



Universidade de Brasília

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – IH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – GEA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**Análise de Curvas Fenológicas obtidas a partir de Séries
Temporais NDVI-MODIS em escalas Inter-anuais e Intra-anuais
no Município de Pacaraima, Roraima.**

**Curve Analysis of Phenological data, obtained from NDVI-
MODIS time series in Inter-annual and Intra-annual scales in the
city of Pacaraima, Roraima**

Dissertação de Mestrado

**Ricardo Eller Aranha
Matrícula: 13/0073695
Orientador: Osmar Abílio de Carvalho Júnior**

Brasília - DF, Dezembro de 2015.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**ANÁLISE DE CURVAS FENOLÓGICAS OBTIDAS A PARTIR DE SÉRIES
TEMPORAIS NDVI-MODIS EM ESCALAS INTERANUAIS E INTRA-ANUAIS
NO MUNICÍPIO DE PACARAÍMA, RORAIMA.**

Ricardo Eller Aranha

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração Geoprocessamento, opção Acadêmica.

Aprovado por:

Profº. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior - Universidade de Brasília

(Orientador)

Profº. Dr. Raúl Sanchez Vicens - Universidade Federal Fluminense

(Examinador Externo)

Profª. Dra. Ruth Elias de Paula Laranja - Universidade de Brasília

(Examinador Interno)

Brasília, Dezembro de 2015.

Aranha, Ricardo

Análise de Curvas Fenológicas obtidas a partir de Séries Temporais NDVI-MODIS em escalas Interanuais e Intra-anuais no Município de Pacaraima, Roraima.

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Departamento de Geografia

1. Fenologia

2. MODIS

3. Lavrado

4. Sensoriamento Remoto

5. Roraima

6. Interannual

7. Intra-annual

I. UnB-GEA

II. Mestrado

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Ricardo Eller Aranha

AGRADECIMENTOS

A todas as dificuldades que ocorreram, pois me tornaram mais forte nesse processo.

Aos Professores Roberto Gomes e Renato Guimarães pelas críticas e incentivos de melhora em cada etapa acadêmica. E principalmente pela oportunidade de descobrir o geoprocessamento.

Ao Professor, Orientador e Amigo Osmar Abílio, por sempre me incentivar a continuar e por confiar que eu conseguiria finalizar a pesquisa. Além de todas as indicações e rumos corrigidos na realização do trabalho.

A todos os colegas de laboratório que contribuíram e me ouviram reclamar inúmeras vezes: Sandro, Cris, Paulo, Natanael, Nickolas, Priscilas, Elaine e etc.

Aos meus colegas de turma Jonathan, Rebecca e José Feliciano, por me acompanharem em todas as dores, alegrias e suporte emocional durante todo o processo. Amo e admiro todos vocês.

Aos companheiros Pedro Coutinho, Diogo Saraiva e Hélio, muito grato por cada momento de crescimento e convivência, com os quais aprendi o que é ter um lar.

À amiga e companheira Vevila Dornelles por nunca ter duvidado das minhas capacidades, eternamente grato.

A Pandora, Perséfone, Vaca, Rita, Bono e Dália, que me ofereceram consolo mesmo sem conseguirmos nos comunicar verbalmente.

A mim, meu maior adversário em todas as empreitadas nesse período, muito obrigado por me dificultar.

E a todos não citados que de alguma maneira colaboraram na realização desse trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

A pesquisa objetivou caracterizar as curvas fenologia da vegetação do município de Pacaraima e arredores, por meio de estatísticas inter e intra-anuais derivadas de séries temporais de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) no período 2001-2014. Para atingir esse objetivo, foi aplicada um conjunto de metodologias que compreendem: Séries NDVI-MODIS, confeccionadas com o produto de 8 dias; filtragem de ruídos Savitzky-Golay, com utilização de picos negativos e positivos; seleção de amostras dos tipos vegetacionais; confecção de métricas em escalas interanuais e intra-anuais; e comparação dos resultados com variáveis climáticas. As classes analisadas foram: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Floresta Estacional Semidecidual Montana, Savana Arborizada, Savana Estépica, Savana Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Mata Ciliar e Uso Antrópico. As séries foram processadas para gerar as seguintes estatísticas inter e intra-anuais: Coeficiente de Variação, Curtose, Desvio Padrão, Média, Obliquidade, Somatório do Quadrado, Valor Máximo, Valor Mínimo e Variância. As formações savânicas, florestais e de uso da terra apresentaram comportamentos bem distintos com relação às medidas estatísticas de médias e de dispersão. Os resultados do estudo permitiram evidenciar que os ciclos fenológicos característicos de cada vegetação apresentam uma sensibilidade a variações climáticas sazonais e aos eventos de El Niño.

Palavras-chave: Fenologia, MODIS, Lavrado, Sensoriamento Remoto, Roraima, Interanual, Intra-anual.

ABSTRACT

The research aimed to characterize the phenological curves of vegetation in the city of Pacaraima and surrounding areas, through inter and intra-annual statistics derived from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series data in the period of 2001-2014. To achieve this, it was applied a set of methodologies that include: NDVI-MODIS time series, deriving from the 8-day product; denoising of the series with Savitzky-Golay filter, with negative and positive peaks; selection of vegetation type samples; production of metrics in interannual and intra-annual scales; and comparison of the metrics with climatic variables. The analyzed classes of vegetation were: Seasonal Alluvial Semideciduous Forest, Seasonal Submontane Semideciduous Forest, Seasonal Montane Semideciduous Forest, Wooded Savanna, Steppic Savanna, Grass-shrub Savanna, Parklands Savanna, Riparian Forest and Anthropic Use. The time series were processed to obtain the following statistics in inter and intra-annual time scales: Coefficient of Variation, Kurtosis, Maximum Values, Minimum Values, Mean, Range, Standard Deviations, Skewness, Sum of Squares and Variance. The savanna formations, Forest and Land Use classes had very different behaviors relative to the statistical measures of averages and dispersion. The study results highlighted the characteristic phenological cycles of each class of vegetation and presented sensitivity to the seasonal climatic changes and events of El Niño.

Keywords: Phenology, MODIS, Lavrado, Remote Sensing, Roraima, Interannual, Intra-annual

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. ÁREA DE ESTUDO	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 Imagens do Sensor MODIS-NDVI	22
3.2 Índice NDVI-MODIS	23
3.3 Tratamento do Ruído	24
3.4 Estatísticas Interanuais	25
3.5 Estatísticas Intra-anuais	26
3.6 Procedimento de Coleta das Assinaturas Fenológicas da Vegetação.....	27
3.7 Análise Comparativa com as Variáveis Climáticas.....	31
4. Resultados e Discussão.....	32
4.1 Resultado do Tratamento de Ruído	32
4.2 Variáveis Climáticas.....	33
4.3 Estatísticas Interanuais	34
4.4 Estatísticas Intra-anuais	48
5. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização do Município de Pacaraima. (LANDSAT 8 OLI, Outubro de 2014, 4R3G2B).	15
Figura 2. Gráfico da média histórica da precipitação mensal (mm) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista - RR).	17
Figura 3. Gráfico da média histórica da temperatura mensal (°C) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista - RR).	17
Figura 4. Vegetação da área de estudo e relevo (Fonte: IBGE, 2008; MIRANDA, 2005).	20
Figura 5. Representação do cubo temporal das imagens do sensor MODIS em três dimensões.	23
Figura 6. Classes dos dados vetoriais e classes simplificadas.	28
Figura 7. Mapa de Vegetação simplificada (1); Mapa de Vegetação (2); 1ª banda da média Interanual (3).	29
Figura 8. Mosaico LANDSAT da área de estudo. Composição 4R3G2B, Outubro de 2014.	30
Figura 9. Comparação das curvas temporais da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e da Mata Ciliar.	31
Figura 10. Comparação das Séries Temporais NDVI sem tratamento, após a filtragem por mediana dos ruídos do tipo impulso e suavização pelo filtro Savitzky-Golay.	32
Figura 11. Gráfico da média interanual da temperatura (°C) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).	33
Figura 12. Gráfico da precipitação interanual média (mm) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).	33
Figura 13. Gráfico da temperatura Intra-anual média (°C) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).	34
Figura 14. Gráfico da precipitação Intra-anual média (mm) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).	34
Figura 15. Curvas das médias interanuais para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	39
Figura 16. Curvas interanuais de variância para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	40
Figura 17. Curvas interanuais de desvio padrão para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	41
Figura 18. Curvas interanuais do coeficiente de variação para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	42
Figura 19. Curvas interanuais dos valores máximos para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	43
Figura 20. Curvas interanuais dos valores mínimos para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	44
Figura 21. Curvas interanuais de curtose para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	45

Figura 22. Curvas interanuais de Obliquidade para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	46
Figura 23. Curvas interanuais do Somatório do Quadrado para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	47
Figura 24. Curvas de médias intra-anuais para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	50
Figura 25. Curvas intra-anuais de variância para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	51
Figura 26. Curvas intra-anuais de desvio padrão para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	52
Figura 27. Curvas intra-anuais do coeficiente de variação para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	53
Figura 28. Curvas intra-anuais de valor máximo para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	54
Figura 29. Curvas intra-anuais de valor mínimo para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	55
Figura 30. Curvas intra-anuais de curtose para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	56
Figura 31. Curvas intra-anuais de obliquidade para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	57
Figura 32. Curvas intra-anuais do somatório do quadrado para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.	58

1. INTRODUÇÃO

No contexto brasileiro atual, a Amazônia Legal é uma das grandes fronteiras de desenvolvimento com implicações políticas, econômicas e sociais (BECKER, 2013; RABELLO, 2013). A região envolve nove Estados: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e em parte os Estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão (MMA, 2015). Demarcada desde 1953, a Amazônia Legal faz parte das políticas de desenvolvimento e sofre pressões ambientais como desmatamento e incêndios florestais, que colocam em risco o patrimônio natural (BARNI *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2008).

Dentro da Amazônia Legal, Roraima tem grande relevância e requer especial atenção por suas características territoriais, possuindo extensas áreas de uso controlado ou restrito, grandes fluxos migratórios para o Estado e importância na articulação política com a Venezuela e a Guiana (LIMA, 2014; SARTORI & BETHÔNICO, 2012; SILVA *et al.*, 2011). As formações campestres e savânicas na região amazônica cobrem aproximadamente 20.000.000 hectares, distribuídos por encaves e formas não isoladas ao longo das formações florestais (CAVALCANTE *et al.*, 2014, JATI *et al.*, 2014). Roraima abriga o maior fragmento de formações savânicas na Amazônia Legal, que se manifesta com aparência semelhante aos Cerrados do Planalto Central, mas difere principalmente na composição florística e ecológica (BARBOSA & MIRANDA, 2004; VALE JÚNIOR & SCHAEFER, 2010). O lavrado, como é conhecido localmente, faz parte do Bioma Amazônico e compõe a ecorregião das Savanas das Guianas, um patrimônio natural e cultural de grande importância do Estado de Roraima (BARBOSA, 2005; BARBOSA *et al.*, 2012; FLORES, 2014).

