarães, R. F. (2006). Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 24, n. 3, 319-332.

Coelho, M. P. (2013). Estuário de Barra das Jangadas/PE: análise espaço temporal e caracterização estrutural da vegetação de mangue. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

Correia, F. W. S.; Alvalá, R. D. S.; Gielow, R.; Manzi, A. O.; Souza, A. D. (2002). Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco-úmido de

2001-2002. In Congresso Brasileiro de Meteorologia, vol. 12, p. 2794-2800, Foz do Iguaçu, Anais...

CPRH. (2001). Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco. CPRH. 87p.

Dealwis D. A.; Easton, Z. M.; Dahlke, H. E.; Philpot, W. D.; Steenhuis, T. S. (2007). Unsupervised classification of saturated areas using a time series of remotely sensed images. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v.4, n. 3, p.1663–1696.

Espinosa, H. C. F. (2008). Evolução temporal da cobertura vegetal manguezal do Rio Tavares (Florianópolis-SC) empregando sensoriamento remoto e SIG. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí.

Florenzano, T. G. (2011). Iniciação em sensoriamento remoto. São Paulo, SP: Oficina de textos, 3ª ed. 128 p.

Gao, B.C. (1996). NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing of Environment*, v.58, p.257-266.

- Hardisky, M. A.; Klemas, V.; Smart, R. M. (1983). The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 49, p. 77-83.
- Jensen, J. R. (2009). *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. São José dos Campos, SP: Parêntese, 1ª ed. 672 p.
- Jin, S.; Sader, S. A. (2005). Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*, v. 94, n. 3, p. 364-372.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. (1994). *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley e Sons Inc., 1ª ed., 612 p.
- Markham, B.L.; Barker, L.L. (1987). Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p.517-523.
- Mather, P. M. (1987). *Computer processing of remotely-sensed images*. New York: Wiley, John & Sons, Inc.
- Meneses, P. R.; Almeida, Tati. (Org.). (2012). *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: UnB/CNPQ, 1ª ed, 266 p. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acessado em 22 de setembro de 2013.
- Morse, A.; Allen, R. G.; Tasumi, M.; Kramber, W. J.; Trezza, R.; & Wright, J. L. (2001). Application of the SEBAL methodology for estimating evapotranspiration and consumptive use of water through remote sensing. Idaho Department of Water Resources, Idaho: Final Report, 142 p.
- Morse, A.; Tasumi, M.; Allen, R. G.; & Kramber, W. J. (2000). Application of the SEBAL methodology for estimating consumptive use of water and streamflow depletion in the Bear River Basin of Idaho through remote sensing. Idaho Department of Water Resources, Idaho: Final Report, 107 p.
- Oliveira, T.; Machado, C.; Silva, J.; Galvêncio, J.; Pimentel, R.; Silva, B. (2010). Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física, América do Sul*, 3: 7 11.

Pereira, E. M.; Farrapeira, C. M. R.; De Lyra Pinto, S. (2006). Percepção e educação ambiental sobre manguezais em escolas públicas da Região Metropolitana do Recife. REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental, v.17, p. 244-261.

Ponce, V. M. Impacto hidrológico e ambiental da hidrovia no pantanal matogrossense. Disponível em: [http://ponce.sdsu.edu/hidroviareportportugues\\_echapter4.html](http://ponce.sdsu.edu/hidroviareportportugues_echapter4.html). Acessado em 24 de setembro de 2013.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. (2009). Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos, SP: Parêntese, 1ª ed, 144 p.

Rouse J. W.; Haas R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Proceedings of the Third ERTS Symposium, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, Vol. 1, p. 309-317.

Silva, J. B. (2012). Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do ecossistema manguezal em Pernambuco. Tese (Doutorado em

Geografia). Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

Silva, B. B.; Lopes, G. M.; De Azevedo, P. V. (2005). Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5-TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 13, n. 2, p. 11-21.

Silva, R. B. C.; & Da Silva, R. M.; Da Costa, J. M. N.; Da Costa, A. C. L. (2006). Eficiência de uso da água e da radiação em um ecossistema de manguezal no estado do Pará. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, n. 3a, 104-116.

Souza, H. F.; Guedes, M. L. S.; Oliveira, S. S.; & Santos, E. S. (1996). Alguns aspectos fitossociológicos e nutricionais do manguezal da Ilha de Pati, Bahia, Brasil. Sitientibus, v. 15, 151-165.

Vaiphasa, C.; Ongsomwang, S.; Vaiphasa, T.; Skidmore, A. K. (2005). Tropical mangrove species discrimination using hyperspectral data: A laboratory study. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 65, 371-379.