



Universidade Federal do Amapá

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical - PPGBIO

UNIFAP / EMBRAPA-AP / IEPA / CI - BRASIL

MaisaYurika Ferreira Otake

**Análise por Sensoriamento Remoto de Áreas de Açaizais em Florestas de
Várzea no Município de Mazagão (Amapá)**

MACAPÁ, 2015

MaisaYurika Ferreira Otake

**Análise por Sensoriamento Remoto de áreas de Açaizais em Florestas de
Várzea no Município de Mazagão (Amapá)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical da Universidade Federal do Amapá como requisito parcial a obtenção do título de mestre em Biodiversidade Tropical.

Área de concentração: uso sustentável da biodiversidade.

Orientadora: Dr^a Eleneide Doff Sotta

Coorientadora: Dr^a Valdenira Ferreira dos Santos

MACAPÁ-AP

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

577.66 Otake, Maisa Yurika Ferreira

1.1.1 O87a Análise por sensoriamento remoto de áreas de açazais em florestas de várzea no município de Mazagão (Amapá) / Maisa Yurika Ferreira Otake; orientadora, Eleneide Doff Sotta; co-orientadora, Valdenira Ferreira. -- Macapá, 2015.

42 f.

Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

Maisa Yurika Ferreira Otake

**Análise por Sensoriamento Remoto de áreas de Açaizais em Florestas de Várzea
no Município de Mazagão (Amapá)**

Banca Examinadora

Orientadora: Dra. Eleneide Doff Sotta

EMBRAPA Amapá

Examinador: Dr. Alexandro Cezar Florentino

UNIFAP

Examinador: Dr. Darren Norris

UNIFAP

Aprovada em 08 de Junho de 2015, Macapá, AP, Brasil

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Lúcia Maria e Akihiro Otake, por mostrar a importância da convivência harmoniosa com a natureza e o respeito a tudo que ela oferece. Ao meu pai, cujo amor pela Amazônia o faz dedicar-se a mais de 40 anos em cuidar, cultivar e aprimorar o uso dessa terra querida.

Ao meu Avô Manoel Leandro Ferreira, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amapá – UNIFAP e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical - PPGBio, pelo apoio estrutural e, em especial à Coordenadora professora Dra Fernanda Michalski pelo socorro e principalmente paciência nos momentos mais difíceis;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

À minha orientadora, Dra. Eleneide Sotta;

À minha co-orientadora, Dra. Valdenira;

À EMBRAPA Amapá pelo apoio estrutural e logístico;

Ao Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá- IEPA, pelo apoio estrutural;

Aos docentes do PPGBio, pelos ensinamentos, apoio e por estarem sempre dispostos a ajudar;

À turma de 2013, que apesar de pequena em número tornou-se parte da minha vida e ocupará para sempre um grande lugar em meu coração. Em especial aos amigos Tiago Costa e Zenaide Miranda por toda atenção e a amizade construída. Alliny, Dayna, Suzana, Carlos, Tiago e Zenaide, amo todos;

À minha mãe e meu pai por todo amor, apoio, paciência e doação! Sem vocês nada disso seria possível;

À Regia, Patrícia e Anália, por todo amor, compreensão e por todo ensinamento. Por ter me amparado e ajudado sem medir esforços. Foram como mães, amigas e cúmplices quando mais precisei. Gratidão;

Ao meu noivo, Lorenzo Castanhari, pela ajuda e compreensão, com você tudo voltou a fazer sentido;

Aos meus amigos Gabriele Monteiro e Mariano Rocha, por terem me estendido a mão e enxugado minhas lágrimas! Gratidão;

Aos assistentes de campo, pelo auxílio e amizade;

Aos amigos (as), primos (as) e tios (as), que mesmo a distância sempre estiveram presentes; À todos que contribuíram direta e indiretamente nesta jornada, obrigada!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	FLORESTA DE VÁRZEA	14
1.2	FAMÍLIA ARECACEAE	15
1.3	AÇAI (<i>EUTERPE OLERACEA</i> MART.).....	15
1.4	SENSORIAMENTO REMOTO	17
1.4.1	Imagens de média resolução.....	18
1.4.2	Imagens de alta resolução.....	19
1.4.3	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.....	21
2	HIPÓTESE.....	22
3	OBJETIVOS	22
3.1	GERAL.....	22
3.2	ESPECÍFICOS	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	ÁREA DE ESTUDO	23
4.2	AQUISIÇÃO DE DADOS.....	24
4.2.1	Pontos Amostrais.....	24
4.2.2	Imagens de satélite.....	25
4.3	PROCESSAMENTO DE IMAGENS	26
4.3.1	Recorte.....	26
4.3.2	Correção atmosférica.....	26
4.3.3	Índice de vegetação por Diferença Normalizada – NDVI.....	26
4.4	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAA E PFN NAS IMAGENS	27
4.4.1	Análise de dados	29
5	RESULTADOS	30
5.1	PADRÕES DE RESPOSTA NDVI EM IMAGENS LANDSAT 8/OLI.....	30
5.2	PADRÕES DE RESPOSTA NDVI EM IMAGENS RAPID EYE.....	31
6	DISCUSSÃO	32
7	CONCLUSÕES.....	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Açaizal adensado; b) Touceira formada por sucessivas brotações; Fonte: Própria autora.	16
Figura 2.a) Cacho de Açaí recém colhido, b) Frutos em embalagem tradicional para comércio c) Açaizal à margem de rio com vegetação de várzea.FONTE: Própria autora.....	17
Figura 3. Localização da área de estudo na Foz Do Rio Mazagão, sul do Estado do Amapá, definidas em função da confluência dos afluentes primários com o canal norte do Rio Amazonas.	23
Figura 4.Localização dos pontos de açaizal adensado (PAA)obtidos na área de estudo.	24
Figura 5. Fluxograma da metodologia utilizada para o processamento das imagens Landsat 8/OLI e RapidEye para análise das resposta do NDVI de áreas de açaizais adensados e não adensados.	27
Figura 6.Tamanho de <i>pixel</i> da imagem Landsat 8/OLI (30 x 30 m) e da imagem RapidEye (5 x 5 m) utilizado como referência para extrair as reflectâncias espectrais dos PAA e PFN.	27
Figura 7. Imagem NDVI Landsat/OLI de 27/09/2013 mostrando os PAA e os PFN na área de estudo, município de Mazagão, Amapá.	28
Figura 8. Imagem NDVI RapidEye de 27/07/2013 mostrando os PAA e os PFN na área de estudo, município de Mazagão, Amapá.	28
Figura 9. Média e desvio padrão dos valores de NDVI para a imagem Landsat 8/OLI.	30
Figura 10. Padrões de resposta dos PAA e PFN da imagem NDVI Landsat 8/OLI.	30
Figura 11. Mediana dos valores de NDVI para a imagem RapidEye.....	31
Figura 12. Padrões de resposta dos PAA e PFN da imagem NDVI RapidEye.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações técnicas do satélite Landsat 8/OLI.....	19
Tabela 2. Bandas espectrais e comprimentos de onda do satélite Landsat 8/OLI.....	19
Tabela 3. Especificações técnicas gerais dos satélites do sistema RapidEye.....	20
Tabela 4. Bandas espectrais e comprimento de onda dos satélites do sistema RapidEye.	20
Tabela 5. Coordenadas dos PAA, expressos em graus decimais, Sistema de Coordenadas Geográficas.....	25
Tabela 7. Coordenadas dos PFN, expressos em graus decimais, Sistema de Coordenadas Geográficas.....	25
Tabela 6. Características das imagens óticas Landsat/OLI e Rapideye utilizadas.	26

RESUMO

O estuário amazônico é formado por um emaranhado de ilhas e por regiões adjacentes, onde existem as Florestas de Várzea, áreas de especial importância devido aos elevados valores de produtividade e fertilidade dos solos. Entre os produtos não madeireiros mais importantes explorado nessas áreas destaca-se o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), uma Arecaceae, produtora de frutos comestíveis, da qual se extrai a polpa do fruto e o palmito. Nos últimos anos houve uma grande expansão dos açazais como resultado do crescimento do mercado do açaí no estado do Amapá. Tal expansão pode ser explicada tanto pelo plantio de novas áreas como pelo manejo de açazais nativos, resultando no aumento da densidade de indivíduos de açaí e redução dos indivíduos de outras espécies florestais. O mapeamento por meio de imagens de sensoriamento remoto, pode facilitar a avaliação mais aprofundada das áreas de várzeas, tendo em conta o potencial produtivo da mesma. O presente estudo objetivou testar uma metodologia para identificar áreas de adensamento de açazais, utilizando imagens de média e alta resolução espacial. A área de estudo foi a foz do rio Mazagão, uma área de várzea localizada no sudeste do município de Mazagão, estado do Amapá, no estuário do rio Amazonas. Para o estudo foram utilizadas duas imagens ópticas de média e alta resolução espacial, Landsat 8/OLI e RapidEye, respectivamente, considerando a menor cobertura de nuvens possível. Para cada imagem foi o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para caracterização e identificação dos valores de *pixels* de vegetação em 10 pontos em área de floresta de várzea com adensamento de açazal (PAA) e 10 pontos em áreas sem adensamento de açazal (PFN). Um ponto na imagem Landsat correspondeu a 36 pontos na imagem RapidEye. Os processamentos foram realizados no ENVI 5.0, ArcGIS 10.1 e programa R 3.1.1, para análise de estatística descritiva entre os valores de *pixels* gerados. Para a imagem Landsat 8/OLI os valores médios de NDVI foram de $0,48 \pm 0,03$ para PAA e de $0,51 \pm 0,02$ para PFN ($p < 0,05$, $n=10$). Para a imagem RapidEye os valores foram de $0,57 \pm 0,08$ para PAA e de $0,61 \pm 0,06$ para PFN ($p < 0,0001$, $n=360$). Com a metodologia testada foi possível identificar as áreas de açazais adensados tanto nas imagens de média resolução (Landsat 8/OLI) como nas imagens de alta resolução (RapidEye).