O sensoriamento remoto é uma importante técnica para a gestão territorial e monitoramento das paisagens naturais. No Brasil, o marco inicial de uso de sensores remotos nos estudos de vegetação foi o projeto RADAM em 1971, com início na Amazônia e Nordeste e posterior extensão para o território nacional (FERREIRA *et al.*, 2008; IBGE, 2012). Desde então, os estudos de vegetação são marcados pela aplicação de diferentes sensores, cuja trajetória de evolução pode ser subdividida em quatro etapas principais: sensores orbitais com obtenção por micro-ondas, resolução espacial

submétrica, hiperespectrais e os de alta resolução temporal (FERREIRA *et al.*, 2008; PONZONI *et al.*, 2012).

Nos anos subsequentes aos primeiros projetos, as instituições brasileiras aos poucos internalizaram o discurso ambientalista e passaram a articular ações de maior escala. Destacam-se mais recentemente o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) com a utilização do LANDSAT em escala Brasil; os projetos Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia (PRODES), com utilização de imagens do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) e LANDSAT; a Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) com imagens CBERS e Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), os dois com foco na Amazônia (PONZONI *et al.*, 2012; RUDORFF *et al.*, 2007); o Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDDBS) utilizando metodologia similar ao PRODES, mas com enfoque nos biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (IBAMA, 2015) e; o recentemente anunciado Projeto Amazônia SAR sendo gerido pelo Ministério da Defesa, com foco no arco do desmatamento amazônico. Os estudos objetivaram na avaliação dos ambientes, detecção de mudança de uso da terra, monitoramento ambiental, gestão territorial, acompanhamento de safras e detecção de desmatamento (GALFORD *et al.*, 2008; GRECCHI *et al.*, 2013; HANSEN *et al.*, 2008; PONZONI *et al.*, 2012; PORTILLO-QUINTERO *et al.*, 2013).

Recentemente, o sensoriamento remoto tem avançado no aprimoramento de técnicas de detecção de mudança e análise de séries temporais (KENNEDY *et al.*, 2009; MORTON *et al.*, 2011; WILLIS, 2015). Essa modalidade de análise se vale da possibilidade dos sensores remotos oferecerem consistência em obtenção de dados da superfície para detectar tanto mudanças abruptas como trajetórias de mudanças (LEINENKUGEL *et al.*, 2013; LEINENKUGEL *et al.*, 2015; WILLIS, 2015). A análise de séries temporais considera uma sequência cronológica de observações de uma variável de interesse com o propósito de identificar, modelar e extrapolar os padrões encontrados (MONTGOMERY *et al.*, 2011). Transportando o conceito para os estudos de sensoriamento remoto, um atual paradigma é analisar os padrões espaciotemporais (BROWN *et al.*, 2013; ECKERT *et al.*, 2015; SCHROEDER *et al.*, 2014; SULLAMENASHE *et al.*, 2014), havendo atualmente uma continuidade de programas como o

LANDSAT desde os anos 70 e o MODIS ativo desde 2000, que além da escala temporal longa, dispõe de dados diários (JUSTICE *et al.*, 2002).

As mudanças detectadas nas coberturas vegetais estão diretamente conectadas aos ciclos e estágios fenológicos, observáveis pela simetria, duração, ocorrência e sincronia (HUETE *et al.*, 2002). A fenologia é definida como o estudo de eventos biológicos repetitivos, podendo ser aplicado à flora e fauna, e sua relação com fatores bióticos e abióticos em um ambiente (FARIA *et al.*, 2012; TALORA & MORELLATO, 2000). Variações na fenologia podem denunciar mudanças de fluxo de energia, ciclo de água e carbono, utilizando principalmente os processos de evapotranspiração e fotossíntese como medidas de avaliação (QADER *et al.*, 2015). No entanto, existem limitações a serem observadas no processo de interpretação dos resultados (GUTMAN, 1999; LILLESÆTER, 1982).

O advento do sensor MODIS, com alta resolução temporal e moderada resolução espacial, possibilitou o avanço de pesquisas sobre o comportamento fenológico das vegetações naturais e cultivos agrícolas (ABADE *et al.*, 2015; CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2009; COUTO JUNIOR *et al.* 2013). O sensor MODIS, a bordo dos satélites TERRA e AQUA, oferecem imageamentos de alta resolução temporal e espectral sobre a atmosfera, oceanos e superfície terrestre. O sensor possui resolução espacial média, adequada a grandes áreas, sendo disponibilizado com correção das interferências atmosféricas e nuvens (RUDORFF *et al.*, 2007). Os produtos permitem coletar dados para monitoramento da paisagem e detectar mudanças em escala regional, dando subsídios à pesquisa e gestão das áreas alvo. No processamento digital de imagens, os índices de vegetação são muito utilizados na aquisição de parâmetros fenológicos (CHEN *et al.*, 2014; DE SCHUTTER *et al.*, 2015, SCHEFTIC *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2015). O índice mais amplamente difundido na literatura para estudos de vegetação é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

A fenologia como conceito pode ser explicada pelo estudo da ocorrência de episódios repetitivos de cunho biológico e das causas desses episódios em conexão com fatores bióticos e abióticos e da sua conseqüente inter-relação entre as fases observadas nestes episódios, levando em consideração uma ou mais espécies (LIETH, 1974). A observação desses episódios pode ser captada por sensores remotos, desde que

observada a escala de observação e, principalmente as limitações de sensores à distância (BENCKE & MORELLATO, 2002).

O presente trabalho possui como objetivo analisar as curvas fenológicas provenientes das séries temporais NDVI-MODIS para as fisionomias de vegetação, no município de Pacaraima (RR) e adjacências, utilizando técnicas de processamento digital de imagem e estatística intra e interanuais.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Pacaraima (RR), contendo uma área de aproximadamente 8030 km² localizada entre as coordenadas geográficas 60°39'8,824"W, 4°53'4,78"N e 60°36'23,043"W, 3°26'54,441"N (**Figura 1**). O município está no extremo norte do Estado de Roraima, na mesorregião norte, que possui importância na rota comercial para a Venezuela. O município faz limite com a Venezuela e os municípios brasileiros de Amajari, Boa Vista, Normandia e Uiramutã. A escolha do município foi devido à baixa dinâmica antrópica, que dá boas condições para a obtenção das curvas fenológicas, por ser uma área de ecótono entre a floresta e a savana e possuir poucos estudos realizados.

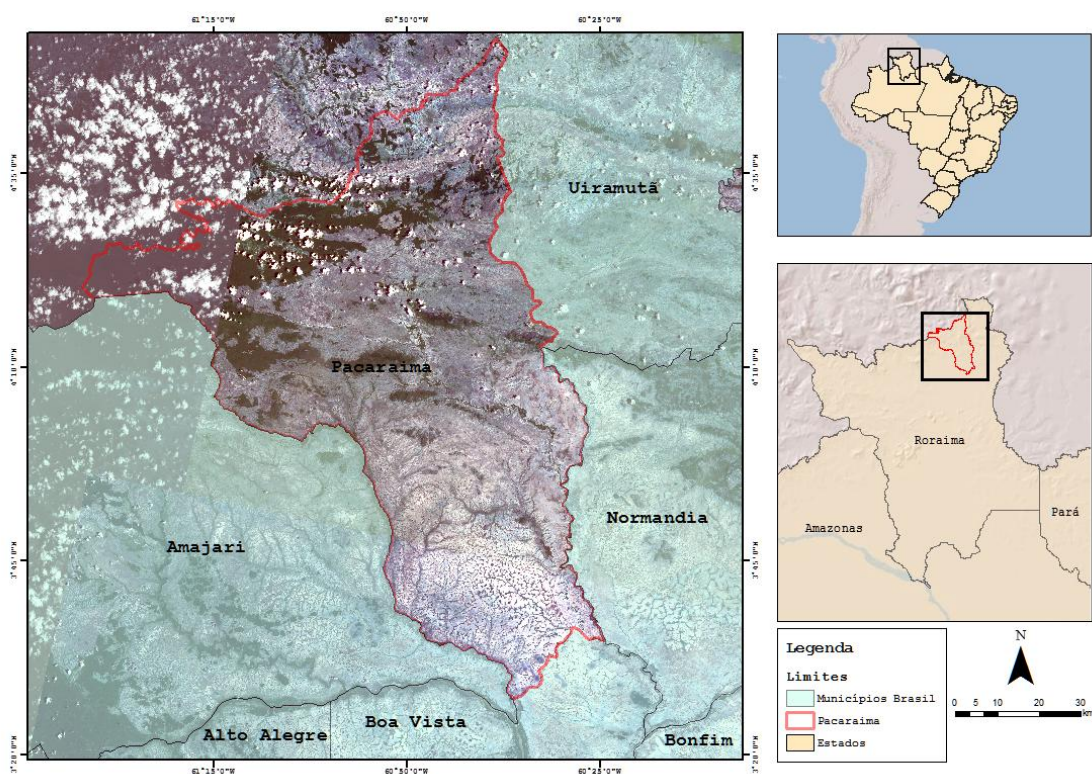


Figura 1. Mapa de Localização do Município de Pacaraima. (LANDSAT 8 OLI, Outubro de 2014, 4R3G2B).

A vila Pacaraima foi elevada à condição de município em 1995, por força da lei Estadual nº 96, anteriormente a partição fazia parte do município de Boa Vista. A fundação do município teve questionamentos quanto à sua legalidade provenientes da Associação dos Povos Indígenas de Roraima (APIR) e Conselho Indígena de Roraima (CIR). Os protestos se baseavam no fato dos limites municipais sobreporem a Terra

Indígena (TI) São Marcos, homologada em 1991 e, a TI Raposa Serra do Sol em estudo de demarcação na época. Existem evidências que permitem especular que a criação do município foi um empenho estadual para inviabilizar o processo de demarcação. Tal afirmação se apoia em modificações na lei Complementar nº 07 que modificou os parâmetros de quantitativo de eleitores para a emancipação de novos municípios, passando de 30% dos eleitores do Estado, para 10% no ano anterior a fundação do município (MORÓN, 2012; ROCHA & SILVA, 2012). Os municípios de Uiramutã e Normandia, que também sobrepõem a TI Raposa Serra do Sol passaram por processo similar, sendo fonte de constantes atritos territoriais entre os indígenas e os não índios. Cabe ainda à esfera federal mediar esses conflitos, ainda sem um encaminhamento claro de resolução.

No aspecto econômico, Pacaraima é ligada a Manaus pela BR-174, funcionando como entreposto comercial da Zona Franca de Manaus. As principais atividades desenvolvidas no município são do setor agropecuário e turismo (SEPLAN, 2014). A receita municipal é prejudicada pela insegurança de investimentos ocasionados pela incerteza jurídica e também pela competição com o mercado venezuelano, que conta com uma Área de Livre comércio no município vizinho (SILVA *et al.*, 2011).

