

RELATÓRIO TÉCNICO

ENTREGA - PRODUTO 2

Termo de Referência PCT BRA/IICA/14/001

Contrato N.º 115023

SISTEMA DE ALERTA PRECOCE CONTRA A DESERTIFICAÇÃO - SAP

Produtos:

ALBEDO

EVI

NDVI

IAF

Mai 2015

COORDENADORES: Francisco Campello Carneiro Barreto Campello (MMA)

Jean Pierre Henry Balbaud Ometto (INPE)

Marcos Oliveira Santana (MMA)

CONSULTOR: Alexandre Augusto Barbosa

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Objetivo geral	2
3. Objetivos específicos – Produto 2	2
4. Metodologia	2
4.1. Área de estudo	2
4.2. Índices de vegetação	3
4.3. Sensoriamento remoto e o sensor MODIS	4
4.4. Aquisição de dados do sensor MODIS	4
5. Produtos	7
5.1. NDVI e EVI	7
5.2. Albedo	8
5.3. IAF	9
6. Descrição do conjunto de dados (arquivos digitais)	9
7. Especificações técnicas dos produtos	13
8. Referências Bibliográficas	18

FIGURAS

Figura 1: Área de estudo	3
Figura 2: Critério de espacialização das cenas obtidas pelo sensor MODIS	5
Figura 3: Área de Estudo e Tiles do sensor MODIS	6

TABELAS

Tabela 1: Exemplo de identificação dos arquivos hdf do sensor MODIS	6
Tabela 2: Especificações técnicas dos produtos	13

ANEXOS

Anexo 1: Valores Médios de EVI para o ano de 2.010	14
Anexo 2: Valores Médios de NDVI para o ano de 2.000	15
Anexo 3: Valores Médios de IAF para o ano de 2.005	16
Anexo 4: Valores das Médias Mensais para o período de 2.000 a 2.010	17

1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/14/001, cuja execução nacional está a cargo da Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável do Ministério do Meio Ambiente – SEDR/MMA por meio do Departamento de Combate à Desertificação – DCD/SEDR/MMA, tem por objetivo definir estratégias para o planejamento e implementação de ações de prevenção, controle e combate à desertificação face aos cenários de mudanças climáticas e à Estratégia Decenal da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD)”. Para isto espera fortalecer os processos de formulação e de implementação de estratégias de combate à desertificação de modo a consolidar a Política Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e a garantir uma maior interação do MMA com o conjunto dos atores sociais e institucionais assegurando que os resultados a que se propõe alcançar cheguem efetivamente aos beneficiários.

Dentre as linhas definidas pelo Projeto destaca-se a que visa “Integrar, fortalecer e difundir as boas praticas de prevenção e combate à desertificação” (Objetivo Imediato 3) e cujas ações estão voltadas para implementação de estratégias de intervenção articuladas com estruturas e experiências postas de modo a criar situações de referência para o combate à desertificação tendo como base critérios de sustentabilidade ambiental. Um dos resultados propostos para este objetivo é apoiar boas práticas e processos de formação de produtores para que essas práticas possam gerar situações de referências e escala estruturante.

Considerando a transversalidade do tema desertificação e atendendo aos princípios da UNCCD e recomendação do PAN Brasil, o PCT BRA/IICA/14/001 ocorre de forma integrada e articulada com os mais diversos atores sociais afetos à questão. Pretende-se canalizar esforços para fortalecer e ampliar parcerias com instituições públicas federais, estaduais e municipais, de organismos de cooperação internacional e da sociedade civil para a construção conjunta de soluções eficazes e sustentáveis no âmbito da proposta de prevenção, controle e combate à desertificação.

Nesse sentido, o MMA tem estabelecido parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para coordenar a implantação de um sistema de alerta precoce contra a desertificação de importante área do território brasileiro. Tal sistema contempla o cruzamento de dados ambientais e socioeconômicos, que servirão de subsídios para o monitoramento de precursores do processo de desertificação e para orientar ações de mitigação. A proposta de

trabalho apresentada visa à concepção de uma plataforma que sirva como base para integração dos resultados do sistema de alertas mencionado, incluindo a validação e classificação de pontos amostrais integrando imagens em multiescala e séries temporais que sirvam como fontes de informações para o desenvolvimento, implantação e operação do referido Sistema. A importância da execução do projeto proposto, objeto deste Termo de Referência, está relacionada à necessidade de gerar informações para a comunidade e subsídios aos tomadores de decisão que fazem parte do Programa Nacional de Combate à Desertificação. Esta ação é estratégica para o País, por contribuir com políticas adequadas à demanda por ações capazes de minimizar os efeitos desse fenômeno.

2. OBJETIVO GERAL

Coleta, integração e análise de dados ambientais das Áreas Suscetíveis à Desertificação-ASD provenientes de sensoriamento remoto a fim de qualificar o Sistema de Alerta Precoce Contra Desertificação (SAP).

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS – PRODUTO 2

- Conjunto de Dados Geográficos contendo Layers referentes aos dados de **IAF** (Índice de Área Foliar), **EVI** (Índice de Vegetação Melhorado), **NDVI** (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e **Albedo**, para o período de 2.000 a 2.010.

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A região está localizada no semiárido brasileiro, e inclui os estados do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Sergipe, Piauí e o norte do Espírito Santo e de Minas Gerais (Figura 1).