Palavras-Chave: Florestas de Várzea, Açazal, Sensoriamento Remoto

ABSTRACT

The Amazon estuary is formed by a maze of islands and adjacent regions, where there are Lowland forests, areas of special importance due to the high values of productivity and soil fertility. Among the most important wood products not explored these areas highlight the açai (*Euterpe oleracea* Mart.), One Arecaceae, which produces edible fruit, which is extracted from the pulp of the fruit and the palm heart. Recent years have seen a major expansion of açai as a result of açai market growth in the state of Amapá. Such expansion can be explained both by the planting of new areas such as the management of native palm heart areas, resulting in increased density of açai individuals and reduce individuals of other forest species. The mapping through remote sensing images, can facilitate the further evaluation of the areas of wetlands, taking into account the productive potential of the same. This study aimed to test a methodology to identify areas of thickening of açai, using medium and high spatial resolution images. The study area was the river mouth Mazagão a lowland area located in the southeast of the city of El Jadida, the state of Amapá, in the Amazon River estuary. For the study used two optical images of middle and high spatial resolution, Landsat 8 / OLI and RapidEye, respectively, considering the lower cloud cover as possible. For each image was the Vegetation Index (NDVI) for characterization and identification of vegetation pixel values in 10 points in lowland forest area with high density of açai (PAA) and 10 points in areas without thickening of açai (PFN). A point on the Landsat image corresponded to 36 points in the RapidEye image. Data processing was performed in ENVI 5.0, ArcGIS 10.1 and R 3.1.1 for analysis of descriptive statistics generated between the pixel values. For Landsat 8 / OLI average NDVI values were 0.48 ± 0.03 for PAA and 0.51 ± 0.02 for PFN ($p < 0.05$, $n = 10$). For RapidEye image values were 0.57 ± 0.08 for PAA and 0.61 ± 0.06 for PFN ($p < 0.0001$, $n = 360$). With a proven methodology was possible to identify areas of dense palm heart areas both in medium resolution images (Landsat 8 / OLI) as the high-resolution images (RapidEye).

Key-word: floodplains forest, Açai plantation, Remote sensing

1 INTRODUÇÃO

O estuário amazônico é formado por um emaranhado de ilhas e por regiões adjacentes, onde existem as florestas de várzeas, que são influenciadas pelas marés oceânicas e apresentam dois ciclos diários de enchentes e vazantes (PAROLIM et al., 2004). As áreas de várzeas são de especial importância devido aos elevados valores de produtividade e fertilidade dos solos (PAROLIM et al., 2004). Como consequência, esses ambientes tem dado suporte socioeconômico e têm sido historicamente os mais utilizados para atividades humanas (HIRAOKA, 1992; GOULDING et al., 1995).

Dentre as espécies mais importantes das áreas de várzea destaca-se o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), uma Arecaceae, produtora de frutos comestíveis dos quais se extrai a polpa e do palmito, produto utilizado na indústria de conservas para comercialização no Brasil e no exterior. Os estudos sobre essa espécie tornam-se cada vez mais importantes, pois ela é considerada o “ouro negro” da região do estuário, sendo que seu manejo pode estar influenciando na diversidade florística das áreas alagadas (CAMPOS; EHRINGHAUS, 2003).

As poucas recomendações de manejo existentes para produção de açaí em várzea, como a da Embrapa Amapá (Queiroz e Mochiutti, 2001), ainda não tiveram sua sustentabilidade ambiental posta a prova através de um monitoramento consistente de médio prazo (GUEDES, 2009).

O cultivo do açaí está entre os produtos de relevância econômica mais importante oriundos das várzeas do estuário amazônico (QUEIROZ e MOCHIUTTI, 2001; BRONDÍZIO et al., 2002) e grandes áreas estão sendo modificadas e alteradas para suprir sua demanda (HOMMA et al., 2009). A partir de 1992, quando foi atingido o ápice das exportações de palmito, a produção de frutos de açaizeiro experimentou crescimentos anuais significativos, em função do aumento da competitividade da coleta de frutos, motivado por melhorias nos preços, e do aumento da fiscalização, evitando a destruição maior dos açais (HOMMA, 2006).

O Estado com a maior produção de frutos de açaí, na região Norte, em toneladas segundo o IBGE é o Pará seguido do Amazonas (IBGE, 2010).

Como consequência a essa valorização econômica do fruto do açaizeiro, a tendência é que ocorra o adensamento da espécie, pois as comunidades manejam seus açais por meio de enriquecimento e eliminam as plantas que fazem sombra a eles.

Essa expansão dos açazais nas áreas de florestas de várzea pode levar a transformação deste ecossistema em bosques homogêneos de açazais, trazendo riscos ambientais para a fauna e flora (HOMMA et al., 2009) os quais têm sido pouco avaliados. Nesse contexto, a avaliação do efeito do manejo de açazais na riqueza florística das áreas de várzea, assim como o monitoramento da sua expansão ao longo do tempo, é importante para verificar a relação dessa atividade com a biodiversidade do estuário amazônico (CARIM et al., 2008).

1.1 Floresta de Várzea

As áreas de várzea do Estuário Amazônico (Figura 1) ocupam aproximadamente 15,46% da cobertura vegetal do setor costeiro estuarino. As florestas de várzea são ecossistemas associados às planícies de inundações dos rios e igarapés de água branca submetidos a um ciclo diário de enchentes e vazantes por água doce represada pelas marés (ALMEIDA et al., 1996). Devido às inundações, são carregadas para essas áreas grandes quantidades de material sedimentar, o que lhe confere uma elevada fertilidade. Muito embora a várzea seja considerada um ecossistema rico, do ponto de vista ambiental pode ser considerada frágil, pois seus solos margeiam os rios, igarapés e lagos, sob florestas alagadas ou campos inundáveis (SILVA et al., 2010).

Atividades extrativistas e agrícolas desordenadas representam uma ameaça à sustentabilidade desse ecossistema (COSTA-NETO; SILVA, 2003). Nas várzeas estuarinas são comuns as práticas de extrativismo florestal, destacando-se produtos como o açaí e a andiroba, assim como a agricultura de subsistência (RABELO, 1999; ZARIN et al., 2001). Estudos sobre a composição e estrutura florística de florestas de várzeas têm demonstrado que a riqueza em espécies é relativamente baixa quando comparada à floresta de terra firme (JARDIM; VIEIRA, 2001; ALMEIDA et al., 1996; KEEL; PRANCE, 1979). Todavia apresentam elevada área basal e biomassa, resultantes do alto teor de nutrientes dos solos. Esses estudos têm sido considerados os principais indicadores da ocorrência e da dinâmica populacional das espécies em área natural e/ou antropizada (MARCELO et al., 2008).

1.2 Família Arecaceae

Segundo Glassman (1972); Balick et al. (1982) e Jardim e Cunha (1998) a flora amazônica concentra expressivo número de palmeiras totalizando entre 200 e 250 espécies. A paisagem da região está profundamente marcada por espécies deste grupo formando extensas áreas monoespecíficas, ou florestas oligárquicas, como é o caso dos “açazais” (*E. oleracea* Mart.), “babaçuais” (*Orbignya phalerata* Mart.), “buritizais” (*Mauritia flexuosa* L.f.), bussuzais (*Manicaria saccifera* Gaertn.) dentre outras (ALMEIDA; SILVA, 1997). Este percentual aproxima-se do citado por Almeida e Silva (1997) onde afirmam que 40% das palmeiras amazônicas representam valor econômico e alimentar no cotidiano da região. No estuário amazônico, distribuem-se em quase todos os ambientes incluindo florestas densas e abertas, várzeas, campos de várzea, campinas e campinaranas e desempenham funções específicas na estrutura destes ecossistemas (ANDERSON et al., 1985).

A presença marcante das palmeiras nas regiões estuarinas parece estar condicionada as condições do ambiente, por exemplo, o fluxo de marés que induz as espécies à formação de estruturas especiais como pneumatóforos, raízes aéreas e lenticelas (KAHN; CASTRO, 1985). Jardim (2007) acredita que a presença de palmeiras na floresta de várzea está condicionada ao tipo de solo, topografia, incidência luminosa e ao fluxo hídrico. Esses fatores interferem diretamente na sobrevivência e no alto índice de mortalidade de plântulas durante o processo de regeneração natural. Desta forma, a reprodução assexuada por meio de rebrotamento (perfilhamentos) tem sido a estratégia mais comum nas diferentes espécies de palmeiras.

1.3 Açaí (*Euterpe Oleracea* Mart.)

O açaizeiro (*E. Oleracea*), pertencente à família Arecaceae, é uma espécie nativa das várzeas do estuário Amazônico. Atualmente é uma cultura de grande importância econômica, tanto para grandes empresas que passaram a exportar a polpa para outros países das mais variadas formas, quanto para ribeirinhos e pequenos produtores que comercializam a polpa “in natura” para o mercado local. A comercialização da polpa de açaí congelada para outros estados brasileiros vem também aumentando de forma vertiginosa, podendo chegar a 10 mil toneladas, além das quase mil toneladas

exportadas anualmente para o exterior na forma de mix ou mistura (açáí e guaraná) (NOGUEIRA et al., 2013).