O clima é quente e úmido com precipitação de 1750 mm anuais (**Figura 2**), adquirindo o tipo climático “Am” na classificação de Köppen . A temperatura média anual é aproximadamente 22°, pela influência altimétrica apresenta uma sensação térmica mais amena (CUNHA *et al.*, 2012) (**Figura 3**). A sede está em 920 m de altitude do nível do mar. Essa tipificação climática tem estações de secas bem definidas, mas com uma melhor distribuição de chuvas ao longo do ano, se comparadas às outras localizações Equatoriais (EVANGELISTA *et al.*, 2008).

A geologia é predominantemente constituída pelo Grupo Surumu formado por rochas vulcânicas piroclásticas (REIS & CARVALHO, 1996) e a Formação Boa Vista caracterizada por arenitos conglomeráticos, arcoseanos e arenitos grauváquicos intemperizados, de data de deposição no terciário Paleoceno/Eoceno. Em menor proporção ocorre o Grupo Suapi, de arenitos seixosos a grossos (FERNANDES FILHO *et al.*, 2012); e as Formações Arai e Uaimapuê.

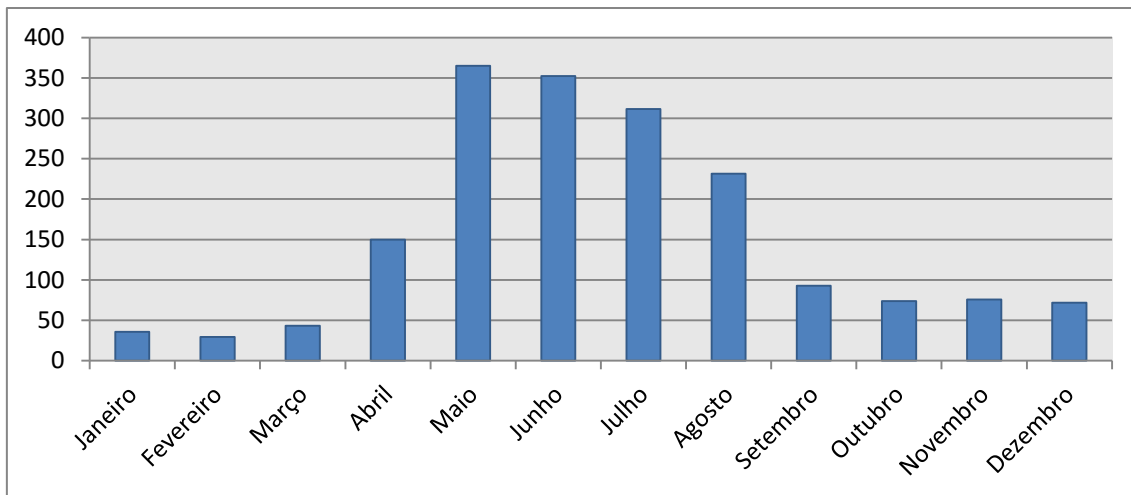


Figura 2. Gráfico da média histórica da precipitação mensal (mm) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista - RR).

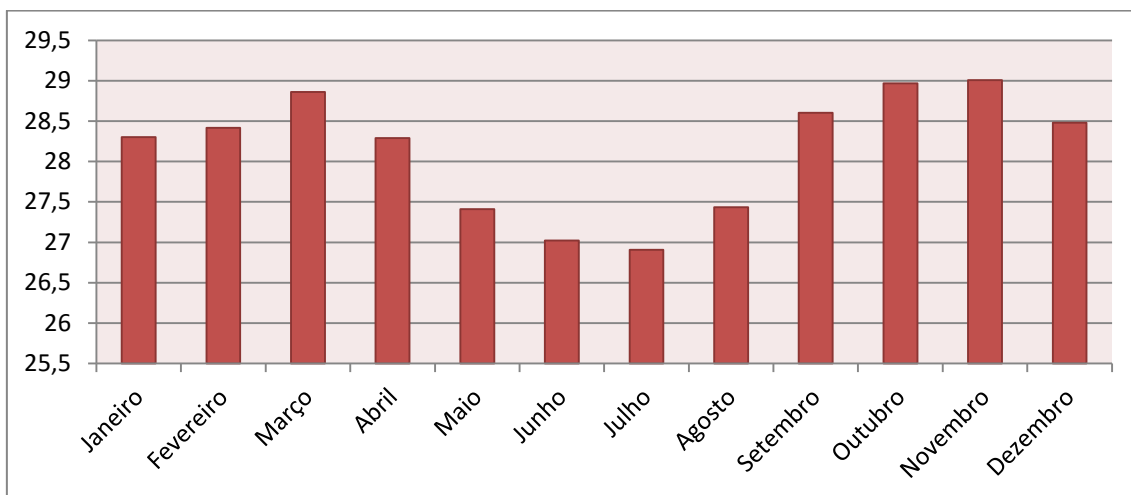


Figura 3. Gráfico da média histórica da temperatura mensal (°C) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista - RR).

As unidades geomorfológicas podem ser subdivididas em: (a) Planalto Sedimentar de Roraima, (b) Planalto do Interflúvio Amazonas-Orenoco e (c) Superfícies Pediplanadas Intramontanas (NETA & JÚNIOR, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2012). O Planalto Sedimentar apresenta formas cuestiformes e tabuliformes em rochas sedimentares do período Paleoproterozóico, intensamente dissecadas, com ocorrência de ravinamentos e voçorocas, localizados na porção sul do município (NASCIMENTO *et al.*, 2012). O Planalto do Interflúvio Amazonas-Orenoco está localizado na porção norte, adjacente à sede, contendo cotas altimétricas entre 600 e 2000 m (FRANCO *et al.*, 1975; NASCIMENTO *et al.*, 2012). Essa unidade apresenta um relevo montanhoso com cristas e pontões dissecados com alinhamento NE-SW e

com vertentes com alta declividade e intensos ravinamentos, que formam vales encaixados. As Superfícies Pediplanadas são feições aplainadas e rebaixadas localizadas mais ao norte do município, entre as duas unidades anteriores. Os principais rios da região são Surumu e Contigo.

A vegetação faz parte do ecótono entre os sistemas florestais típicos da Amazônia e as formações Savânicas. Essas últimas recebem localmente a denominação de Lavrado. A designação é uma herança histórica de ocupações com fins de pecuária extensiva, em que as primeiras tentativas datam do Século XIX (BARBOSA, 1993). Apesar de sua reconhecida importância, existem ainda poucas pesquisas realizadas neste ambiente, havendo ainda grande polêmica quanto à classificação de vegetações (BARBOSA & MIRANDA, 2004; IBGE, 2012). O Lavrado tem características fitofisionômicas muito próximas aos Cerrados do Planalto Central, se diferenciando principalmente pela composição florística. O contraste do Lavrado em relação aos Cerrados Centrais é o maior grau de isolamento e a menor presença em espécies arbóreas, possuindo características fisiográficas diferentes. Estima-se que ocupem área próxima a 4300 hectares em toda a Amazônia, o que permite uma noção de escala em relação aos 208 milhões de hectares do Bioma Cerrado (SANO *et al.*, 2000). As fitofisionomias presentes são: savanas, savanas estépicas e outros sistemas como pequenas ilhas de florestas, buritizais e matas de galeria.

As duas principais formações vegetais (**Figura 4**) são as Formações Savânicas (Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Arborizada, Savana Parque, Savana Estépica Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa) e as Formações Florestais (Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa). Os tipos savânicos cobrem aproximadamente 76 % da área, são xeromórficos e possuem forte afinidade edáfica com a totalidade da Formação Boa Vista e quase a toda a Formação Surumu (BARBOSA & MIRANDA, 2004; IBGE, 2012). A classificação Savana abarca em escala regional os conjuntos de dominância comum de sinúsias arbóreas e herbáceas. De grande ocorrência no território brasileiro, recebe os nomes locais de Cerrado, no Planalto Central; Tabuleiro, Agreste e Chapada nos Estados Nordeste, e Lavrado no Estado de Roraima, entre várias outras (IBGE, 2012). A porção herbácea é distribuída de maneira contínua formando grandes relvas entre arbustos e árvores. A arbórea se caracteriza por indivíduos de porte médio a baixo,

com distribuição intervalada e copa ampla, com galhos baixos (IBGE, 2012). As divisões subsequentes se apresentam particularidades dentro do grande grupo Savana. A Savana Estépica Florestada, normalmente conhecida por Cerradão, possui um estrato inferior de cunho gramíneo-lenhoso que frequentemente é descontínuo e tortuoso; e outro estrato superior de grande ocorrência nanofanerofítica, sazonalmente decíduas, relativamente adensadas por troncos grossos, fortemente esgalhados e espinhosos. Fisionomicamente é similar as Florestas Estacionais, tendo a diferença marcada pela composição florística. A subdivisão Arborizada se manifesta com fisionomia nanofanerofítica rala e outra contínua graminóide, sendo substrato de ocorrências de fogo. A composição florística é parecida com a Florestada, mas é dominada por espécies de acordo com o ambiente, em Roraima, *Curatella americana* L. (IBGE, 2012). As Savanas Parque ocorrem na região central e oeste das savanas de Roraima, e se delimitam pelas Florestas Estacionais. Diferenciam-se por não serem contínuas e detectadas como fragmentos em outras áreas. Tem grande cobertura de indivíduos, alta área basal e agrupamentos de estratos lenhosos, dando o aspecto de moitas. O subgrupo Estépico Parque, ocorre com formas fisionômicas típicas, com estratos arbustivos e árvores de pequeno porte, distribuídos de forma espaçada. É encontrada em regiões serranas, acima de 600 m de altitude, em solos pedregosos e ralos estratos graminosos (BARBOSA & MIRANDA, 2004). A última ocorrência na área, Gramíneo-lenhosa, normalmente reconhecida pelos nomes campo limpo e sujo, se distribui por ondulações do pediplano de Boa Vista permeadas por lagoas temporárias e permanentes, e drenagem com redes densas com a presença de veredas (BARBOSA & MIRANDA, 2004).

Os sistemas florestais, mais característicos da região amazônica, são representados pelas tipificações Ombrófila Densa (Ombrófila Densa Submontana e Ombrófila Densa Montana) e Estacional Semidecidual (Estacional Semidecidual Montana, Estacional Semidecidual Submontana e Estacional Semidecidual Aluvial, cobrindo aproximadamente 24% da área (IBGE, 2008). As Florestas Ombrófilas ocorrem em áreas com alta pluviosidade. A Floresta Ombrófila Densa Submontana é caracterizada por fanerófitos de grande porte, com ocorrência de indivíduos que passam dos 50 m. A Floresta Ombrófila Densa Montana ocorre em planaltos e serras com altitudes que variam entre 600 e 2000 m, com portes menores por ocorrerem em solos

de natureza litológica e/ou solos mais delgados. Podem ser encontradas em relevos de formatos variados, na região cobre porções de fortes acíves (IBGE, 2012; CRUZ *et al.*, 2014).