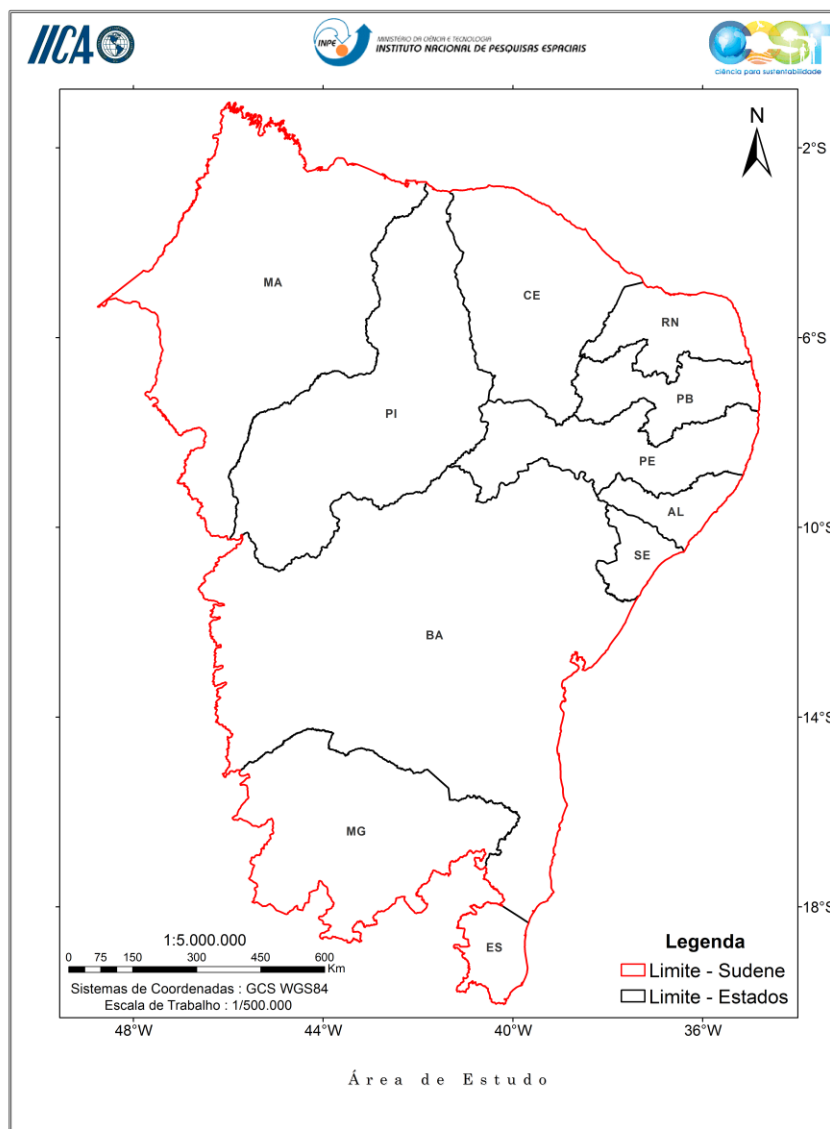


Figura 1 - Área de Estudo

4.2. ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

A detecção qualitativa e quantitativa da vegetação verde é uma das mais importantes entre as diversas contribuições do sensoriamento remoto. **I.V.** (Índices de Vegetação) são índices espectrais de imagens que são utilizados visando maximizar as características relacionadas ao dossel verde das plantas e minimizar as interferências de efeitos atmosférico e da superfície (Oliveira et al., 2009).

A utilização de índices de vegetação gerados a partir de imagens de satélites se constitui em ferramentas importantes para o monitoramento das alterações naturais ou produzidas pelo

homem nos ecossistemas (Feitosa et al., 2004). Os índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral da vegetação possibilitando distinguir diferentes tipos de uso e de outros alvos da superfície terrestre (Moreira, 2005).

O Sensoriamento Remoto é uma importante ferramenta para avaliação dos processos de desertificação, sendo que um dos quatro indicadores recomendados pela ONU para avaliar o problema é o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) derivado de imagens de satélites, pelo fato da redução da fitomassa da caatinga ser um indicador de desertificação (UNITED NATIONS, 2015; Meneses, 2001; Francisco, 2013).

4.3 SENSORIAMENTO REMOTO E O SENSOR MODIS

Dados provenientes de sensores remotos com o auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido muito utilizados para o mapeamento, monitoramento, caracterização, estudo da evolução do uso do solo, gerenciamento de propriedades, dentre outras atividades ambientais e agrônômicas, pois, fornecem informações periódicas de extensas áreas e com menor custo do que as metodologias tradicionais.

O sensor MODIS, é o principal instrumento das plataformas orbitais Terra e Aqua, que foram lançadas com o intuito de estudar os processos de mudanças climáticas, dentro do programa internacional denominado EOS (Earth Observing System), liderado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration). O sensor MODIS possui 36 bandas espectrais que foram projetadas e desenvolvidas para observação de feições das propriedades das nuvens e sua dinâmica, da vegetação na cobertura terrestre e da temperatura da superfície dos oceanos. As características dessas 36 bandas permitiram o desenvolvimento de 44 produtos, entre eles os Índices de Vegetação. (Rudorf, 2007; Soares, et al., 2007).

4.4 AQUISIÇÃO DE DADOS DO SENSOR MODIS

Os produtos do sensor MODIS são armazenados e distribuídos no formato Hierarchy Data Format (HDF), que pode ser convertido para outros formatos através de um conjunto de ferramentas específicas. Para a leitura destes dados, foi desenvolvido um programa específico, denominado Modis Reprojection Tool, que assim como os dados do sensor MODIS, pode ser adquirido sem custos pela internet, através do site: (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>). Este programa

pode ser utilizado tanto para reprojeter o dado obtido para uma projeção mais acessível e um formato mais usual, assim como para montar mosaicos de imagens.

Cada arquivo HDF corresponde a um “*Tile*”, que é a menor unidade de processamento e corresponde a uma área geocodificada de 1.200 X 1200 Km. (Figura 2)