A *E. Oleracea* tem ocorrência espontânea por toda a Amazônia Brasileira atingindo as Guianas e a Venezuela, no entanto predomina no estuário amazônico, onde forma populações densas, sendo considerada uma planta heliófila que cresce em áreas de várzea, terra firme e igapó (CALZAVARA, 1972; CAVALCANTE, 1991; OLIVEIRA et al. 2000). Apresenta porte arbóreo, estipe cilíndrico, anelado e ereto, atingindo até 30 m de altura, folhas pinadas com bainhas desenvolvidas formando um capitel, infrutescência contendo frutos do tipo baga, constituídos de epicarpo indistinto e mesocarpo pouco espesso de cor violácea quando maduros (CALZAVARA, 1972; CAVALCANTE, 1991). Porém, sua principal característica está no perfilhamento abundante, formando touceiras que surgem de sucessivas brotações da semente, em diferentes estádios de desenvolvimento (Figura 2).



Figura 1. a) Açáizal adensado; b) Touceira formada por sucessivas brotações; Fonte: Própria autora.

De acordo com Jardim (1995), a espécie apresenta floração e frutificação contínua com picos definidos de florescimento de dezembro a maio, e picos de frutificação de junho a novembro. Em populações naturais, o açáizeiro apresenta maior floração e frutificação em períodos distintos (JARDIM; ANDERSON, 1987; JARDIM; KAGEYAMA, 1994). Sua composição é caracterizada por um elevado teor de lipídios, proteínas, fibras e antocianinas. Na região Sul do Brasil, o consumo é crescente, tendo como atrativos o fato de ser um alimento com apelo ecológico, oriundo da região amazônica e energético (ROGEZ, 2000). Essas características interessantes sugerem

prognósticos de crescimento de exportação da polpa de açaí, inclusive para os mercados de elevado poder aquisitivo do Hemisfério Norte (GILBERTO KEN-ITI YOKOMIZO, 2012) (Figura 3).



Figura 2.a) Cacho de Açaí recém colhido, b) Frutos em embalagem tradicional para comércio c) Açaizal à margem de rio com vegetação de várzea.FONTE: Própria autora

Em um estudo recente, feito no Delta do rio Amazonas em áreas de várzea próximas de Belém (PA), foi demonstrado uma significativa perda de riqueza de espécies de árvores locais e uma tendência de empobrecimento florístico nas florestas de várzea amazônicas sob intensa produção de açaí (FREITAS et al., 2015).

A expansão dos açaizais já foi constatada em 2001, em uma análise histórica realizada com fotos aéreas da década de 70 e imagens de satélite de 1991 em duas localidades no estuário amazônico, no estado do Amapá (ZARIN et al., 2001). Foram encontradas grandes mudanças na paisagem, sendo que as áreas classificadas como de palmeiras, onde estão incluídos os açaizais tiveram um aumento de 150%, enquanto que a área classificada como floresta de várzea sofreu uma redução de 25% (ZARIN et al., 2001). Entretanto o estudo foi feito com imagens da década de 70 e 90, portanto essas áreas já devem ter tido um aumento substancial, necessitando assim, de uma nova análise baseada em dados mais atuais.

1.4 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre

sem a necessidade de contato direto com os mesmos (PONZONI, 2002). Essa condição é imposta pelo uso de um sensor, que está a uma distância remota do objeto interpretando e registrando as informações extraídas através da energia refletida ou emitida por estes objetos (MENESES; ALMEIDA, 2012). Assim, sensoriamento remoto pode ser definido como uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A principal motivação dos estudos em vegetação envolvendo a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, fundamenta-se na compreensão da “aparência” que uma dada cobertura vegetal assume em um determinado produto de sensoriamento remoto, a qual é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2002).

O sensoriamento remoto é constituído por uma razoável constelação de satélites que oferecem imagens para atender as necessidades de uma ampla demanda de usuários, uma forma de se abordar as potencialidades de um sensor é pelo dimensionamento de suas resoluções (MENESES; ALMEIDA, 2012).

1.4.1 Imagens de média resolução

A série de satélites Landsat surgiu no final dos anos 60 como parte do Programa de Levantamento de Recursos Terrestres da NASA. Esta missão foi denominada Earth Resource Technology Satellite (ERTS) e em 1975 passou a se chamar Landsat (NASA, 2013). O último satélite da série foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, o Landsat 8 (Tabela 1). Com dois novos sensores: Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS). O sensor OLI possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática (Tabela 2). O sensor TIRS possui bandas espectrais na faixa do infravermelho termal (NASA, 2013).

Tabela 1. Especificações técnicas do satélite Landsat 8/OLI.

Altitude da órbita	705 km
Hora de passagem no Equador	10:00 h
Largura da imagem	185 km
Tempo de revisita	Aproximadamente 16 dias, dependendo da latitude
Capacidade de coleta	4,5 milhões de km ² /dia
Sensor	Operational Land Imager – OLI Thermal Infrared Sensor – TIRS
Bandas espectrais	Pancromático: banda 8 Multiespectral: bandas 1 – 7 e 9 Termal: bandas 10 – 11
Resolução espacial	Pancromático: 15m Multiespectral: 30m Termal: 100m
Resolução radiométrica	16 bits

Fonte: Embrapa, 2014

Tabela 2. Bandas espectrais e comprimentos de onda do satélite Landsat 8/OLI.

Landsat 8 / Bandas	Comprimento de Onda (micrometros)
Band 1- Coastal aerosol	0.43 – 0.45
Band 2- Blue	0.45 – 0.51
Band 3- Green	0.53 – 0.59
Band 4- Red	0.64 – 0.67
Band 5- Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88
Band 6- SWIR 1	1.57 – 1.65
Band 7- SWIR 2	2.11 – 2.29
Band 8- Panchromatic	0.50 – 0.68
Band 9- Cirrus	1.36 – 1.38
Band 10- Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19
Band 11- Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51

Fonte: Embrapa, 2014

1.4.2 Imagens de alta resolução

A constelação de satélites RapidEye combina resoluções espacial, espectral e temporal. É o primeiro sistema orbital a incluir a banda *Red-Edge*, localizada entre o vermelho e o infravermelho próximo, específica para o monitoramento da atividade fotossintética da vegetação, que mede variações na vegetação, permitindo a separação de espécies e monitoramento da saúde da vegetação (FELIX et al., 2009).

A imagem RapidEye possui resolução espacial original de cada banda de 6,5 metros (Tabela 3 e 4) e após a ortorretificação as bandas são reamostradas para uma resolução de 5m (RapidEye, 2014).

Tabela 3. Especificações técnicas gerais dos satélites do sistema RapidEye.

Altitude da órbita	630 km, órbita síncrona com o Sol
Hora de passagem no Equador	11:00 h (aproximadamente)
Largura da imagem	77 km
Tempo de revisita	Diariamente (off-nadir); 5,5 dias (nadir)
Capacidade de coleta	4,5 milhões de km ² /dia
Sensor	Multiespectral: REIS (RapidEye Earth Imaging System)
Bandas espectrais	(Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR)
Resolução espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do pixel (ortorretificado)	5m
Resolução radiométrica	12 bits

Fonte: RapidEye, 2014.

Tabela 4. Bandas espectrais e comprimento de onda dos satélites do sistema RapidEye.

Bandas espectrais	Comprimento de onda
Azul	440 – 510 nm
Verde	520 – 590 nm
Vermelho	630 – 685 nm
Red-Edge	690 – 730 nm
Infravermelho próximo	760 – 850 nm

Fonte: RapidEye, 2014.

A radiação eletromagnética interage com a atmosfera causando alterações no fluxo radiante, sendo desejável a realização de compensação ou atenuação dos efeitos atmosféricos através de correção atmosférica (MATTHEW et al., 2002). A correção atmosférica através de modelos de transferência radiativa utilizam as características da atmosfera para obter o fluxo de radiação que se originou da superfície e chegou ao sensor. Os métodos que utilizam os modelos de transferência radiativa são os mais adequados para correção atmosférica (MORAN et al., 1992; ANTUNES et al., 2013).

Visando compensar os efeitos da interação entre a radiação eletromagnética e a atmosfera, foram desenvolvidos algoritmos, como o Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH). (MATTHEW et al., 2002).

A aritmética de bandas é uma fórmula algorítmica de processamento de imagens. É um processo que ajusta e suaviza imagens muito ruidosas ou obtém realces de toda a área de uma imagem. O processo de transformação é executado *pixel a pixel* por meio de uma regra matemática pré-definida envolvendo, normalmente, no mínimo

duas bandas do mesmo sensor ou bandas de datas de aquisição diferentes (MENESES; ALMEIDA, 2012).

1.4.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites que provém da equação composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho. Sua geração se dá pela diferença entre a reflectância do infravermelho próximo (IVP) e a reflectância do vermelho (V), dividida, respectivamente, pela soma das duas reflectâncias. Essa equação gera um índice que varia de -1 a 1 (RÊGO et al., 2012). Quanto maior o valor do índice, maior é a presença da vegetação, enquanto os menores valores representam baixos índices de vegetação. Estes valores baixos correspondem a alvos como solo exposto, água e áreas construídas.