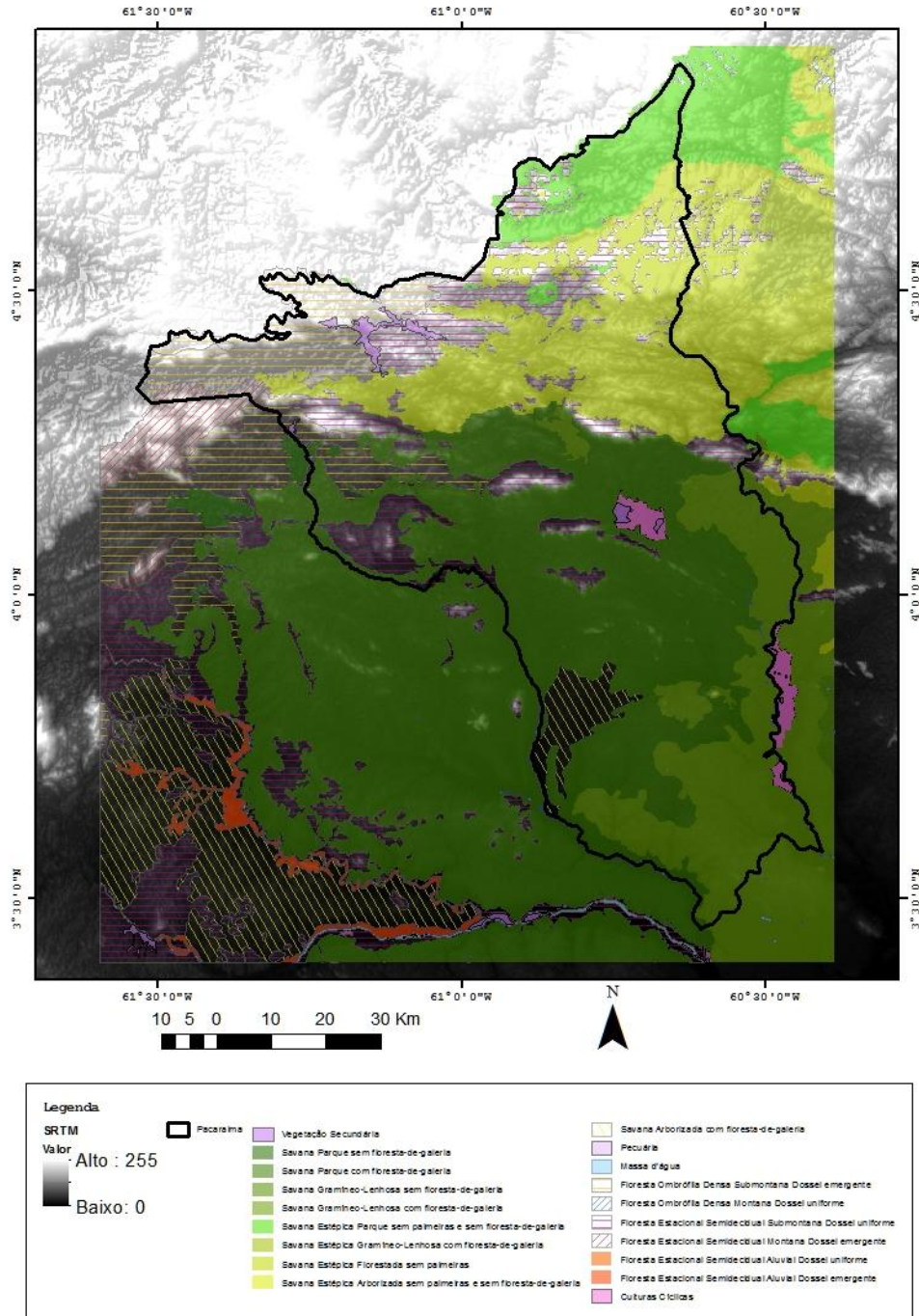


Figura 4. Vegetação da área de estudo e relevo (Fonte: IBGE, 2008; MIRANDA, 2005).

As Florestas Estacionais Semidecíduais, em comparação com as Ombrófilas cobrem áreas de mais baixa umidade, possuindo quedas de folhas condicionadas as

variações sazonais de seca e chuva. Tipicamente, entre 20 e 50 % do conjunto florestal possuem caducifoliedade. São compostas por fanerófitos de gemas foliares com ocorrência de escamas ou pelos, folhas membranáceas decíduais ou esclerófilas. Nos dois casos de divisão, marcados principalmente pelas cotas altimétricas. A Floresta Estacional Semidecidual Montana recobre áreas de 600 a 2000 m de altitude e a Floresta Estacional Semidecidual Submontana entre 100 e 600 m. As formações florísticas são similares às Ombrófilas Densas, sendo que nos dois casos com menor número de espécies e indivíduos conforme a altitude aumenta. A formação Estacional Semidecidual Aluvial é caracterizada principalmente pela associação a cursos d'água, propiciando um ambiente sensivelmente diferente aos da Estacional Semidecidual Montana e Submontana.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Imagens do Sensor MODIS

O MODIS é o principal instrumento a bordo dos satélites TERRA e AQUA, lançados em 1999 e 2002. Tem a capacidade de imagear toda a superfície terrestre a cada um ou dois dias, com 36 bandas espectrais ou grupos de comprimentos de onda (BARKER *et al.*, 1992). O sistema foi lançado com a intenção de levantar dados sobre os processos ocorrentes na superfície terrestre, oceanos e na baixa atmosfera (JUSTICE *et al.*, 2002). O sensor tem desempenhado importante papel no desenvolvimento de modelos do sistema terrestre e tem sido largamente utilizado pela comunidade científica (BROWN *et al.*, 2013; CHEN *et al.*, 2004; HUANG & FRIEDL, 2014; JÖNSSON *et al.*, 2010; POULIOT *et al.*, 2014; SULLA-MENASHE *et al.*, 2014).

O presente trabalho utilizou uma série temporal do produto de reflectância de superfície (MOD09Q1) relativo ao período 2001-2014. Esse produto tem a resolução espacial de 250 m. As imagens são composições de oito dias, que suprime ou diminui a quantidade de ruídos e nuvens na imagem. O procedimento utilizou as bandas 1 e 2, correspondentes a faixa do vermelho (620-670 nm) e infravermelho próximo (841-875 nm), respectivamente. As imagens foram convertidas para coordenadas geográficas, datum WGS84, utilizando o programa MODIS Reprojection Tools (MRT) (DWYER & SCHMIDT, 2006). A série anual contém 46 imagens por banda, totalizando 644 imagens para o período estudado. Os arquivos estão enumerados em dias julianos, buscando evitar percalços com a numeração por meses.

As imagens MODIS foram organizadas em um cubo, levando em consideração a ordem cronológica das imagens, caracterizando um cubo temporal onde as imagens estão em ordem crescente de data (**Figura 5**). Sendo assim os eixos X e Y, representam as coordenadas geográficas, e o eixo Z representa o tempo (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2006; 2009). As mudanças temporais e o comportamento fenológico da vegetação em cada pixel podem ser detectados a partir de um perfil temporal. As eventuais faltas de imagens na série temporal foram preenchidas com a repetição da imagem anterior ou posterior àquela que não estava presente no banco de imagens obtido no site da NASA. Aproximadamente vinte substituições foram feitas, em todos os casos arquivos que não estavam disponíveis para download.

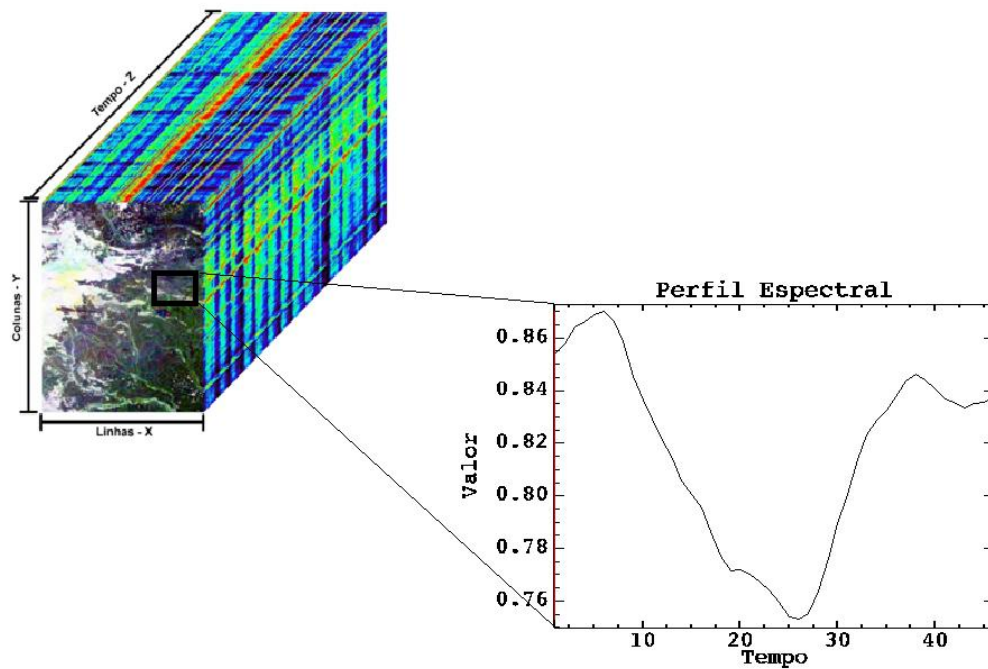


Figura 5. Representação do cubo temporal das imagens do sensor MODIS em três dimensões.

3.2 Índice NDVI-MODIS

Os índices espectrais são utilizados com o objetivo de realçar um determinado sinal característico de um alvo de interesse. O índice NDVI tem sido amplamente utilizado na caracterização do ciclo fenológico (TUCKER & SELLERS, 1986; BRADLEY *et al.* 2007). O cálculo do NDVI é realizado pela diferença normalizada entre o valor da reflectância na faixa de infravermelho próximo (0.7 a 1.1 μm) (IVP) e a do vermelho (0.4 a 0.7 μm) (V) descrito pela seguinte equação (ROUSE *et al.*, 1974):

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (1)$$

O resultado expressa a atividade fotossintética da vegetação, variando de -1 e +1, com os valores próximos a 1 sendo indicadores de vegetação fotossinteticamente ativa. Materiais como a água que absorvem mais radiação na faixa do infravermelho próximo se apresentam com NDVI negativo (SCHEFTIC *et al.*, 2014).

O MODIS conta com um produto NDVI relativo à composição de 16 dias, disponibilizado gratuitamente. Nessa pesquisa, optou-se por elaborar o NDVI a partir dos produtos de reflectância de superfície (MOD09Q1), que oferecem uma melhor resolução temporal de oito dias.