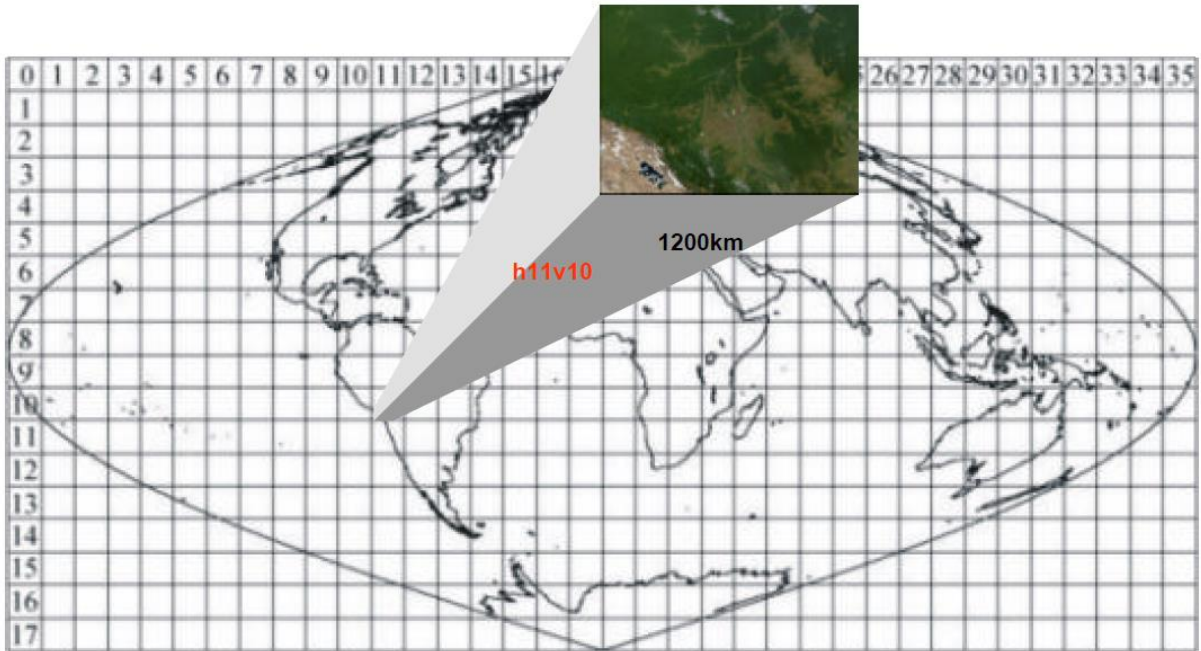


Figura 2 - Critério de espacialização das cenas obtidas pelo sensor MODIS. Cada quadrado ou Tile defini uma cena. Fonte: (Anderson, 2003)

A figura a seguir demonstra a localização dos 4 Tiles (Cenas) do sensor MODIS que foram utilizados para compor o mosaico da área de estudo: H13V09, H13V10, H14V09 e H14V10.

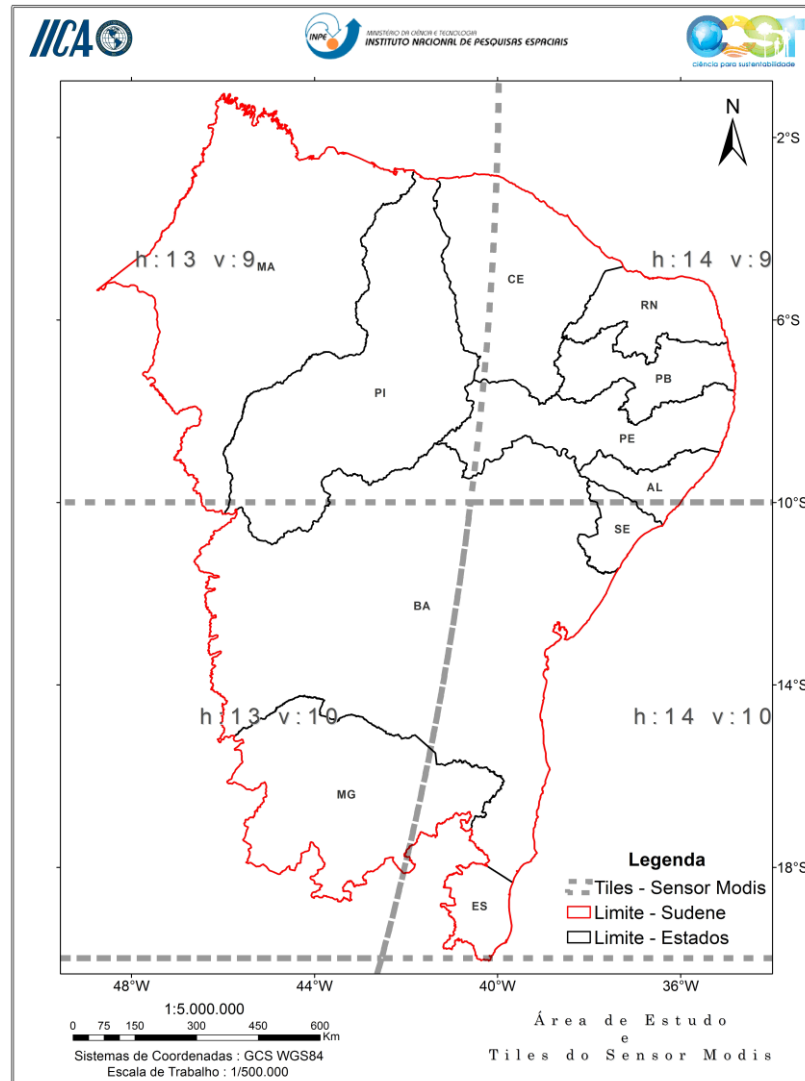


Figura 3 – Área de Estudo e Tiles do Sensor MODIS

Os produtos MODIS podem ser identificados através da convenção adotada pela NASA para o nome dos arquivos hdf. A tabela a seguir descreve a identificação dos arquivos:

MOD13A2.A2003033.h13v12.004.2003057233623.hdf	
MOD	Identificação da plataforma MOD-Terra, MYD-Aqua
13A2	Número do produto (índice de vegetação 16 dias 1km)
A2003033	Data de aquisição ano de 2003 dia juliano 033
h13v12	Tile horizontal 13 vertical 12
004	Coleção ou versão de processamento 004
2003057233623	Data do processamento: Ano 2003 dia juliano 057 horário (HH:MM:SS) 23:36:23

Tabela 1 - Exemplo de identificação dos arquivos hdf do sensor MODIS.

Fonte: Rudorff, 2007

5. PRODUTOS

5.1. NDVI e EVI

O produto **NDVI** (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e **EVI** (Índice de Vegetação Melhorado), são provenientes do sub-produto MOD13 do sensor MODIS. Eles são produzidos globalmente com a resolução de 1 km, 500 m e 250 m, em composição de imagens ou mosaicos de 16 dias (Rudorff, 2007). Para este trabalho foram utilizadas as imagens de melhor resolução espacial (250 m) obtidas do sub-produto MOD13Q, que é corrigido atmosféricamente e geo-referenciado, disponibilizado em mosaicos de 16 dias, os quais são constituídos pelo valor máximo do Índice de Vegetação daquele período, possibilitando que os mosaicos se apresentem, em sua maioria, livres de cobertura de nuvem. Segundo Rosa (2007), essas características juntamente com sua periodicidade fazem desses produtos uma poderosa ferramenta para os estudos da vegetação.

Em geral, o **NDVI** é mais sensível à presença de clorofila e outros pigmentos de vegetação responsáveis pela absorção da radiação solar na banda do vermelho, enquanto que o **EVI** é mais sensível à variação na estrutura do dossel, incluindo o índice de área foliar, a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (Huete et al., 2002).