A normalização é feita através da seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)}$$

onde: ρ_{IVP} - reflectância no infravermelho próximo

ρ_V - reflectância no vermelho

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) proposto por Rouse et al., (1973) é comumente empregado pela comunidade científica em estudos para caracterização e análise de reflectância da vegetação. Ele permite medir a quantidade e a condição da mesma em uma determinada área, podendo ser utilizado no estudo do ciclo de crescimento da vegetação e na análise de eventuais perturbações em seu ciclo sazonal (ROUSE et al.,1973).

2 HIPÓTESE

É possível diferenciar, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, as áreas de açazais nativos das áreas de açazais adensados pela comunidade ribeirinha.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Esse trabalho objetiva identificar se há diferença nos padrões de resposta do NDVI, em diferentes tipos de imagens de satélite, entre açazais adensados e floresta natural de várzea, no município de Mazagão no estado do Amapá.

3.2 Específicos

- Identificar padrões de resposta NDVI de açazal adensado em imagens óticas de média e alta resolução espacial;
- Comparar os padrões de resposta NDVI de açazal adensado da floresta de várzea natural, sem adensamento de açazais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Foz do Rio Mazagão Velho, no estuário do rio Amazonas entre as coordenadas $0^{\circ}13' S$ a $0^{\circ}16' S$ e $51^{\circ}20' W$ a $51^{\circ}25' W$ (Figura 4). Esta área, localizada no município de Mazagão no Estado do Amapá, foi escolhida por ser uma área de fácil acesso e representar bem a transformação que vem ocorrendo neste ecossistema devido a intensificação da produção de açaí.

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto “Ecologia e manejo florestal para uso múltiplo de várzeas do estuário amazônico – Florestam” que teve como objetivo estudar a ecologia, o funcionamento, forma de uso pelos ribeirinhos, estoques de madeira e produtos não madeireiros da várzea estuarina, para contribuir no desenvolvimento de técnicas silviculturais, de manejo e monitoramento da sustentabilidade da produção.

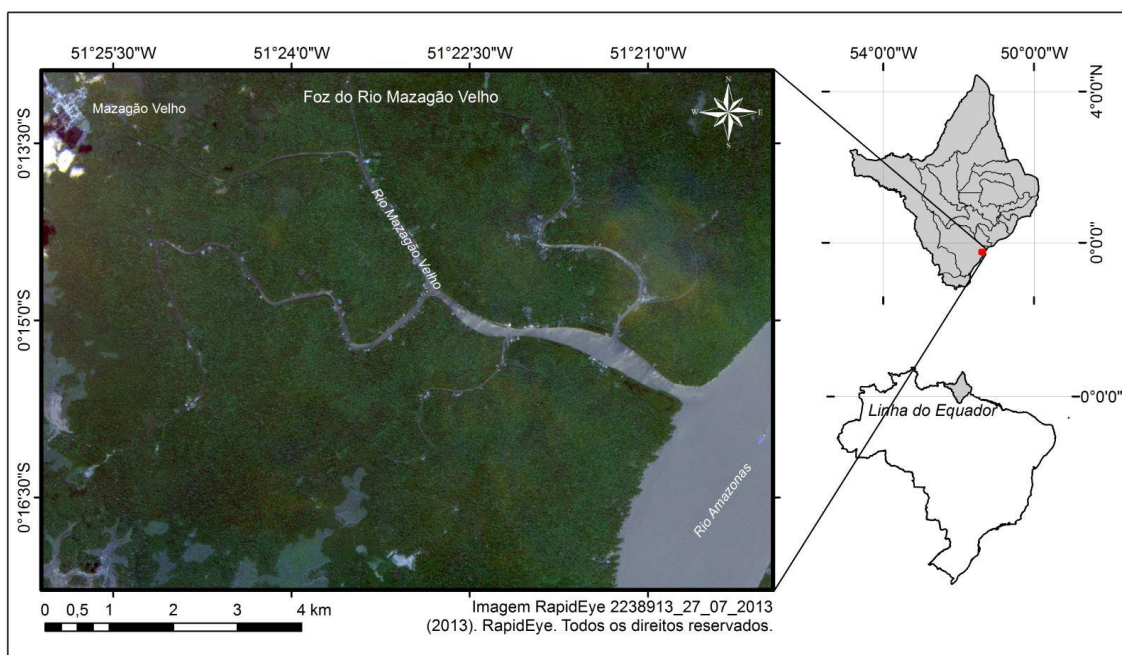


Figura 3. Localização da área de estudo na Foz Do Rio Mazagão, sul do Estado do Amapá, definidas em função da confluência dos afluentes primários com o canal norte do Rio Amazonas.

O município de Mazagão Velho localiza-se ao sul do Estado do Amapá. A área do município é de 13.189,60 km² (IBGE 2013) e faz limites com os municípios de Santana, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Laranjal do Jari e Vitória do Jari.

4.2 Aquisição de dados

4.2.1 Pontos Amostrais

Para este estudo foi obtido um ponto central por área de açaizal adensado. Para a coleta dos pontos foi utilizado um aparelho GPS marca Garmin (GPSMAP® 78s), este apresenta um erro de aproximadamente 10m. O sistema de coordenadas utilizado foi o Lat/Long e sistema de referência WGS/84. Foram coletados 10 pontos de açaiçais adensados (PAA), pertencentes a proprietários diferentes da comunidade ribeirinha localizada ao longo do rio Mazagão nas comunidades de Espírito Santo, Igarapé grande e Mutuacá (Figura 5 e Tabela 5). Grande parte dos açaiçais adensados nesta região ocupam uma área entre 0,5 e 2 ha, no entanto em alguns casos o tamanho dos açaiçais adensados podem variar desde 0,5 ha a mais de 10 ha, dependendo da capacidade de trabalho do proprietário.

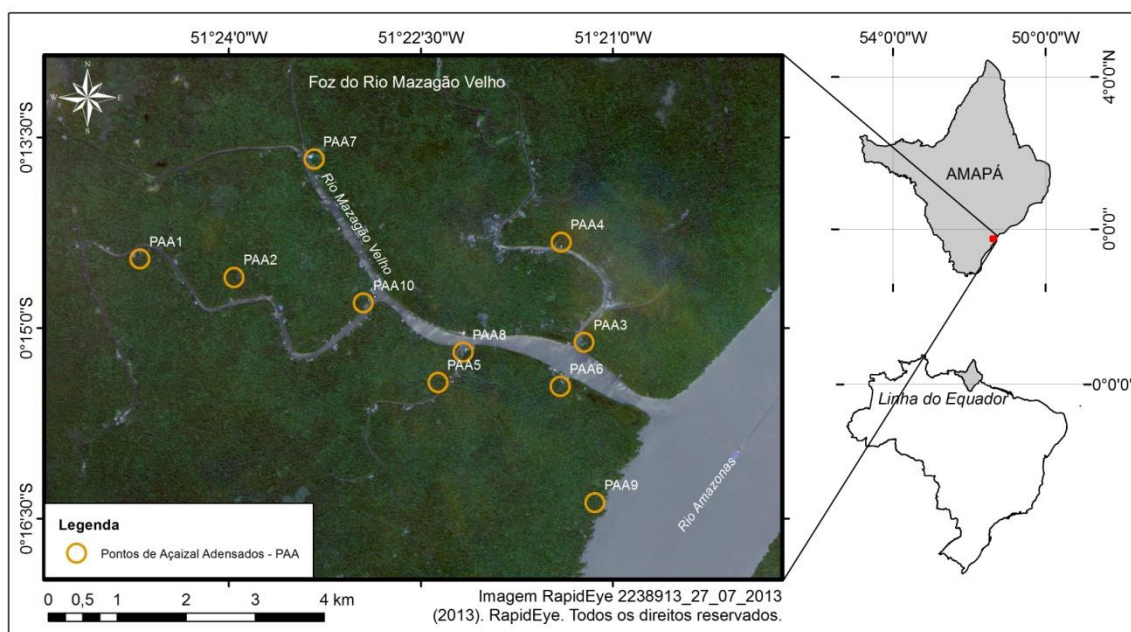


Figura 4. Localização dos pontos de açaizal adensado (PAA) obtidos na área de estudo.

Tabela 5. Coordenadas dos PAA, expressos em graus decimais, Sistema de Coordenadas Geográficas.

PAA	Latitude (S)	Longitude (W)	Data de aquisição
PAA1	0,240960	51,411576	11/2013
PAA2	0,243358	51,399300	11/2013
PAA3	0,251890	51,353732	11/2013
PAA4	0,238763	51,356722	11/2013
PAA5	0,257137	51,372761	11/2013
PAA6	0,257653	51,356868	11/2013
PAA7	0,227878	51,388905	11/2013
PAA8	0,253175	51,369500	11/2013
PAA9	0,272898	51,352345	11/2013
PAA10	0,246733	51,382463	11/2013

Além dos PAA identificados em campo foram escolhidos 10 pontos de florestas natural (PFN) na imagem recorte em áreas afastadas das margens dos rios e de residências dos ribeirinhos, as quais são reconhecidas como áreas de florestas de várzea sem açaiçais adensados (Tabela 7).

Tabela 6. Coordenadas dos PFN, expressos em graus decimais, Sistema de Coordenadas Geográficas.