3.3 Tratamento do Ruído

Pesquisas que utilizam dados de satélites comumente precisam lidar com a presença de ruídos, que são valores anômalos no conjunto dos dados provenientes de interferências atmosféricas ou deficiências na aquisição de dados. A tipificação de ruídos é extensa incluindo, por exemplo: falhas na calibração do sensor, falhas no armazenamento, interferências atmosféricas e cobertura de nuvens. Portanto, o tratamento de ruídos torna-se uma etapa necessária para a análise de séries temporais (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2012). No caso particular da área de estudo, próxima a linha do equador, a cobertura de nuvens se dá durante todo o ano (ASNER, 2001), sendo a filtragem um procedimento crítico. Normalmente no tratamento de ruídos em séries temporais, as técnicas de filtrações podem ser utilizadas com dois propósitos: eliminar ruídos de impulso e suavizar a série temporal (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2015). No presente trabalho, uma combinação de duas técnicas foi utilizada: filtragem por mediana para eliminar os ruídos de impulso e a filtragem pelo método Savitzky-Golay (S-G) para a suavização da curva temporal. O programa utilizado para o tratamento dos ruídos foi o ABÍLIO, que possui os dois filtros citados (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2012; 2015)

A filtragem por mediana objetiva eliminar os ruídos do tipo impulso. O procedimento para identificar e isolar esses tipos de ruídos perfaz uma subtração entre a curva filtrada pela mediana e os dados originais. Os pontos ruidosos são evidenciados, pois apresentam valores altos após a subtração tanto positivamente como negativamente. O usuário estabelece um valor limite que define a presença de ruídos podendo considerar valores positivos, negativos ou ambos (a partir do valor absoluto). Os ruídos são então substituídos por valores obtidos por uma interpolação linear entre os pontos anteriores e posteriores ao dado indesejável. O método descrito atua somente nos ruídos de impulso permanecendo os demais pontos da série temporal iguais à curva original. A dimensão da janela temporal para filtragem é definida pelo usuário. No

programa ABÍLIO, o usuário pode testar e visualizar o resultado da curva temporal, considerando diferentes tamanhos de janela e os limiares de distância de detecção dos ruídos, visando estabelecer os melhores parâmetros antes de iniciar o processamento de toda a imagem.

O filtro Savitzky-Golay, desenvolvido em 1964, foi inicialmente planejado para suavizar ruídos em séries de dados experimentais mantendo os valores máximos e mínimos (SAVITZKY & GOLAY, 1964). O método consiste na convolução polinomial por ajuste de mínimos quadrados para suavizar e computar valores consecutivos (SCHAFER, 2011). O processo convolutivo pode ser entendido como uma filtragem de médias ponderadas móveis com o peso sendo dado por uma polinomial de certo grau (CHEN *et al.*, 2004; SAVITZKY & GOLAY, 1964). Os coeficientes aplicados ao sinal realizam o ajuste dentro de uma janela definida. As principais características do filtro S-G são: possibilidade de ser utilizado em qualquer sequência de dados que ocorram em intervalos fixos e uniformes (CHEN *et al.*, 2004); não há a necessidade de transformar o sinal analisado para o domínio de frequência (STAVROULAKIS *et al.*, 2013); e o ajuste polinomial preserva os valores máximos e mínimos do conjunto de dados (SCHAFER, 2011). A utilização do Savitzky-Golay na suavização de séries temporais NDVI é uma metodologia muito difundida (HIRD & MCDERMID, 2009; SHAO *et al.*, 2015; SUN *et al.*, 2015; VERGER *et al.*, 2011).

3.4 Estatísticas Interanuais

A análise interanual se baseia na comparação de dados entre anos, visando observar um ritmo típico da variável observada (CHEN *et al.*, 2012; HURLEY & BOOS, 2013). Como exemplificação, a inferência de uma estação chuvosa em certo local é um produto da comparação com os períodos anteriores. Assim como, a conformação ou excentricidade de uma estação também é uma comparação interanual. Essa abordagem é utilizada principalmente em trabalhos com ênfase em dados climáticos ou biofísicos (RODRÍGUEZ-FONSECA *et al.*, 2015; ZHU *et al.*, 2012). Sendo aplicada em diversas escalas espaciais do local ao global (FATICHI *et al.*, 2012).

No caso desta pesquisa, a variável de comparação são os dados NDVI-MODIS do município de Pacaraima e adjacências. A combinação de dados relativos aos ciclos fenológicos de vários anos permite evidenciar o comportamento regional e temporal

médio e investigar os processos de variações entre os anos. Diferentes medidas estatísticas podem ser calculadas para os dados: coeficiente de variação, curtose, desvio padrão, média, obliquidade, somatório do quadrado, valor máximo, valor mínimo e variância. As estatísticas foram calculadas no programa ABÍLIO, resultando em uma nova sequência de imagens com a dimensão dos dados anuais para cada medida estatística. Os dados de entrada são as 644 imagens NDVI, organizadas em 14 anos com séries temporais de 46 imagens. O dado de saída é uma imagem com 46 imagens (correspondente a um ano) para cada medida estatística escolhida. Como exemplificação, a média interanual pode ser expressa pela seguinte equação:

$$X_i = \frac{\sum_{j=1}^{14} x_{i,j}}{n}$$

Onde, “i” varia de 1 até o número de dados ao longo do ano (no caso 46), “j” varia de 1 até o número de anos analisados (no caso 14), X é o valor de média e x é o dado da série temporal. Portanto, a formulação tem como resultado a imagem de média para cada um dos 46 dias do ano. A mesma lógica é aplicável a todas as demais medidas estatísticas.

3.5 Estatísticas Intra-anuais

Na análise interanual, a escala de comparação é entre os dias de um mesmo ano. Do início ao fim de um ano, as variáveis de interesse são comparadas buscando indicadores que permitam compreender a dinâmica naquele período. Assim como na perspectiva interanual, a análise intra-anual é muito utilizada para investigações de variabilidade em estudos de fatores climáticos (GRANADOS & TORO, 2000; THOMAS, 2008). As medidas estatísticas foram geradas no programa Abílio. O dado de entrada é o conjunto total de imagens da série temporal (644 imagens) e o dado de saída é constituída por uma imagem para cada ano, totalizando 14 imagens no período 2001-2014 para cada medida estatística. As medidas estatísticas calculadas foram: coeficiente de variação, curtose, desvio padrão, média, obliquidade, somatório do quadrado, valor máximo, valor mínimo e variância. Como exemplificação é demonstrada a equação para o cálculo da média intra-anual:

$$X_j = \frac{\sum_{i=1}^{46} x_{i,j}}{n}$$

Onde, “i” varia de 1 até o número de dados ao longo do ano (no caso 46), “j” varia de 1 até o número de anos analisados (no caso 14), X é o valor de média intranual e x é o dado da série temporal.

3.6 Procedimento de Coleta das Assinaturas Fenológicas da Vegetação

A fenologia pode ser definida como um campo da ecologia que estuda a ocorrência de eventos biológicos repetitivos, e a sua relação com os fatores bióticos e abióticos do ambiente circundante (FARIA *et al.*, 2012; TALORA & MORELLATO, 2000). Portanto, o exame de processos cíclicos visíveis é objeto base dos estudos fenológicos, que investiga sistematicamente as transições cíclicas na constituição e na aparência dos seres observados. Essas mudanças podem ser de origem endógena ou devido às pressões ambientais que podem agir de maneira seletiva (TALORA & MORELLATO, 2000). No tocante a estudos de vegetação em escala de classes, os estudos se dividem em duas perspectivas: os levantamentos com dados de campo e os com sensores remotos (BENCKE & MORELLATO, 2002). Os levantamentos de campo têm bons resultados, mas são dificilmente aplicados em regiões remotas e em áreas extensas. No caso dos estudos de vegetação por sensores remotos tem-se a possibilidade de estudar grandes áreas de cobertura vegetal. A análise adota curvas típicas para cada tipo de vegetação, que indicam a fenofase de cada classe. As mudanças ao longo do tempo estão relacionadas a elementos como o clima e a temperatura.

No presente estudo, a seleção das áreas vegetadas utilizou dois conjuntos de dados: o mapa de vegetação da Amazônia Legal e um mosaico de cenas LANDSAT 8. O mapa de vegetação elaborado pelo IBGE (2008), na escala 1: 250,000, é composto por 15 classes (**Figura 6**). Devido à presença de classes com pouca representatividade espacial e alta similaridade entre si foi realizado uma aglutinação de classes (**Figura 7**), objetivando focar nas principais unidades de vegetação presentes na área. A classe Ombrófila Densa Montana em especial foi desprezada da análise, pois a ocorrência na área era muito pequena, o que comprometia a confiança nos dados coletados.

O Landsat 8 é o mais recente lançamento da série Landsat, iniciada na década de 70. Este satélite possui dois sensores: Operational Land Imager (OLI) e o Thermal Infrared Sensor (TIRS) e uma resolução temporal de 16 dias. O TIRS opera em bandas termais de 100 metros, reamostradas para 30 metros e utilizadas para detectar variações

na temperatura. O OLI por sua vez, é um sensor multiespectral que contém nove bandas espectrais distribuídos na faixa do visível (bandas 1, 2, 3 e 4) e infravermelho próximo e médio (5, 6, 7 e 9) com resolução espacial de 30 m. A banda 8 é uma imagem pancromática com resolução de 15 m. Os dados são georreferenciados e gratuitamente fornecidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) . Quatro cenas foram necessárias para cobrir toda a área de estudo, referentes às órbitas 232/56, 232/57, 232/58 e 233/57. As imagens são de outubro de 2014 que apresentam baixa cobertura de nuvens (**Figura 8**).

Nomenclatura Classe Inicial		Nomenclatura Classe Simplificada	
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Dossel emergente		Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Dossel uniforme		Floresta Estacional Semidecidual Submontana	
Floresta Estacional Semidecidual Montana Dossel emergente		Floresta Estacional Semidecidual Montana	
Floresta Estacional Semidecidual Submontana Dossel uniforme		Floresta Ombrófila Densa Submontana	
Floresta Ombrófila Densa Montana Dossel uniforme		Savana Arborizada	
Floresta Ombrófila Densa Submontana Dossel emergente		Savana Estépica	
Savana Arborizada com floresta-de-galeria		Savana Gramíneo-Lenhosa	
Savana Estépica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria		Savana Parque	
Savana Estépica Florestada sem palmeiras		Mata Ciliar	
Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria			
Savana Estépica Parque sem palmeiras e sem floresta-de-galeria			
Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta-de-galeria			
Savana Gramíneo-Lenhosa sem floresta-de-galeria			
Savana Parque com floresta-de-galeria			
Savana Parque sem floresta-de-galeria			

Figura 6. Classes dos dados vetoriais e classes simplificadas.

A seleção das áreas de interesse para o estudo fenológico foi realizada no programa ENVI, por meio da visualização simultânea do mapa de vegetação, imagem Landsat-8/OLI e as imagens das séries temporais. Foram coletadas 20 amostras para cada classe, com a média de 480 pixels para cada uma. As regiões de interesse foram mantidas em número, tamanho e localização para as análises estatísticas intra e interanuais. A partir da área amostrada para cada classe foram geradas curvas médias, que buscavam representar o comportamento fenológico típico da vegetação observada.