O **NDVI** é uma relação entre as reflectâncias (ρ) das bandas do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V), e visa eliminar diferenças sazonais do ângulo de elevação solar e minimizar os efeitos da atenuação atmosférica em imagens multitemporais. O **NDVI** é o índice mais utilizado nos diversos estudos, sobre a vegetação, que envolvem o uso dos dados de sensoriamento remoto (Moreira, 2005). Ele é obtido pela Equação :

$$NDVI = (\rho_{IVP} - V) / (\rho_{IVP} + \rho V).$$

Já o **EVI** foi desenvolvido para otimizar o sinal de resposta da vegetação, melhorando a sensibilidade em regiões com maiores densidades de biomassa, além de propiciar o monitoramento da vegetação através de uma ligação do sinal de fundo do dossel e a redução das influências atmosféricas. O **EVI** pode ser calculado através da seguinte equação (Justice et al., 1998):

$$EVI = G \cdot (IVP - Vermelho) / (L + IPV + C1 \cdot Vermelho - C2 \cdot Azul),$$

em que L é fator de ajuste para o solo; C1 e C2 são os coeficientes de ajuste para o efeito de aerossóis na atmosfera; e G é o fator de ganho. Os valores dos coeficientes atualmente utilizados pelo algoritmo do **EVI** são: L = 1, C1 = 6, C2 = 7,5 e G = 2,5 (Huete et al., 1997).

O NDVI e EVI permitem realizar estudos, tanto ao longo do tempo quanto no espaço, sobre as condições de cobertura vegetal, em escalas global e regional.

5.2. ALBEDO

Segundo Cunha (2009), o albedo da superfície é definido como a fração de energia incidente que é refletida pela superfície voltando para a atmosfera e pode ser usado no monitoramento de superfícies vegetadas, pois ele é bastante influenciado pelas propriedades ópticas da estrutura da vegetação, sendo um importante parâmetro na modelagem do clima da Terra. Ele é um sub-produto do MODIS (MOD43) que é calculado a partir de uma série temporal de 16 dias das observações multiangulares da reflectância corrigida atmosféricamente para as bandas 1 a 7 do MODIS, com resolução de 1 km.

Cunha (2009) relata que o albedo da superfície continental varia ao longo do período diurno, em função do ângulo de elevação solar, tipos de vegetação e solo, conteúdo de água no solo, etc. Em função das condições de iluminação, discriminam-se dois tipos de albedo: o “Black Sky” (iluminação direta) e o albedo “White Sky” (iluminação difusa). Segundo Iqbal (1980), o albedo total da superfície é representado pela soma dos dois albedos ponderados pela proporção de irradiância direta e difusa, denominada albedo “Blue Sky” (Lopes e Valeriano, 2007).

O produto MOD43 disponibiliza dois tipos de albedos para 7 bandas espectrais e 3 bandas largas: os albedos Black-Sky e White-Sky. Neste produto, o albedo White Sky (α_{ws}) foi estimado somente para o meio-dia.

Seguindo a metodologia proposta por Cunha (2009) após o download dos Tiles correspondentes a área de estudo, mosaico e conversão para o formato Geotiff, as imagens processadas apresentam níveis de cinza e devem ser multiplicadas por um fator de 0,001 para serem convertidas em valores absolutos de albedo. Finalmente, faz-se a interpolação entre a componente direta e difusa em função da fração de luz difusa para obtenção do albedo Blue-Sky (A_s) expressa por Schaaf et al. (2002) de acordo com a Equação:

$$A_s(\theta, \lambda) = [1 - S(\theta, \tau(\lambda))] \times \alpha_{bs}(\theta, \lambda) + S(\theta, \tau(\lambda)) \times \alpha_{ws}(\theta, \lambda)$$

em que $\alpha_{bs}(\theta, \lambda)$ é o albedo Black-Sky; $\alpha_{ws}(\theta, \lambda)$ é o albedo White-Sky; θ é o ângulo zenital solar; λ é o comprimento de onda; $\tau(\lambda)$ é a profundidade óptica e $S(\theta, \tau(\lambda))$ é a fração de luz difusa, a qual foi obtida de uma tabela fornecida junto com o pacote computacional do produto

MOD43. Essa tabela contém valores de $S(\theta, \tau(\lambda))$ em função dos tipos de aerossóis, da profundidade óptica e do ângulo zenital solar, corrigidos dos efeitos atmosféricos.

O albedo Blue-Sky foi calculado no intervalo de 0,25 - 4,0 μm para $S(\theta, \tau(\lambda)) = 0,74$; $\tau(\theta) = 0,2$ para $\theta = 0^\circ$ (albedo ao meio dia).

5.3. IAF

Segundo Rudorff (2007) o produto **IAF** (Índice de Área Foliar) é proveniente do sub-produto MOD15 do sensor MODIS, produzidos globalmente com resolução espacial de 1 km e composição de mosaicos de 8 dias. Representa uma importante propriedade estrutural do dossel da vegetação, medindo a área de folhas por unidade de área do terreno. É uma variável biofísica que descreve a estrutura do dossel e está relacionada a processos funcionais de taxas de energia e troca de massa. Para tanto, pode ser utilizada como parâmetros para o cálculo de fotossíntese, evapotranspiração e produtividade primária líquida em escala global e regional.





6. DESCRIÇÃO DO CONJUNTO DE DADOS (ARQUIVOS DIGITAIS)

Os dados do sensor MODIS foram obtidos através do download dos arquivos .hdf e foram realizados processamentos para realização do mosaico dos Tiles (cenas) que compõem a área de interesse, bem como a reprojeção do sistema de coordenadas padrão Sinusoidal para o Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS84.














Visando atender a capacidade de manipulação, disponibilização e compatibilização dos dados com a maioria dos softwares de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), Sensoriamento Remoto e PDI (Processamento Digital de Imagens), a entrega dos dados está no formato GeoTiff, que é um padrão de imagem com metadados de Domínio Público, o qual permite embutir informações do sistema de coordenadas, projeção cartográfica, elipsoides, e outras informações para estabelecer a referência espacial exata no arquivo. Desta forma o usuário contará com maior flexibilidade na utilização de softwares para verificação, realização de análises espaciais e estudos dos índices de vegetação que compõem esse conjunto de dados de arquivos digitais.