PFN	Latitude (S)	Longitude (W)
PFN1	0,219846	51,412401
PFN2	0,221472	51,379511
PFN3	0,232873	51,348506
PFN4	0,247801	51,339341
PFN5	0,264088	51,358482
PFN6	0,241015	51,373040
PFN7	0,239116	51,398654
PFN8	0,266258	51,395958
PFN9	0,248070	51,411593
PFN10	0,254586	51,421838

4.2.2 Imagens de satélite

Para este estudo foram utilizadas duas imagens de satélite. Uma imagem de média resolução espacial, Landsat 8/OLI órbita/ponto 225/60, data de aquisição 23/06/2013. Adquirida do *site* USGS (<http://glovis.usgs.gov/>), estas são disponibilizadas gratuitamente para *download*. As imagens Landsat 8/OLI estão no formato: Projeção UTM, Datum WGS 1984 e estão ortorretificadas. E uma imagem de alta resolução espacial, imagem RapidEye órbita/ponto 2238913, data de aquisição 27/07/2013. Adquirida do *site* MMA (<http://geocatalogo.ibama.gov.br/>), estas são disponibilizadas gratuitamente para *download* para as instituições públicas (Tabela 6).

Tabela 7. Características das imagens óticas Landsat/OLI e Rapideye utilizadas.

	LANDSAT 8/ OLI	RAPIDEYE
Bandas espectrais	0.64 – 0.67 μm (Band 4 - Red) 0.85 – 0.88 μm (Band 5 – NIR)	0.60 – 0.70 μm (Band 3 – Red) 0.70 – 0.75 μm (Band 4 – NIR)
Resolução espacial	30m x 30m	5m x 5m
Órbita/ponto	225/60	2238913
Data	23/06/2013	27/07/2013

4.3 Processamento de imagens

4.3.1 Recorte

Foram feitos recortes nas imagens Landsat 8/OLI e RapidEye da área de estudo abrangendo todos os PAA coletados dentro da Foz do Rio Mazagão. O *software* utilizado foi o Environment for Visualizing Image – versão ENVI 5.0.

4.3.2 Correção atmosférica

A correção atmosférica processada na imagem Landsat foi o algoritmo FLAASH, que utiliza o código de transferência radiativa MODTRAN (ADLER-GOLDEN et al., 1999; BERK et al., 2002). Para a correção atmosférica utilizou-se o *software* Environment for Visualizing Image - ENVI – versão 5.0.

As imagens RapidEye já vem com a correção atmosférica processada através do modelo ATCOR3(FELIX et al., 2009).

4.3.3 Índice de vegetação por Diferença Normalizada – NDVI

Neste trabalho o NDVI foi gerado para a imagem Landsat 8/OLI e imagem RapidEye através do programa ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012). As fases principais da metodologia utilizada nesse estudo estão resumidas em um fluxograma (Figura 6).

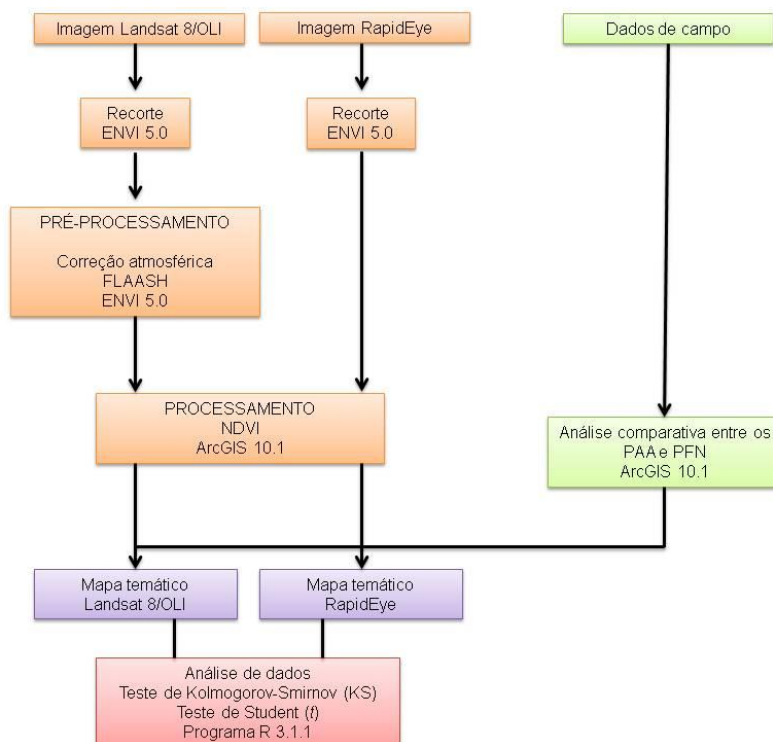


Figura 5. Fluxograma da metodologia utilizada para o processamento das imagens Landsat 8/OLI e RapidEye para análise das resposta do NDVI de áreas de açazais adensados e não adensados.

4.4 Análise comparativa entre os PAA e PFN nas imagens

Nas imagens Landsat 8/OLI cada ponto correspondeu a um *pixel* de 30 x 30 m (900 m²) de maneira que estes fossem do tamanho aproximado da maioria dos açazais adensados. Essa mesma área foi considerada para a imagem RapidEye ortorretificada, o que correspondeu a um total de 36 *pixels* com resolução de 5 x 5m (Figura 7).

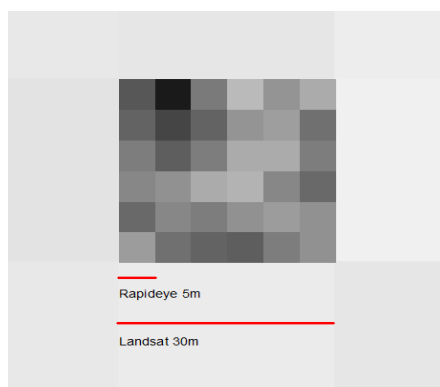


Figura 6. Tamanho de *pixel* da imagem Landsat 8/OLI (30 x 30 m) e da imagem RapidEye (5 x 5 m) utilizado como referência para extrair as reflectâncias espectrais dos PAA e PFN.

Todos os pontos foram plotados nas imagens NDVI Landsat 8/OLI e RapidEye ortorretificadas. Através do programa ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012), os valores de NDVI

dos PAA e PFN referentes a uma área de 30 x 30m foram obtidos das imagem NDVI Landsat e RapidEye (Figura 7 e Figura 8).

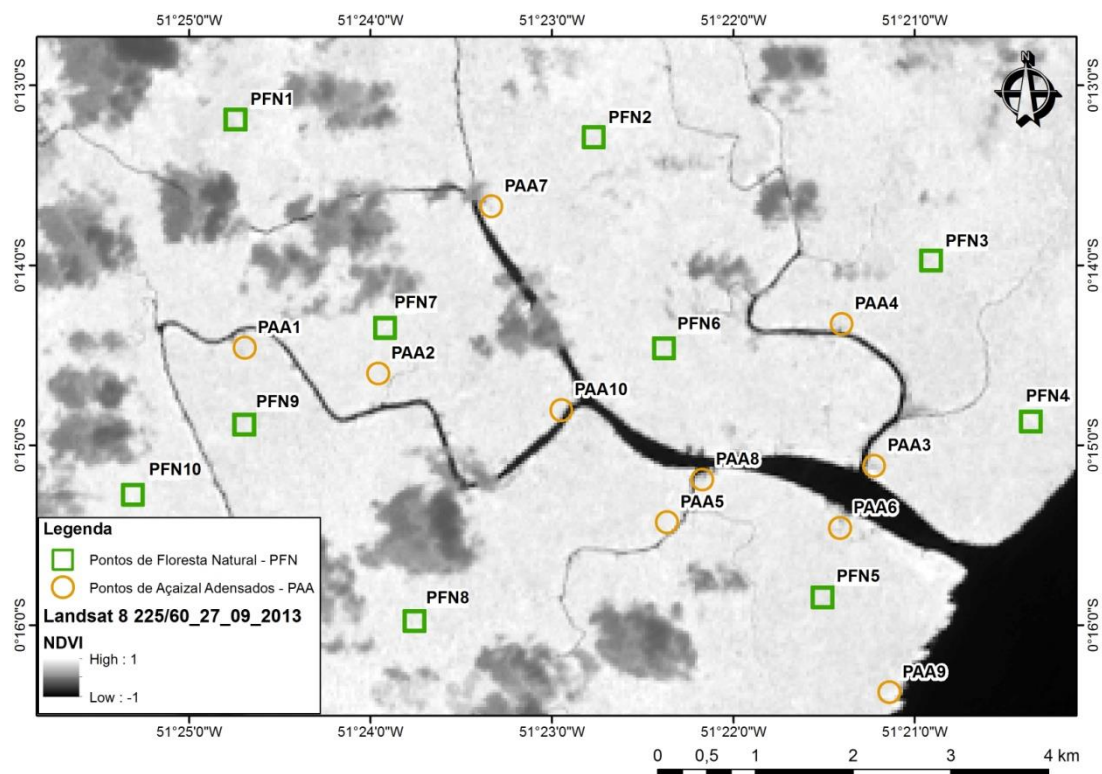


Figura 7. Imagem NDVI Landsat/OLI de 27/09/2013 mostrando os PAA e os PFN na área de estudo, município de Mazagão, Amapá.