Além das oito classes constantes no mapeamento, mais uma classe pôde ser claramente interpretada, sendo classificada como Mata Ciliar pela clara afinidade com cursos d'água. Essa se diferencia da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial pela assinatura temporal (**Figura 9**). A adição desta classe também equilibra omissões cometidas na aglutinação de classes, já que algumas eram diferenciadas apenas pela ocorrência ou não de Mata Ciliar.

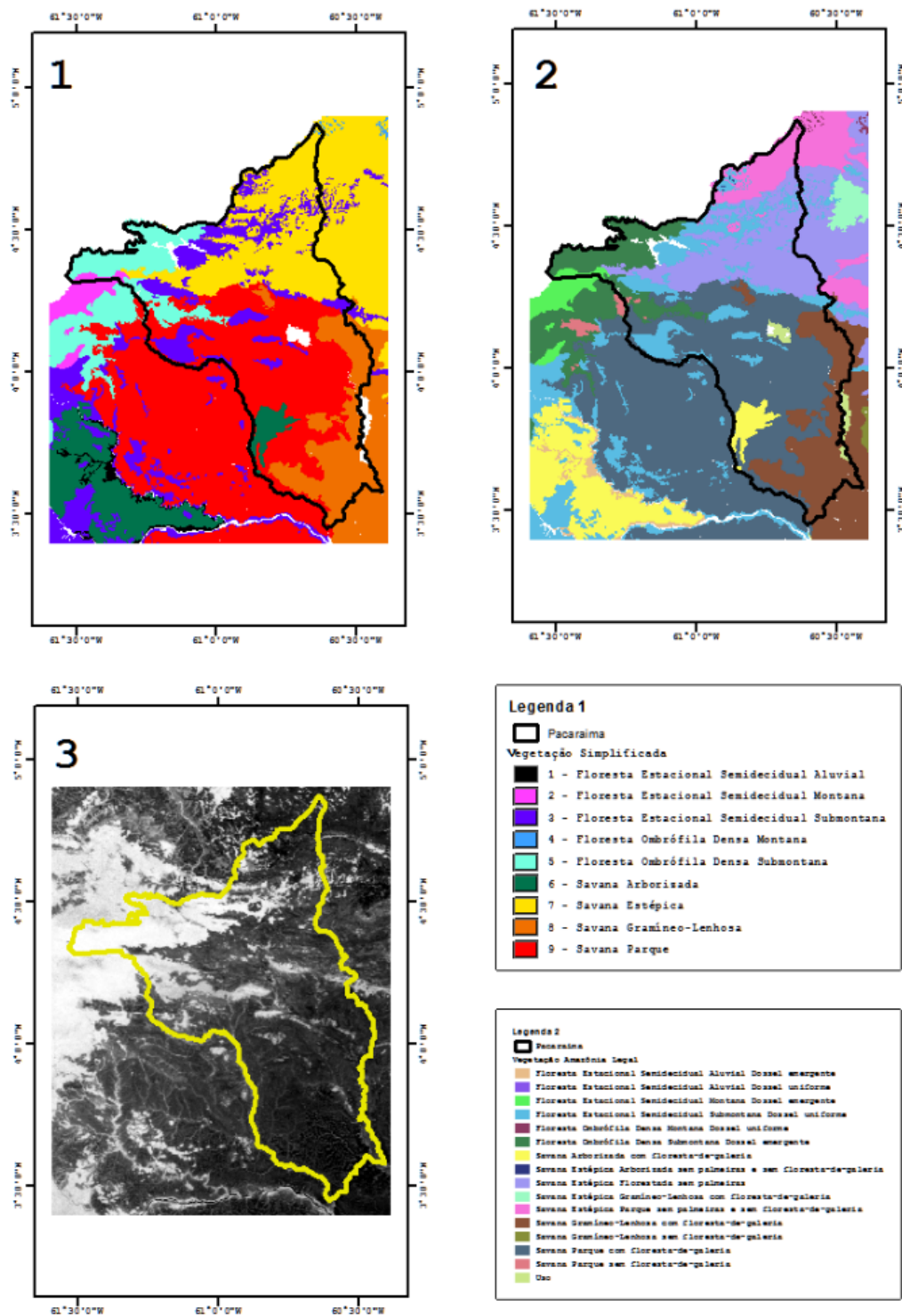


Figura 7. Mapa de Vegetação simplificada (1); Mapa de Vegetação (2); 1ª banda da média Interanual (3).

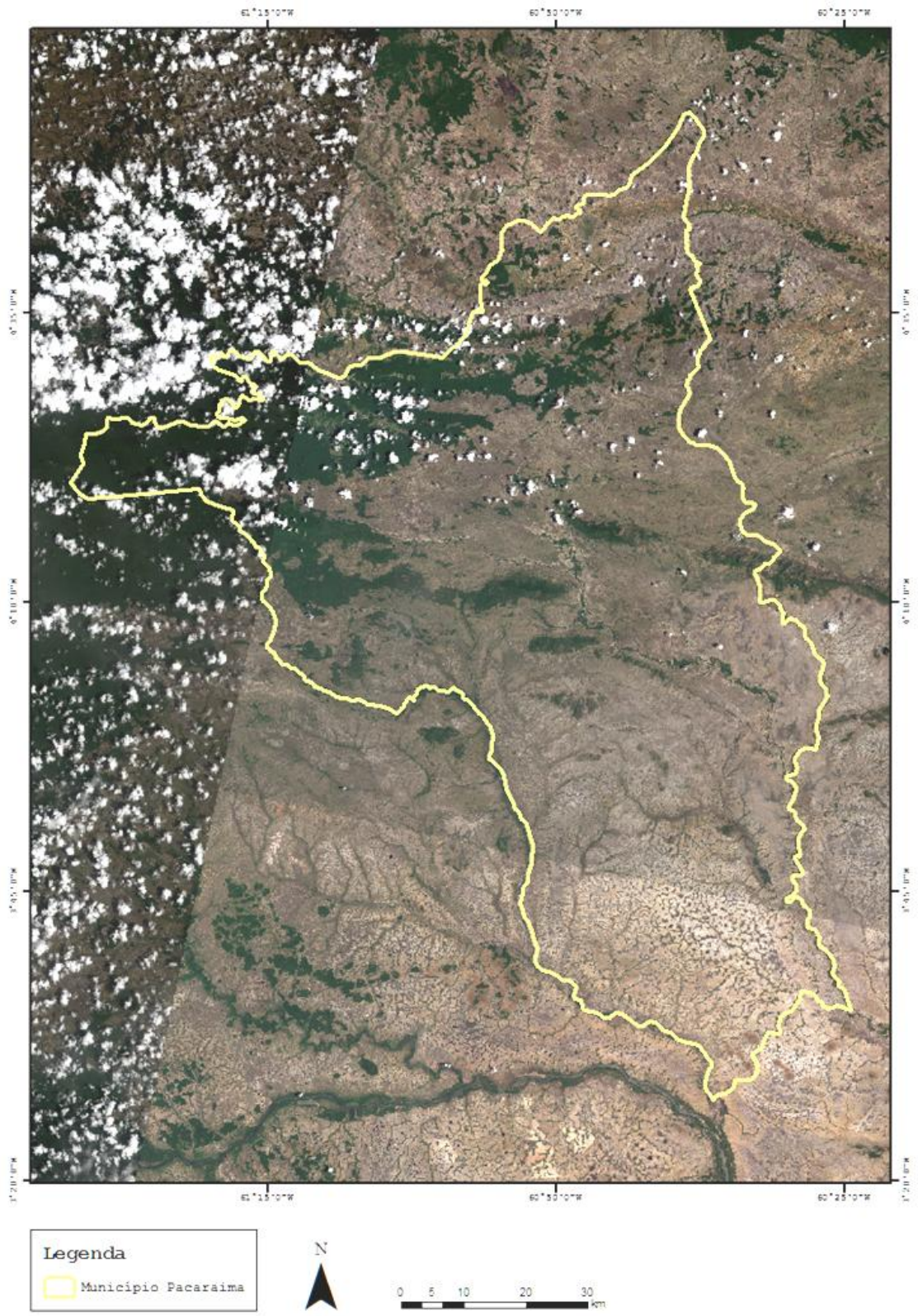


Figura 8. Mosaico LANDSAT da área de estudo. Composição 4R3G2B, Outubro de 2014.

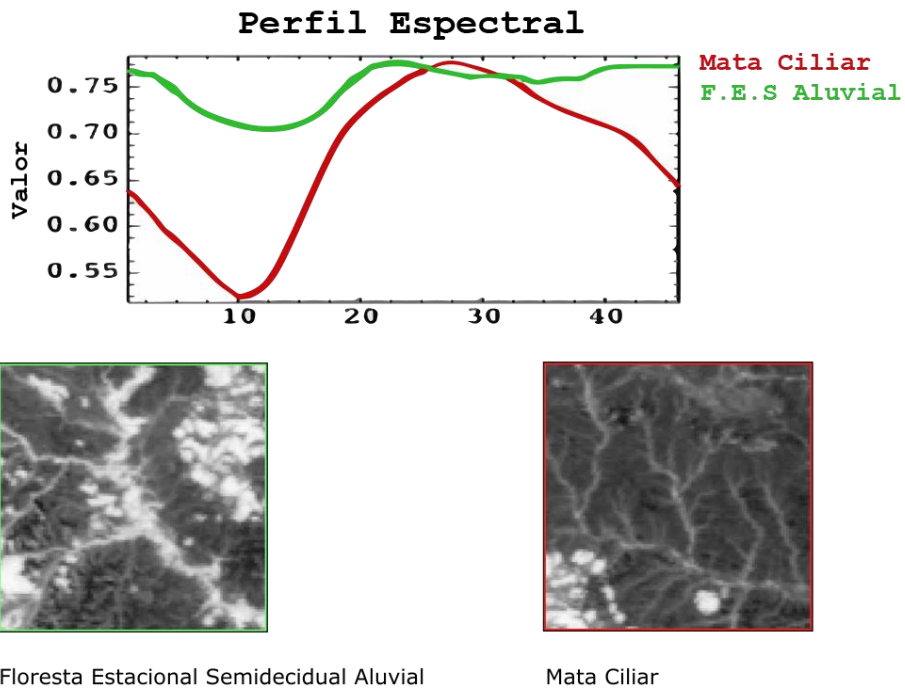


Figura 9. Comparação das curvas temporais da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e da Mata Ciliar.