Os arquivos digitais Geotiff estão estruturados em pastas, da seguinte forma:

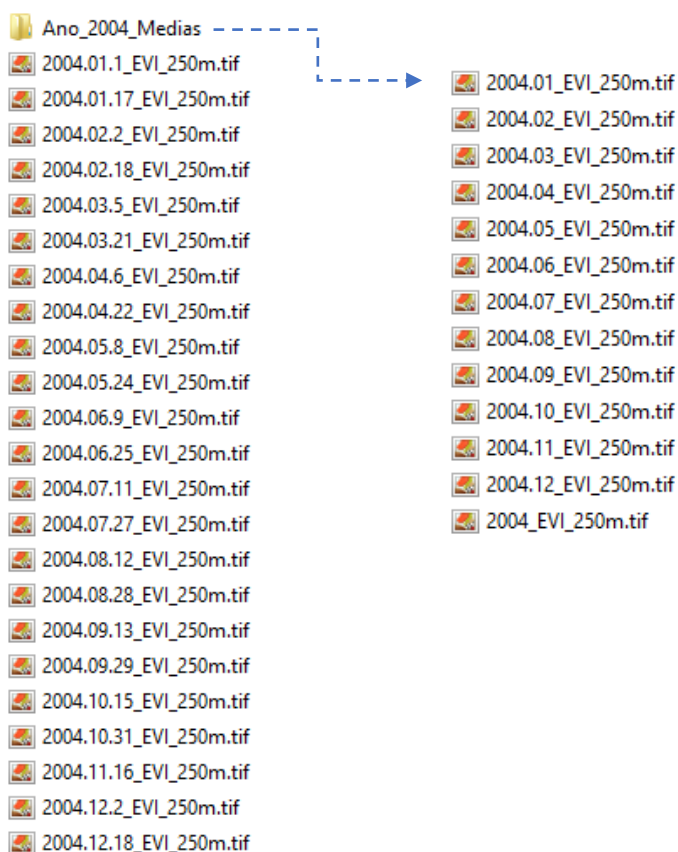
Dentro da pasta “\\Contrato115023_Produto02” existem quatro pastas, sendo uma para cada produto:

-  Albedo_BlueSky
-  EVI
-  IAF
-  NDVI

Na pasta de cada produto os arquivos estão organizados por ano (2.000 à 2.010). Também estão presentes as pastas “\Medias_Mensais” e “Medias_Reclassificadas” que serão descritas posteriormente:

-  Ano_2000
-  Ano_2001
-  Ano_2002
-  Ano_2003
-  Ano_2004
-  Ano_2005
-  Ano_2006
-  Ano_2007
-  Ano_2008
-  Ano_2009
-  Ano_2010
-  Medias_Mensais
-  Medias_Reclassificadas

Na pasta de cada ano estão presentes os arquivos Geotiff processados e uma pasta onde contém arquivos referentes às médias mensais e a média anual do ano em questão:



A estrutura do nome dos arquivos é composta pela data de imageamento do sensor, o nome produto e a resolução espacial, no formato:

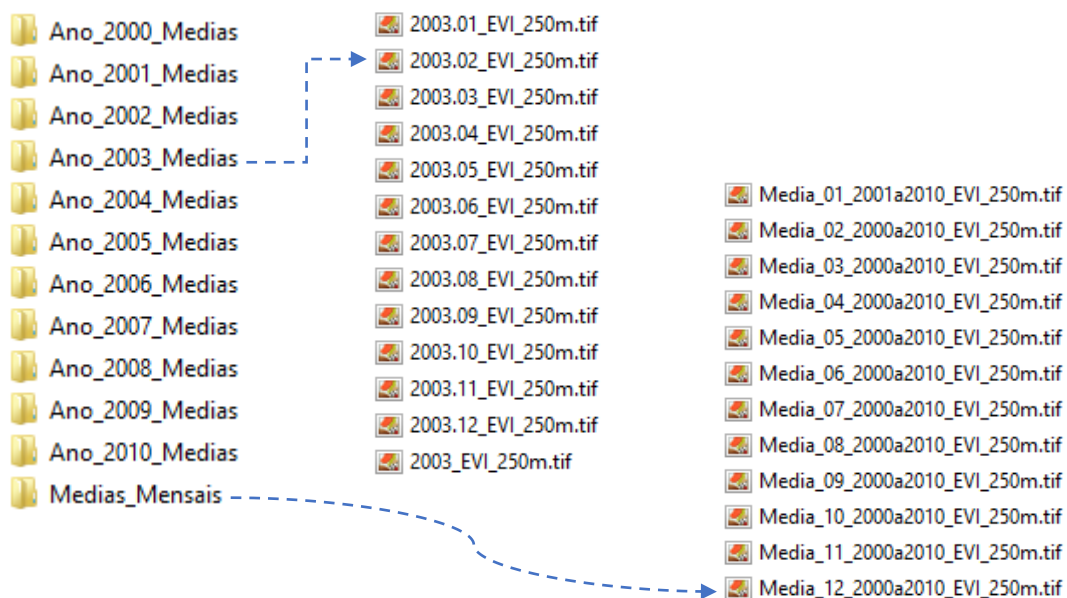
“ANO.MES.DIA_PRODUTO_RESOLUÇÃO ESPACIAL”.

Exemplo: O arquivo **“2004.01.1_EVI_250m”** refere-se ao produto EVI, imageado na data de 01/01/2004, com resolução espacial de 250 metros.

Ainda dentro da pasta de cada produto existe a pasta **“\Medias_Mensais”** que contém as médias para cada mês do ano correspondente ao período de 2.000 a 2.010:

- Media_01_2001a2010_EVI_250m.tif
- Media_02_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_03_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_04_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_05_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_06_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_07_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_08_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_09_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_10_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_11_2000a2010_EVI_250m.tif
- Media_12_2000a2010_EVI_250m.tif

Por fim, dentro da pasta de cada produto também existe a pasta “\Medias_Reclassificadas” que contém as pastas referentes a todos os anos do período de 2.000 a 2.010, com o valor dos pixels reclassificadas para uma escala de 1 à 20, visando a diminuição do tamanho do volume de dados, o que permitirá maior facilidade para a utilização dos dados em páginas web e outros sistemas computacionais:



7. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS PRODUTOS

A tabela abaixo fornece os detalhes técnicos dos produtos:

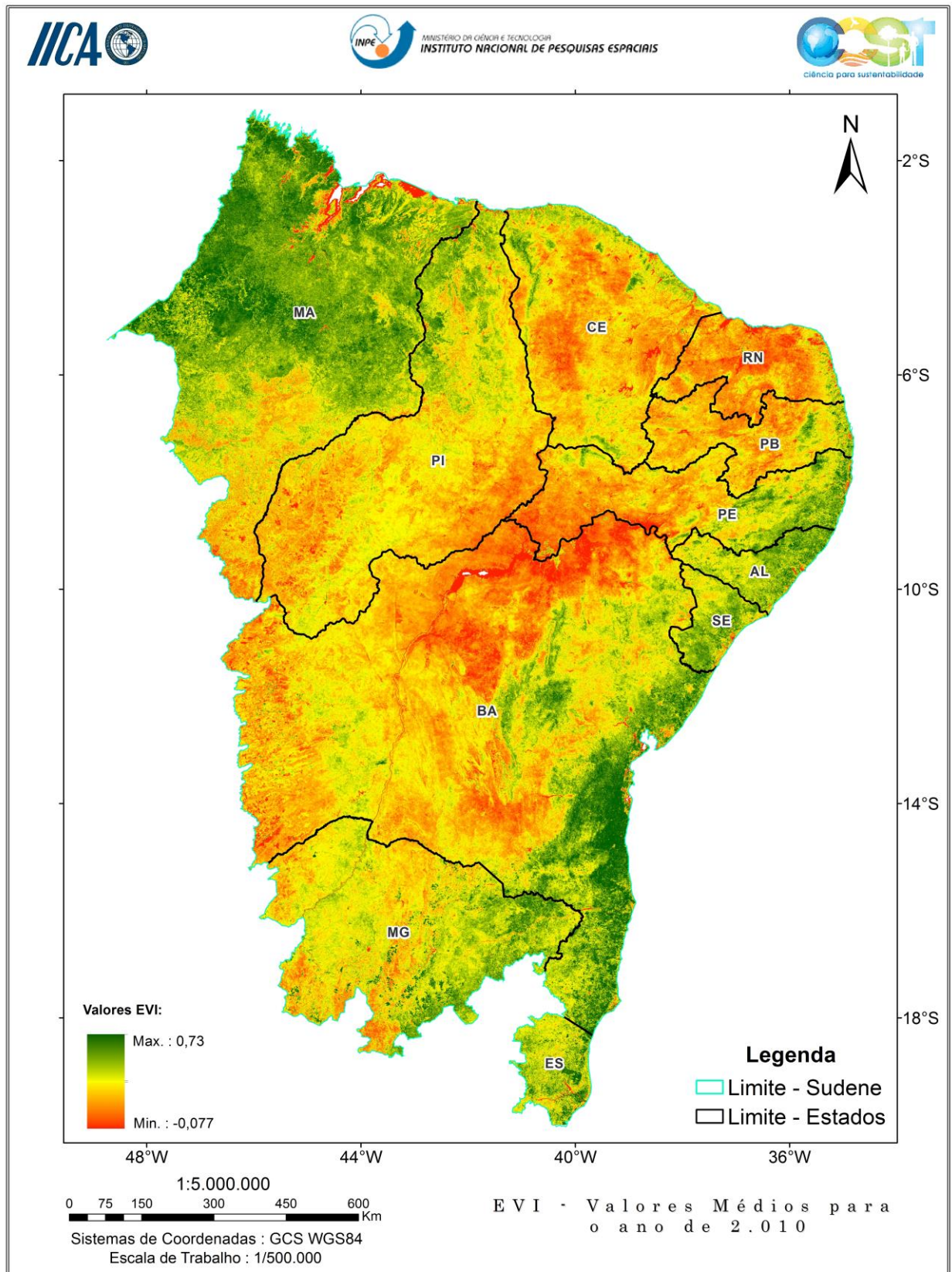
PRODUTO	Formato	Pixel Type	Pixel Depth	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Valores Min. - Max.	Valores Min. - Max. Reclassificados	Intervalo de Reclassificação
Albedo	GeoTiff	Float point	32 bit	~ 500 m	16 dias - mosaico	0 - 1	-	-
NDVI	GeoTiff	Float point	32 bit	~ 250 m	16 dias - mosaico	-0,2 - 1	-	-
EVI	GeoTiff	Float point	32 bit	~ 250 m	16 dias - mosaico	-0,2 - 1	-	-
IAF	GeoTiff	Float point	32 bit	~ 1 km	8 dias - mosaico	0 - 10	-	-
Albedo (Reclassificado)	GeoTiff	Signed integer	8 bit	~ 500 m	16 dias - mosaico	-	1 -20	0,03
NDVI (Reclassificado)	GeoTiff	Signed integer	8 bit	~ 250 m	16 dias - mosaico	-	1 -20	0,06
EVI (Reclassificado)	GeoTiff	Signed integer	8 bit	~ 250 m	16 dias - mosaico	-	1 -20	0,06
IAF (Reclassificado)	GeoTiff	Signed integer	8 bit	~ 1 km	8 dias - mosaico	-	1 -20	0,5