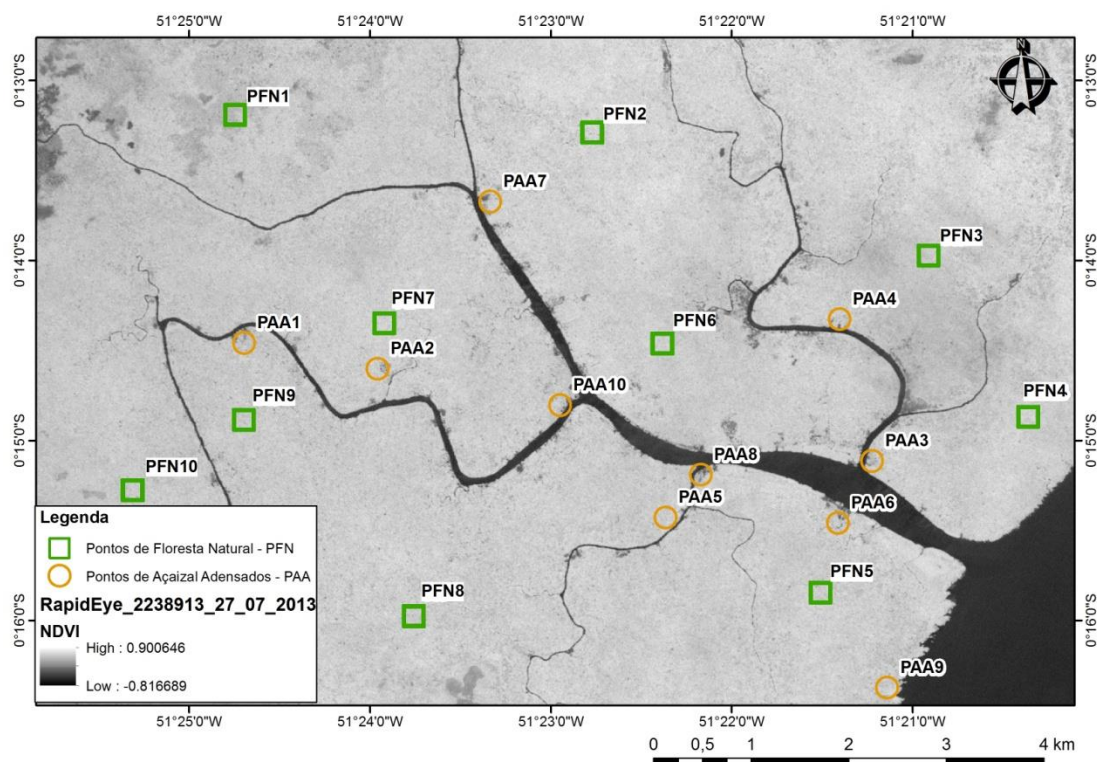


Figura 8. Imagem NDVI RapidEye de 27/07/2013 mostrando os PAA e os PFN na área de estudo, município de Mazagão, Amapá.

4.4.1 Análise de dados

Os padrões de resposta NDVI dos PAAe PFN nas imagens Landsat e RapidEye foram identificados através de estatística descritiva. O primeiro passo para as análises estatísticas foi verificar se os dados seguem uma distribuição normal e para isso foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, e se as variâncias são homogêneas através do teste Levene e Bartlett (SOKAL & ROHLF, 1995). Como os dados da imagem RapidEye não obedeciam a premissa de normalidade, os mesmos foram transformados através de varias técnicas (LN, Log10, Centrado, Raiz quadrada). Quando mesmo com as transformações, os valores não obedeciam à normalidade, testes não paramétricos foram utilizados. A comparação entre as áreas foi realizada através do teste de Mann-Whitney (U) ao nível de 0,05 (SOKAL & ROHLF, 1995). Todas as análises foram realizadas no StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7(www.statsoft.com).

5 RESULTADOS

5.1 Padrões de resposta NDVI em imagens Landsat 8/OLI

O NDVI médio (\pm DP) dos pontos PAA para a imagem Landsat foi de $0,48 \pm 0,03$ com um valor mínimo de 0,43 e valor máximo de 0,52 (Figura 9). Para os pontos PFN o NDVI médio foi de $0,51 \pm 0,02$ variando entre 0,49 e 0,54.

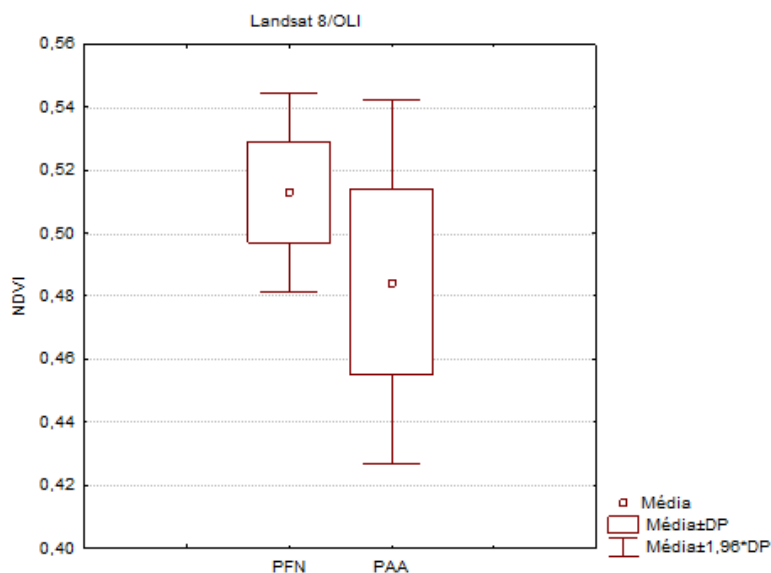


Figura 9. Média e desvio padrão dos valores de NDVI para a imagem Landsat 8/OLI.

O teste t entre médias dos PAA e PFN da imagem Landsat 8/OLI teve um valor de $p = 0.017681$ com $n = 10$. Essa diferenciação nos valores de NDVI é perceptível visualmente (Figura 10)

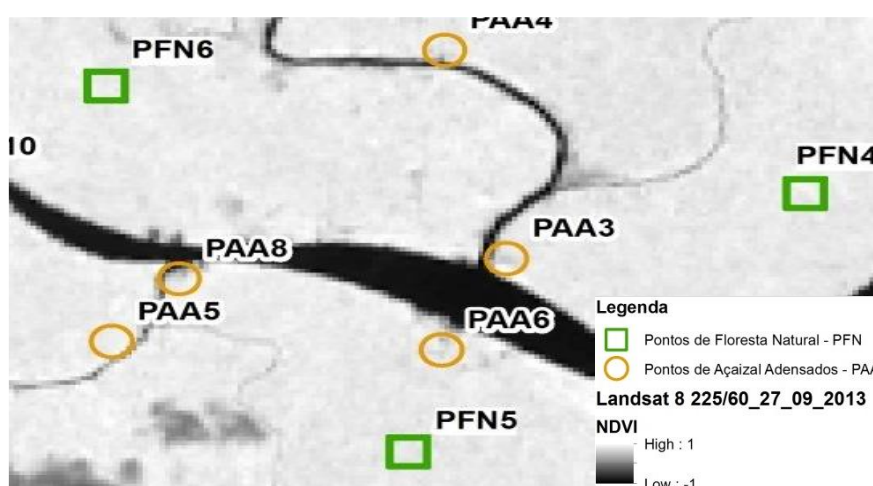


Figura 10. Padrões de resposta dos PAA e PFN da imagem NDVI Landsat 8/OLI.

5.2 Padrões de resposta NDVI em imagens RapidEye

O NDVI médio (\pm DP) dos pontos PAA para a imagem RapidEye foi de $0,57 \pm 0,08$ com um valor mínimo de 0,28 e valor máximo de 0,72 (Figura 11. Mediana dos valores de NDVI para a imagem RapidEye).

O teste de Mann-Whitney entre médias dos PAA e PFN da imagem RadipEye teve um valor de $p < 0.0001$ com $n = 360$ ($Z(U) = 6,8304$). Essa diferenciação nos valores de NDVI é perceptível visualmente (Figura 12)). Para os pontos PFN o NDVI médio foi de $0,61 \pm 0,06$ variando entre 0,42 e 0,76.

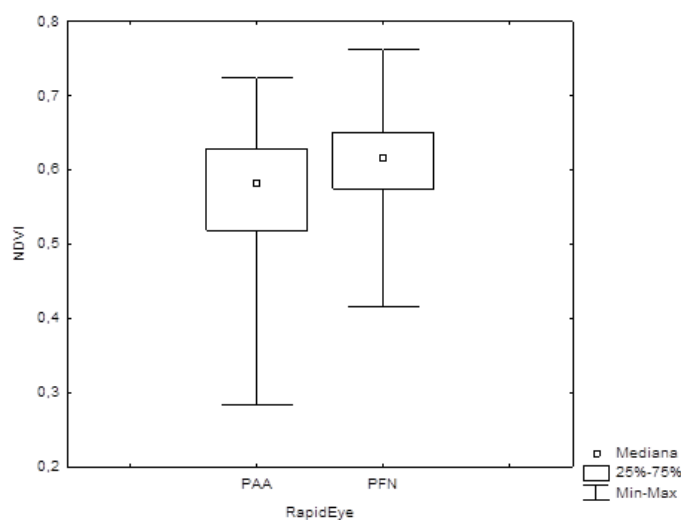


Figura 11. Mediana dos valores de NDVI para a imagem RapidEye.