3.7 Análise Comparativa com as Variáveis Climáticas

Foram escolhidas as variáveis precipitação e temperatura como critério de comparação as curvas fenológicas. A escolha se justifica por serem fatores comumente utilizados em estudos tanto de clima como fenológicos (BRASWELL *et al.*, 2005; PETRI *et al.*, 2012; SEGHERI *et al.*, 2012; SONG *et al.*, 2014). Os dados são disponibilizados pelo INMET de forma gratuita através da plataforma BDMEP. Foram selecionados os dados da estação Boa Vista pela proximidade com a área de estudo. A partir disso foram gerados os dados de Precipitação Inter e Intra-Anuais para o período de 2001 a 2014.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultado do Tratamento de Ruído

As imagens da série temporal NDVI-MODIS possuem uma alta porcentagem de cobertura de nuvens. Os testes realizados para a eliminação dos ruídos do tipo impulso permitiu desenvolver uma estratégia de filtragem sequencial para eliminação gradual de ruídos. A sequência de filtragens por mediana considerou um aumento gradual do tamanho da janela, considerando especificamente picos negativos ou positivos: 3x3 com pico negativo 0,1; 7x7 com pico negativo 0,05; 7x7 com pico positivo 0,08; e 13x13 com pico negativo 0,1 (**Figura 10**). Observou-se nas curvas temporais NDVI, um predomínio de picos negativo devido a interferências de nuvens, justificando a maior aplicação de procedimentos para eliminação dessas feições. Os valores utilizados na filtragem por mediana foram escolhidos a partir dos gráficos resultantes, buscando uma eliminação gradual e efetiva do ruído. Esta abordagem de reparação utilizando uma sequência de filtragens apresentou melhores resultados do que o simples emprego de uma única etapa com um filtro de tamanho mais largo, que ocasiona uma acentuada atenuação e altera os valores principalmente de máxima da curva fenológica.

Após a eliminação dos ruídos de impulso, a filtragem S-G foi aplicada com um polinômio de ordem 11, também definido por análise gráfica. Os espectros temporais resultantes do processo combinado dos dois procedimentos permitiram obter imagens sem cobertura de nuvens e uma curva temporal sem variações bruscas e suavizadas.

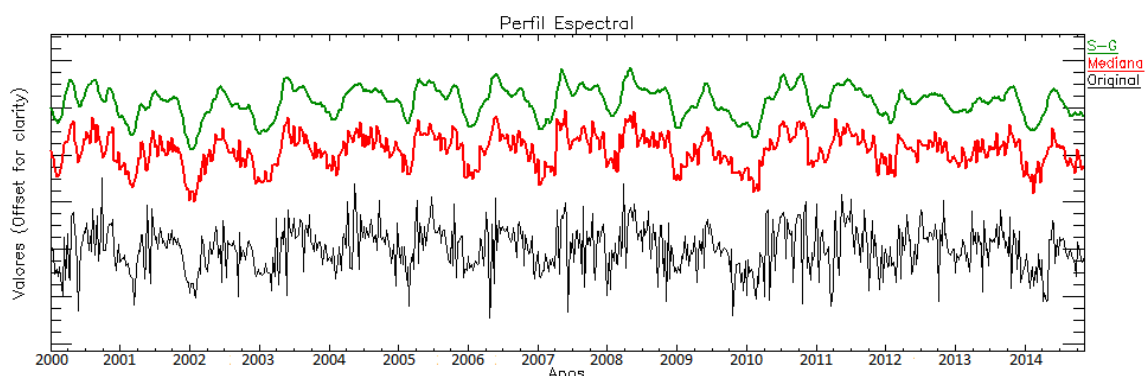


Figura 10. Comparação das Séries Temporais NDVI sem tratamento, após a filtragem por mediana dos ruídos do tipo impulso e suavização pelo filtro Savitzky-Golay.

4.2 Variáveis Climáticas

A **Figura 11** apresenta o comportamento anual da temperatura, contendo os valores mais altos nos períodos secos entre Setembro e Abril. Os valores mais baixos de temperatura ocorrem no período entre Maio e Agosto. Em contraposição, a precipitação interanual possui um comportamento oposto ao da temperatura (**Figura 12**). A **Figura 13** demonstra as médias intra-anuais, onde o ano de 2009 destaca-se por apresentar valores elevados em comparação ao período analisado. Historicamente o ano de 2009 é o ano mais quente já registrado no Estado (INMET, 2015). No mesmo ano, a precipitação intra-anual teve um decréscimo em relação à média total de precipitação (**Figura 14**). O ano de 2012 teve a maior média de precipitação dentro do período observado. Em contraste, observou-se um dos valores mais baixos da temperatura nesse mesmo ano.

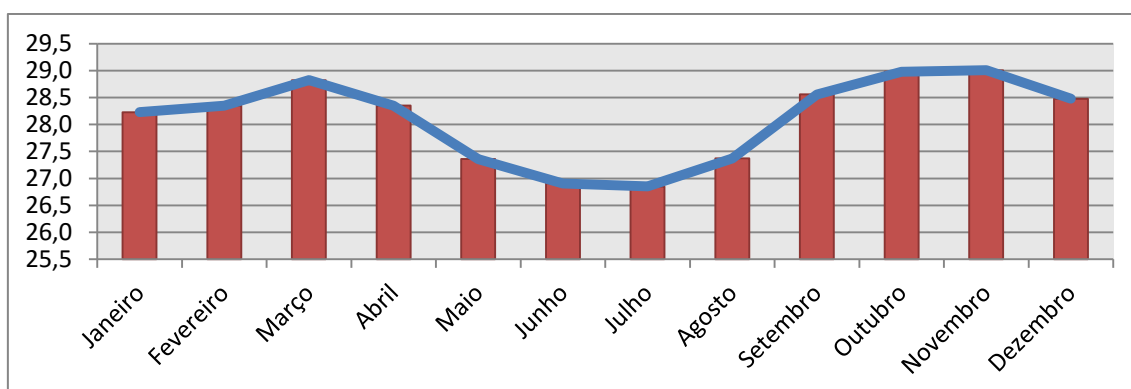


Figura 11. Gráfico da média interanual da temperatura (°C) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).

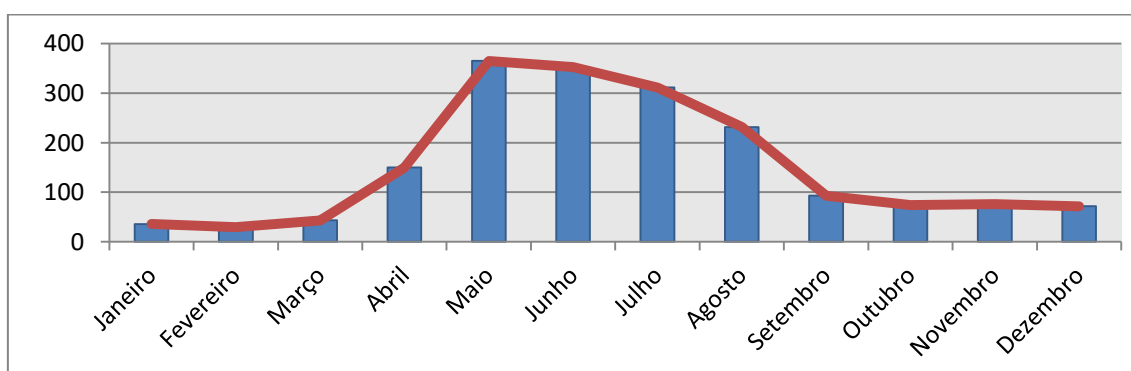


Figura 12. Gráfico da precipitação interanual média (mm) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).

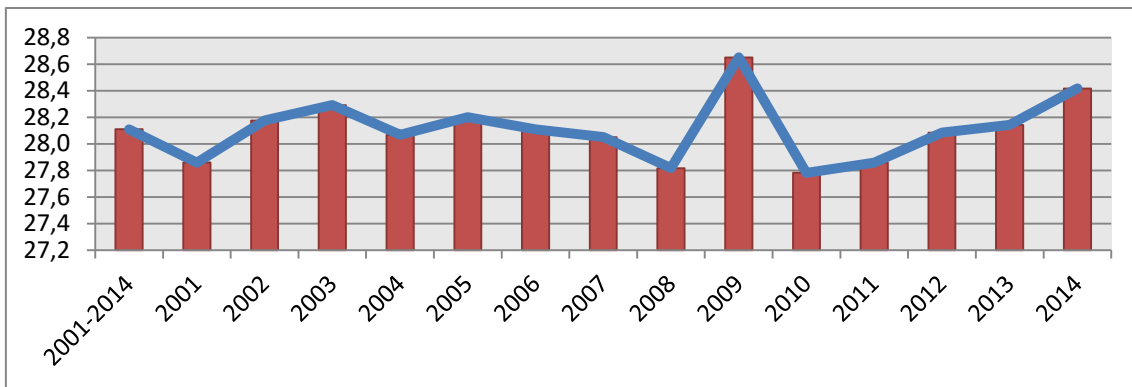


Figura 13. Gráfico da temperatura Intra-anual média (°C) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).

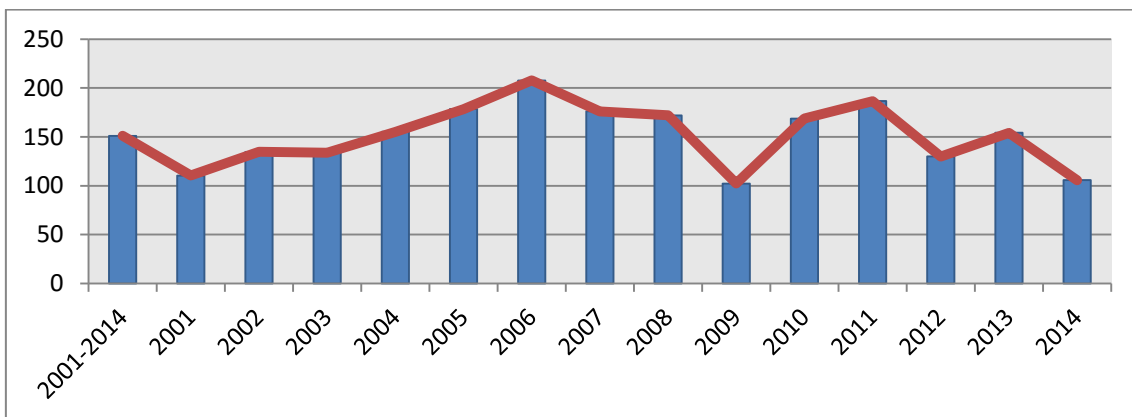


Figura 14. Gráfico da precipitação Intra-anual média (mm) (Fonte: INMET, Estação Boa Vista – RR).

4.3 Estatísticas Interanuais

As análises estatísticas interanuais permitiram extrair padrões associados às classes de vegetação e tendências de comportamento ao longo do ano. As observações foram comparadas com os dados climáticos levando em conta os formatos das curvas e sazonalidade das variáveis. As **Figuras 15 a 24** mostram as curvas das medidas estatísticas para as classes de vegetação e três imagens distribuídas ao longo do período, referentes às bandas 15, 30 e 45 (dias julianos 120, 240 e 360). O eixo das ordenadas é constituído pelos valores estatísticos e as abscissas, pelos dias do ano.

As imagens das médias dos ciclos fenológicos interanuais apresentaram feições semelhantes ao mapa de vegetação (**Figura 15**). As classes exibiram comportamentos diferenciados, com forte interferência sazonal das estações de seca e chuva. As curvas fenológicas interanuais médias das classes Savânicas, Estacional Semidecidual Aluvial e a Ciliar mostraram uma forte inflexão negativa por volta do dia 80 (Março), tendo a

máxima atividade por volta do dia 200 (Julho) e descendência novamente no dia 280 (Outubro), condizente com a curva de precipitação. Essas curvas apresentaram um comportamento inverso em relação ao gráfico de temperatura.