Tabela 2 – Especificações técnicas dos produtos

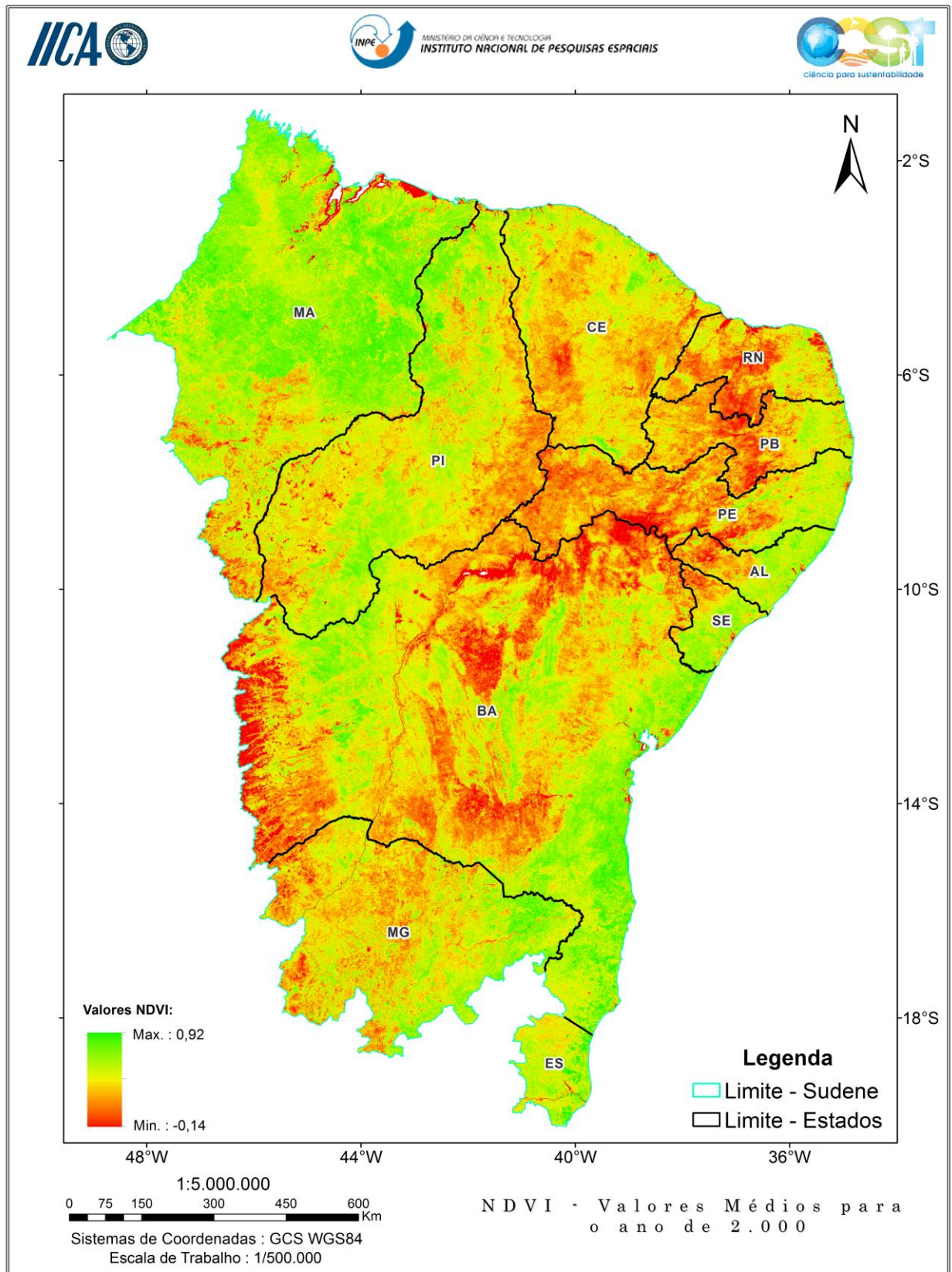
ANEXOS

(EXEMPLOS DE VISUALIZAÇÃO CONTENDO OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E ALBEDO)

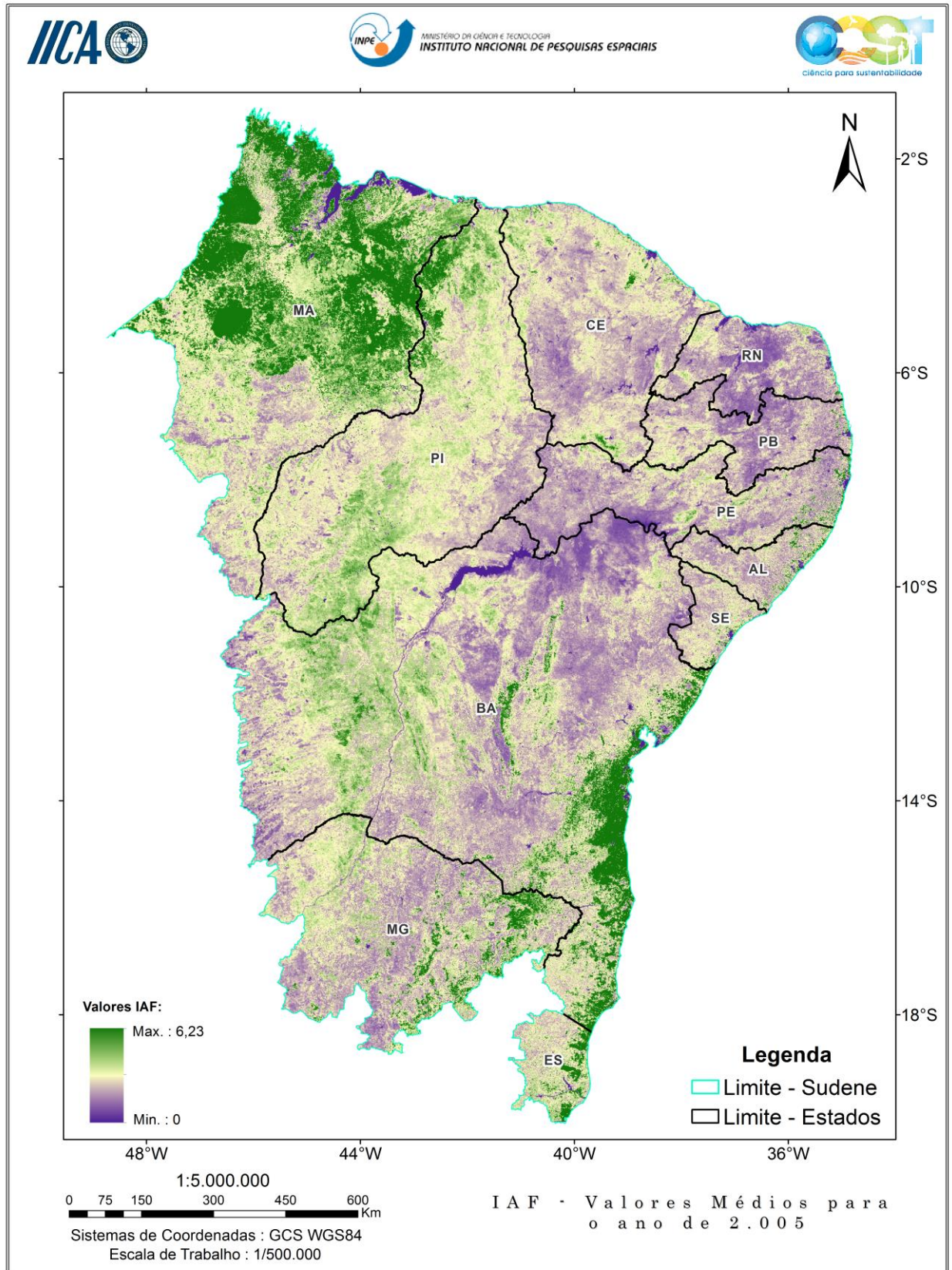
ANEXO 01 – Valores Médios de EVI para o ano de 2010