O teste de Mann-Whitney entre médias dos PAA e PFN da imagem RadipEye teve um valor de $p < 0.0001$ com $n = 360$ ($Z(U) = 6,8304$). Essa diferenciação nos valores de NDVI é perceptível visualmente (Figura 12)

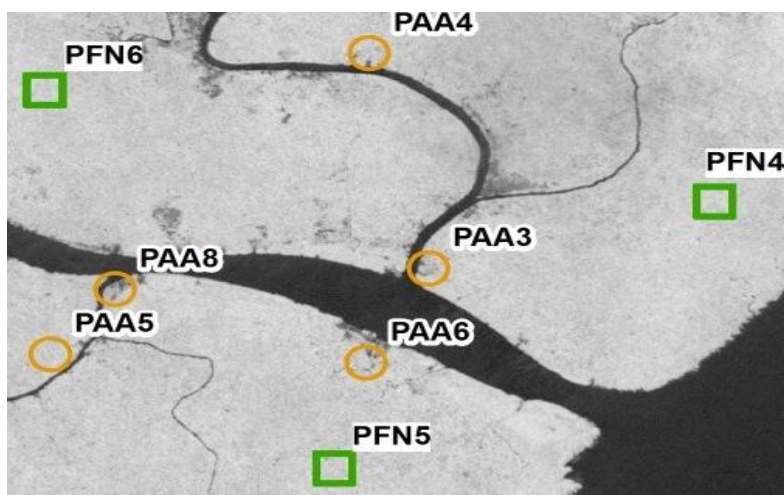


Figura 12. Padrões de resposta dos PAA e PFN da imagem NDVI RapidEye.

6 DISCUSSÃO

Nas imagens NDVI, os valores mais altos dos pixels (em geral de 1,0 a 0,8) representam altos índices de vegetação (ex. florestas densas ou regeneração), enquanto os valores mais baixos de pixels ($< 0,5$) representam baixos índices de vegetação (campos ou solo exposto) (ANDERSON E SHIMABUKURO, 2007; BENEDETTI et al., 2011). Os valores de NDVI por volta de 0,5 encontrado neste estudo para as áreas de açaizal adensado podem corresponder a menor densidade árvores em áreas de floresta de várzea com adensamento de açaí. Além disso, as copas das touceiras de açaí possuem menor densidade de folhas o que pode ter maior influencia da resposta do solo nessas áreas, assim como a influência da água visto que os açaiçais normalmente ficam em áreas bastante úmidas e que em boa parte do tempo estão inundadas.

Este estudo encontrou uma pequena diferença entre os valores de NDVI entre as áreas com e sem adensamento de açaizal (PAA e PFN), em ambas as imagens (tanto a RapidEye com maior resolução espacial (5 x 5 m) como a landsat/OLI com mediana resolução espacial (30 x 30 m), possibilitando a identificação das áreas de açaiçais no estuário amazônico. No entanto, tendo em vista que as áreas de açaiçais adensados usadas para esse estudo são pequenas, as imagens de alta resolução espacial, como a RapidEye, podem ser mais interessantes para detectar mudanças na paisagem. Além disso, a utilização de sensores de nova geração como o RapidEye, com bandas estratégicas é vista como uma vantagem em relação a outras imagens de menor resolução e com outras bandas (OZDEMIR; KARNIELI, 2011; ECKERT, 2012; DUBE et al., 2014).

Em estudos de sensoriamento remoto, o processamento e a classificação digital de imagens são metodologias bastante utilizadas para mapeamento de cobertura vegetal. Vários estudos envolvendo florestas de várzea foram desenvolvidos utilizando diversas metodologias de processamento e de classificação para diferentes imagens de satélites (RENÓ et al. 2011; ZARIN et al, 2001; MOURA et, al 2013, KOH et al., 2011). É bastante comum a utilização de sensores óticos, no entanto imagens de radar podem também ser utilizadas (MOREL et al., 2011) especialmente em condições de alta cobertura de nuvens como é o caso da área desse estudo.

AVARENGA (2014), em seu trabalho de caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima – MG, utilizou-se de imagem Landsat sensor MSS para

obtenção de índices de vegetação, NDVI e índice de vegetação ajustado ao solo – SAVI, visando analisar o desempenho dos dois índices, concluiu que ambos apresentam resultados aproximados da realidade, com destaque para o SAVI que não tem necessidade de medições em campo e pode discriminar mais alvos já que apresenta maior abrangência de valores. Logo para este trabalho que objetiva identificar apenas um alvo, açaizal adensado em floresta de várzea, tal índice é dispensável, além de que foi feito um levantamento de campo para área de estudo.

Apesar de o sensoriamento remoto ter sido amplamente utilizado para mapear a conversão de florestas tropicais em outros usos de solo, incluindo plantações de palmeiras (KOH et al., 2011), imagens radar parecem ser necessárias para estudos mais especializados, como os que estimam biomassa florestal (MOREL et al., 2011).

Em estudos de sensoriamento remoto, o processamento e a classificação digital de imagens são metodologias bastante utilizadas para mapeamento de cobertura vegetal. Vários estudos de sensoriamento remoto envolvendo florestas de várzea foram desenvolvidos utilizando diversas metodologias de processamento e de classificação para diferentes imagens de satélites tais como: RENÓ et al, 2011, que após processar uma imagem Landsat, sensor MSS, obteve a classificação não supervisionada da planície de inundação do baixo Amazonas; ZRIN et al, 2001, utilizou-se de processamento e classificação não supervisionada, desta vez para imagem Landsat sensor TM, para realizar mapeamento de cobertura de floresta de várzea no rio Amazonas, estado do Amapá. Enquanto para imagem RapidEye tem –se um estudo de mapeamento do solo do município de Bom Sucesso a partir de processamento no trabalho de caracterização da cobertura vegetal no SPRING e classificação (Moura et, al 2013). AVARENGA (2014), em seu trabalho de caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima – MG, utilizou-se de imagem Landsat sensor MSS para obtenção de índices de vegetação, NDVI e índice de vegetação ajustado ao solo – SAVI, visando analisar o desempenho dos dois índices, concluiu que ambos apresentam resultados aproximados da realidade, com destaque para o SAVI que não tem necessidade de medições em campo e pode discriminar mais alvos já que apresenta maior abrangência de valores. Logo para este trabalho que objetiva identificar apenas um alvo, açaizal adensado em floresta de várzea, tal índice é dispensável, além de que foi feito um levantamento de campo para área de estudo.

7 CONCLUSÕES

- Com a metodologia utilizada neste trabalho foi possível diferenciar as áreas de floresta de várzea com (PAA) e sem (PFN) adensamento de açcaizal tanto em imagens de média resolução espacial (Landsat8) como em imagens de alta resolução espacial (RapidEye).
- Devido ao pequeno tamanho das áreas de açcaizais adensados na região do rio Mazagão foi possível identificar visualmente com melhor nitidez tais áreas na imagem de alta resolução (RapidEye). ;
- Recomenda-se uma análise geoestatística para obter melhores resultados sobre o padrão de NDVI encontrado nas áreas de açcaizais adensados comparado com áreas sem adensamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adler-Golden, S.M.; Matthew, M.W.; Bernstein, L.S.; Levine, R.Y.; Berk, A.; Richtsmeier, S.C.; Acharya, P.K.; Anderson, G.P.; Felde, G.; Gardner, J.; Hike, M.; Jeong, L.S.; Pukall, B.; Mello, J.; Ratkowski, A.; Burke, H. Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4. *SPIE Proc. Imaging Spectrometry*, v. 3753, p. 61-69, 1999.

ALMEIDA, S. S.; SILVA, P. J. D. As palmeiras: aspectos botânicos, ecológicos e econômicos. In: LISBOA, P.L. B. (Org.). *Caxiuanã*. Belém: CNPQ/MPEG, 1997. p. 235-251.

ALMEIDA, S.S.; SILVA, M.S.; ROSA, N.A. Análise fitossociológica e uso de recursos vegetais na Reserva Extrativista do Cajari, Amapá. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Série Botânica*, Belém, v.11, n.1, p.61-74, 1996.

ALVARENGA, A. S.; MORAES, M. F. Processamento digital de imagens LANDSAT – 8 para obtenção dos índices de vegetação NDVI e SAVI visando a caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima - MG. *Portal MUNDOGEO* 2014.

ANDERSON, A.B.; GELY, A.; STRUDWICK, J.; SOBEL, G. L.; PINTO, M. G. C. Um sistema agroflorestal na várzea do estuário amazônico (Ilha das Onças, município de Barcarena, Estado do Pará). *Acta Amazonica*, Manaus, v.15, n.1/2, p.195-224, 1985. Suplemento.

ANTUNES, M. A. H.; et al., Características das imagens RapidEye para mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, 0547 – 0554.

ARIMA, E.; MACIEL, N.; UHL, C. Oportunidades para o Desenvolvimento do Estuário Amazônico. Belém: IMAZON, 184 p. 1998.

BALICK, M. J.; ANDERSON, A. B.; SILVA, M. F. Palm taxonomy in Brazilian Amazonia: the state of systematic collections in regional herbaria. *Brittonia*, n. 34, p. 463-477, 1982.

Berk, A.G.P.; Adler-Golden, S.M.; Ratkowski, A.J.; Felde, G.W.; Anderson, G.P.; Hoke, M.L.; Cooley, T.; Chetwynd, J.H.; Gardner, J.A.; Matthew, M.W.;

Bernstein, L.S. Acharya, P.K.; Miller, D.; Lewis, P. Exploiting MODTRAN radiation transport atmospheric correction: the FLAASH algorithm. SPIE Proceeding, Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and Space Research, p. 798-803, 2002.

BLACKBRIDGE. <http://blackbridge.com/rapideye/>

BRONDÍZIO, E. S.; SAFAR, C.A; SIQUEIRA, A. D. The urban market of Açaí fruit (*EuterpeoleraceaMart .*) and rural land use change : Ethnographic insights into the role of price and land tenure constraining agricultural choices in the Amazon estuary. *Urban Ecosystems*, v. 6, p.67–97, 2002.