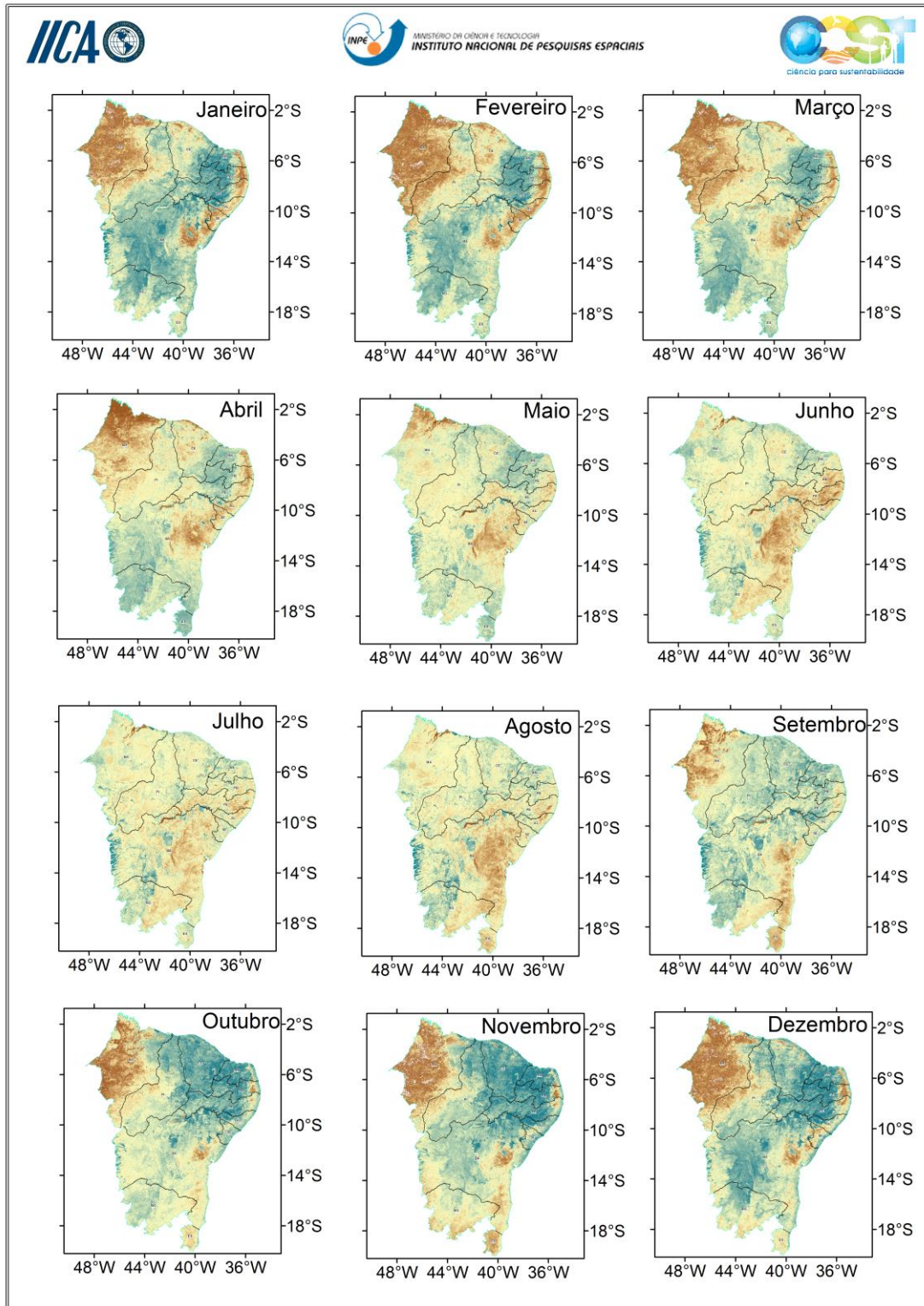
ANEXO 02 – Valores Médios de NDVI para o ano de 2.000



ANEXO 03 – Valores Médios de IAF para o ano de 2.005



ANEXO 04 – Valores das Médias Mensais para o período de 2.000 a 2.010



Albedo - Médias Mensais para o período de 2.000 a 2.010



Legenda
 Limite - Sudene
 Limite - Estados



8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Anderson, L.O.; et. al Sensor Modis: Uma Abordagem Geral, **INPE-10131-RPQ/752, 2003**
- Cunha, A. P. M. A.; et. al. Validação do albedo da superfície terrestre obtido a partir de imagens do sensor modis em área de caatinga, CPTEC, CCST – INPE, 2009.
- Feitosa, J. R. P.; Costa Filho, J. F. da; Silva, B. B. da. Avaliação de índices de vegetação em área irrigada do sub-médio São Francisco, Petrolina-PE, a partir de imagens do satélite LANDSAT 5–TM. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 18, 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2004.
- Francisco, P. R. M. Modelo de Mapeamento da Deterioração do Bioma Caatinga da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, PB, Universidade Federal de Campina Grande, 2013.
- Huete, A. R. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, n.83, p.195-213, 2002.
- Huete, A. R. et. al. A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. **Remote Sens. Environ**, n.59, p.440-451, 1997.
- IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. New York: Academic Press, 1980, 212p.
- LOPES, P. M. O. L.; VALERIANO, D. M. Validação do albedo da superfície terrestre obtido dos dados do sensor MODIS em regiões montanhosa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2805-2812. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7.
- Meneses, P. R.; Netto, J. S. M. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília. UnB, Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.
- Moreira, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 320p.
- Oliveira, W. M. de; Chaves, I. de B.; Lima, E. R. V. de. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um neossolo litólico do semiárido paraibano. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. p.2103-2110.
- ROSA, V. G. C. **Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais**. 2007. 142p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos. 2007.
- RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J.C. (Eds.): **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**, São José dos Campos: Ed. Bookimage, 423p, 2007.
- Schaaf, C. B., F. Gao, A. H. Strahler, W. Lucht, X. Li, T. Tsang, N. C. Strugnell, X. Zhang, Y. Jin, J.-P. Muller, P. Lewis, M. Barnsley, P. Hobson, M. Disney, G. Roberts, M. Dunderdale, C. Doll, R. d'Entremont, B. Hu, S. Liang, and J. L. Privette, First Operational BRDF, Albedo and

Nadir Reflectance Products from MODIS, Remote Sensing of Environment, v. 83, p. 135-148, 2002.

SOARES, F. S.; FREITAS, L. F.; GOMES-LOEBMANN, D.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, O. A. Valorização das unidades de paisagem a partir das áreas irrigadas por pivô central na bacia do Rio Preto In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Abril, 2007. Florianópolis, SC, **Anais...** 2007

United Nations. United Nations Convention to Combat Desertification. 2015. Disponível em <<http://www.unccd.int/en/Pages/default.aspx> >. Acesso em 01 maio de 2015.

São José dos Campos, 13 de maio de 2015

Alexandre Augusto Barbosa

ALEXANDRE AUGUSTO BARBOSA

Consultor IICA