CALZAVARA, B.B.G. As possibilidades do açaizeiro no Estuário Amazônico. *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém*, n.5, p.1-103, 1972.

CAMPOS, M. T.; EHRINGHAUS, C. Plant virtues are in the eyes of the beholders: a comparison of known palm uses among indigenous and folk communities of southwestern amazonia. *Economic Botany, New York*, v. 57, n. 3, p. 324-344. 2003.

CARIM, J. V. C.; JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Composição florística e estrutura da floresta de várzea no município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. *Scientia Forestalis*, v. 36, n. 79, p. 191-201, 2008.

CARVALHO JÚNIOR, O.A., Guimarães, R.F., Carvalho, A.P.F. Gomes, R.A.T., Melo, A.F., Silva, P.A. Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In: *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE*, p. 473-480

CAVALCANTE, P.B. *Frutas comestíveis da Amazônia*. 5ª ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi : CEJUP : CNPq, 1991. 279p.

CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistics*. New York: John Wiley & Sons. 1971.

COSTA-NETO, S.V.; SILVA, M.S. Projeto zoneamento ecológico-econômico do setor costeiro estuarino do Estado do Amapá: diagnóstico sócio-ambiental, relatório técnico de vegetação. Macapá: IEPA, 2003. 38p.

DUBE, T.; MUTANGA, O.; ADAM, E.; ISMAIL, R. Intra-and-inter species biomass predicting in a plantation forest: testing the utility of high spatial resolution

spaceborne multispectral rapideye sensor and advanced machine learning algorithms. *Sensors*, v. 14, n. 8, p. 15348-15370. 2014.

ECKERT, S. Improved forest biomass and carbono estimations using texture measures from WorldView-2 satellite data. *Remote Sensing*, v. 4, p. 810-829. 2012.

EMBRAPA. EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Satélites de monitoramento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite/2013. Disponível: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 15/10/2014.

ESRI. ArcGIS 10.1. Redlands, California. 2012.

FELIX. I. M.; KAZMIERCZAK, M. L.; ESPINDOLA, G. M.; RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIV, 2009, NATAL. Anais... Natal: 2009. p. 7619-7622.

FREITAS et al., 2015. M.A.B. Freitas et al. / *Forest Ecology and Management* 351 (2015) 20–27

GILBERTO KEN-ITI YOKOMIZO. Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de Euterpe oleracea coletados no Afuá-Pará nas condições do Amapá; *CERNE* vol.18 no.2 Lavras Apr./June 2012

GLASSMAN, S. F. A revision of B. E. Dahlgren's Index of American Palms. *Lehre*; Verlag V. J. Cramer, 1972. 249 p.

GUEDES, M. C. Projeto FLORESTAM - Ecologia e manejo florestal para uso múltiplo de várzeas do estuário amazônico. Macroprograma 2. Competitividade e Sustentabilidade. Macapá: EMBRAPA-AP, 2009.

HIRAOKA, M. Caboclo resource management: a review. In: REDFORD, K.; PADOCH, C. (Eds). *Conservation in the Neotropics*. New York: Columbia University Press, 1992.

HOMMA, A.K.O. et al., Custo operacional de açazeiro irrigado com microaspersão no município de Tomé-Açu. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 5p. (Comunicado Técnico, 88).

HOMMA, A. K. O; NOGUEIRA, O. L; MENEZES, A. J. E. A; CARVALHO, J. E. U; NICOLI, C. M. L; MATOS, G. B. Açai: novos desafios e tendências.

AMAZÔNIA: Ciência & Desenvolvimento. n.2, v. 1, 2006.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E
GESTÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –
IBGE Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura v. 25, p.1- 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2013

JARDIM, Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 2, n. 4, jan./jun. 2007.

JARDIM, M. A. G. Cartilha Informativa sobre a palmeira açaí. Belém; Museu Emilio Goeldi, 1995.

JARDIM; CUNHA 1998 Jardim, M.A.G. & Cunha, A.C.C. 1998. Caracterização estrutural de populações nativas de palmeiras do estuário amazônico. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica, 14 (1): 33-41.

JARDIM, M.A.G.; ANDERSON, A.B. Manejo de populações nativas do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no Estuário Amazônico: resultados preliminares. Boletim de Pesquisa Florestal, Curitiba, n.15, p.1-19, 1987.

JARDIM, M.A.G.; KAGEYAMA, P.Y. Fenologia de floração e frutificação em população natural de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no Estuário Amazônico. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, v.10, n.1, p.77-82, 1994.

JARDIM, M.A.G.; VIEIRA, I.C.G. Composição florística e estrutura de uma floresta de várzea do estuário amazônico, Ilha do Combu, Estado do Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Série Botânica, Belém, v.17, n.2. p.333-354, 2001.

KAHN, F.; CASTRO, A. de. The palm community in a Forest of Central Amazônia, Brazil. *Biotropica*, v. 17, n. 3, p. 210-216, 1985.

KEEL, S.H.; PRANCE, G.T. Studies of the vegetation of a white-sand black-water igapó (Rio Negro, Brasil). *Acta Amazônica*, Manaus, v.9, n.1, p.645-655, 1979.

KOH, L. P.; MIETTINEN, J.; LIEW, S. C.; GHAZOUL, J. Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 108, n. 12, p. 5127-5132, 2011.

MARCELO DE JESUS VEIGA CARIM Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil- Sci. For., Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 191-201, set. 2008.

Matthew, M.W.; Adler-Golden, S.M.; Berk, A. Atmospheric correction of spectral imagery: Evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data. 31st Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2002.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília, 2012.

MOREL, A. C.; SAATCHI, S. S.; MALHI, Y.; BERRY, N. J.; BANIN, L.; BURSLEM, D.; NILUS, R.; ONG, R. C. Estimating aboveground biomass in forest and oil palm plantation in Sabah Malaysian Borneo using ALOS PALSAR data. Forest Ecology and Management, v. 262, p. 1786-1798, 2011.

MOURA, A. C.M.; SEPÚLVEDA, C. L.; RESENDE, M. S.; RIBEIRO, S. R.; Uso de imagens RapidEye como apoio a tomada de decisões no planejamento e gestão da paisagem do município de Bom Sucesso – MG. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, Foz do Iguaçu- PR, Brasil. 2013.

NASA. The Landsat program. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. Acesso em: 16 ago 2013.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. de; GARCIA, W. S. A dinâmica de mercado do açaí fruto no estado do Pará: 1994 a 2009. Revista Ceres, v. 60, n. 3, p. 324-331, 2013.

OLIVEIRA, M. S. P. de; LEMOS, M. A.; SANTOS, V. F. dos; SANTOS, E. O. dos. Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açaizeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 22, p. 1-5, 2000.

OZDEMIR, I.; KARNIELI, A. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 13, n. 5, p. 701-710, 2011.

PAROLIN, P.; DE SIMONE, O.; HAASE, K.; WALDHOF, D.; ROTTENBERGER, S.; KUHN, U.; KESSELMEIER, J.; SCHMIDT, W.; PIEDADE,

M. T. F.; JUNK, W. J. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. *The Botanical Review*, v. 70, n. 3, p. 357-380, 2004.

PEREIRA, I.C.B.; Reconhecimento da Cobertura Vegetal da Várzea do Rio Guamá (Pará) a partir de Imagens de Sensores Remotos. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 1, p. 209-220, jan-abr. 2005

PONZONI, F. J.; Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. INPE. São José dos Campos. 2002.

QUEIROZ, J. A L. de; MOCHIUTTI, S. (Orgs.). Guia prático de manejo de açcaizais para produção de frutos. Macapá: EMBRAPA-AP/IEPA, 2001. 24p. (Embrapa Amapá. Documentos, 26)

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R 3.1.1: A language and environment for statistical computing. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2014.

RABELO, F. G. Composição florística, estrutura e regeneração de ecossistemas florestais na região estuarina do Rio Amazonas, Amapá, Brasil. 1999. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 1999.

RÊGO et al., 2012, ANÁLISE COMPARATIVA DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI E SAVI NO MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS DO CARIRI-PB - REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.1217 – 1229, 2012.

RENÓ, V. F.; NOVO, E. M. L. M.; ALMEIDA FILHO, R.; SUEMITSU, C. Mapeamento da Antiga Cobertura Vegetal de Várzea no Baixo Amazonas a partir de Imagens Históricas (1975 – 1981) do Sensor MSS Landsat. *Acta Amazônica*. Vol. 41 (1) pg. 47-56, 2011.

ROGEZ, H. Açcaí: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: EDUFPA, 2000. 313p.

ROSENDO; ROSA 2005 ROSENDO, J. DOS SANTOS. J. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Uberlândia – MG, 2005

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A. and DEERING, D.W., 1973, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309–317.

SILVA, R. A. da; JESUS, C. R. de; ALMEIDA, L. M. de; SANTOS, I. C. P. dos; LACERDA, H. R.; CRUZ, C. H, S. da; LOBATO, A. S.; GAMA, J. M. de F., Comunidade de insetos em sistema Agroflorestal de várzea em Mazagão, AP; In: AMAPÁ. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia. Programa Primeiros Projetos - PPP. Macapá, 2010. p. 139-152.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1995. Biometry. New York, W. H. Freeman. 859p.

ZARIN, D. J. PEREIRA, V.F.G. RAFFLES, H. RABELO, F.G. PINEDO-VASQUEZ, M. CONGALTON, R.G. Landscape change in tidal floodplains near the mouth of the Amazon River. Forest Ecology and Management, v. 154, p. 383–393, 2001.