As vegetações savânicas são xeromórficas e constituídas por gramíneas, extremamente condicionadas às variáveis climáticas, possuindo fase de produção de folhas e estímulo metabólico em períodos chuvosos (BECERRA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2011). A classe Savana Gramíneo-Lenhosa apresentaram os valores mais baixos de NDVI, devido a maior porcentagem de extrato herbáceo. As outras três tipificações savânicas registraram valores bem próximos, ainda que separáveis. A savana Estépica se destacou por ser a mais estável. As classes de savana Arborizada e Parque mostraram até o dia 80 do ano (Abril) valores mais altos para as medidas estatísticas de dispersão (variância, desvio padrão, coeficiente de variação). O início do período chuvoso proporcionou uma aproximação de comportamento das classes restantes. Os gráficos das duas estatísticas diferem apenas na grandeza de valores, mantendo padrão de comportamento correlato. No caso da Gramíneo-Lenhosa salientou inflexões por volta do dia 120.

A classe Mata Ciliar se comporta com valores intermediários entre os tipos florestais e savânicos, mas com formato concordante a fenologia savânica. Os valores se distanciam da classe Aluvial, já que não necessariamente há formação de dossel e conseqüentemente menor verdor registrado (SILVA *et al.*, 2011). A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial apesar de apresentar formato de curva próximo as Savânicas, registra valores médios interanuais relativamente mais altos.

As formações florestais apresentam valores NDVI mais altos que as curvas das formações savânicas. A Florestas Ombrófila Densa Submontana e as Florestas Estacionais (Montanas e Submontanas) apresentam assinaturas temporais contendo valores médios, máximos e mínimos mais altos e medidas estatísticas de dispersão mais baixas (variância, desvio padrão e coeficiente de variação). Essas características correspondem ao maior dossel das árvores de até 40 metros de altura, que proporciona valores NDVI mais altos e estáveis ao longo de todo o ano.

As assinaturas temporais das florestas apresentam um formato bem diferenciado das demais vegetações savânicas com uma ligeira inflexão negativa por volta do dia 160

e uma subida 280 dias. Essa descendência de valor ocorre na mesma época do início da estação chuvosa, contrastando com o comportamento das classes savânicas, que possuem um comportamento inverso. Esses resultados corroboram com estudos realizados na Amazônia Central, que indicaram que as formações florestais tem esse declínio de atividade na estação chuvosa pela menor quantidade de luz disponível e o pico na estação seca pela troca de folhas (BRANDO *et al.* 2010; DOUGHTY & GOULDEN, 2008; HUETE *et al.*, 2006; 2008; 2010; MYNENI *et al.*, 2008; SALESKA *et al.* 2007). Esta abordagem sugere que a luz é mais importante e limitante que a água na produtividade da floresta tropical (NEMANI *et al.* 2003). No entanto, esta explicação não é um consenso, alguns autores abordam a existência de incertezas na correção atmosférica do produto de reflectância do MODIS sobre a Floresta Amazônica e que estas inconsistências poderiam ocasionar erros nos índices de vegetação e, conseqüentemente, induzir a interpretações equivocadas (ASNER & ALENCAR, 2010; MORTON *et al.*, 2014; SAMANTA *et al.*, 2012; ZELAZOWSKI *et al.*, 2011). Morton *et al.* (2014) evidenciaram que o aparente aumento da atividade fotossintética da Floresta Amazônica durante a estação seca é proveniente de variações e artefatos produzidos pela geometria sol-sensor nos dados de sensoriamento remoto óptico de reflectância do infravermelho próximo. Hilker *et al.* (2014) usaram dados diários do produto de reflectância MODIS e um algoritmo de correção atmosférica para refinar a detecção das variações da vegetação e comparou com dados do TRMM, obtendo como resultados um aumento da atividade fotossintética no período da seca. Portanto, não existe ainda uma explicação consensual a respeito da origem dessa variação, mas é evidente que o comportamento entre as savanas e as florestas se mostra de forma distinta, mesmo considerando uma mesma imagem com igual correção atmosférica. É possível também que o comportamento se justifique por variáveis não consideradas neste estudo.

A principal atividade agrícola do município é o cultivo de arroz que registram assinaturas temporais singulares em comparação com as outras classes. O plantio do arroz pode ser efetuado em duas épocas do ano: no período das chuvas (abril a setembro) nas várzeas altas e no período seco (outubro a março) nas várzeas baixas correspondendo a maior área plantada (SAKAZAKI *et al.*, 2008). Desta forma, a assinatura da média interanual apresenta uma inflexão positiva na estação chuvosa, e

descendência na estação seca. Além disso, observa-se também uma nova ascendência de valor a partir do dia 320, indicando a presença de duas safras durante o ano. A forte descendência de valor se apoia em atividades de manejo, que diminuem a cobertura foliar nos períodos de colheita. A ascendência indica maturação induzida por ação antrópica com interferências de irrigação, levando a atividade fotossintética a uma acentuada ascendência em relação às feições naturais. Os valores mínimos das áreas de uso (**Figura 19**) registram uma curva com duas salientes quedas que evidenciam a presença de duas safras coincidentes aos plantios de arroz. As áreas de uso apresentam valores mínimos mais próximos aos registrados nas formações florestais. A provável causa disso é o controle antrópico exercido por dinâmicas do plantio, com irrigação e manejo das áreas, desviando de influências sazonais. As áreas de uso apresentam os mais altos valores para as medidas de dispersão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação). Portanto, como eram previsíveis essas assinaturas possuem as maiores oscilações de valores, ficando bastante distintas em relação às outras classes. Outra área que apresenta uma alta variação de dados NDVI são as áreas de várzeas sazonalmente inundáveis pelos rios, que apresentam saturadas e/ou submersas durante o período das chuvas (abril a setembro) e secas durante o período de estiagem (outubro a março), provocando uma oscilação devido à resposta espectral da água.

As estatísticas curtose (**Figura 22**), permitem observar as savanas se comportando de maneira mais leptocúrtica, o que leva a crer que reagem ao estímulo da precipitação em um curto período de tempo e entram em declínio nos períodos secos e com dispersões altas. A mesma estatística nos casos florestais, são visivelmente mais planas, ou seja, se comportam de maneira mais platicúrtica e com menor dispersão. Uma interpretação possível é que essas se impactam menos pelas variáveis ambientais. Essas observações corroboram com as outras estatísticas observadas, levando a crer que em ciclos interanuais as formações florestais são mais estáveis do que as formações savânicas.

No caso da obliquidade (**Figura 23**), destaca-se a classe de uso com comportamento bastante distinto das formações naturais. O comportamento mostra uma grande assimetria nos dias iniciais do ano, o que indica que neste período há uma grande concentração. Novamente, leva-se a crer que os valores altos neste período indicam algum tipo de manejo de safra. Na diferenciação entre os campos e florestas, as

florestais apresentam aspectos mais harmônicos e com amplitudes de curva menores, corroborando com a medida curtose na questão de estabilidade.

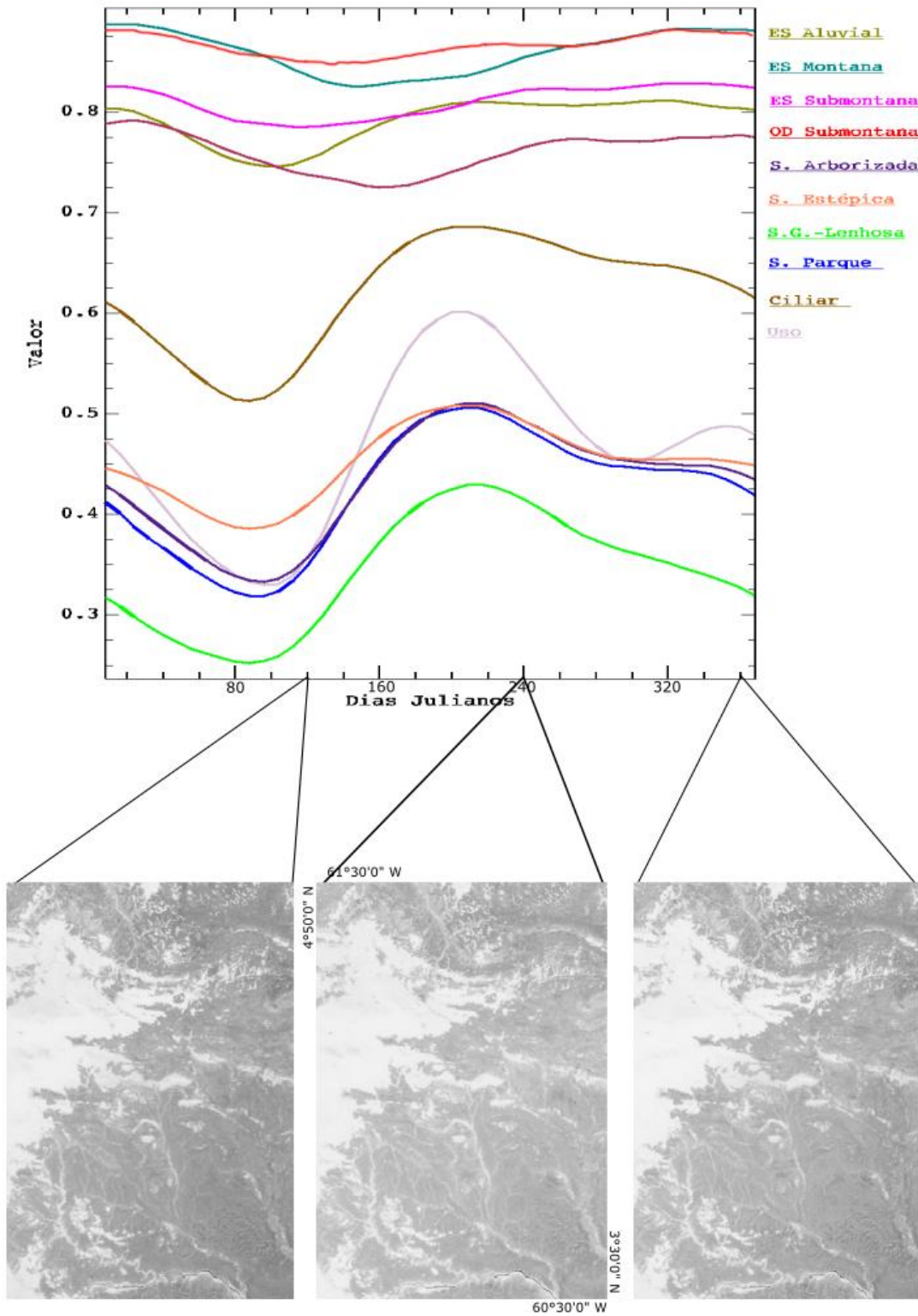


Figura 15. Curvas das médias interanuais para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

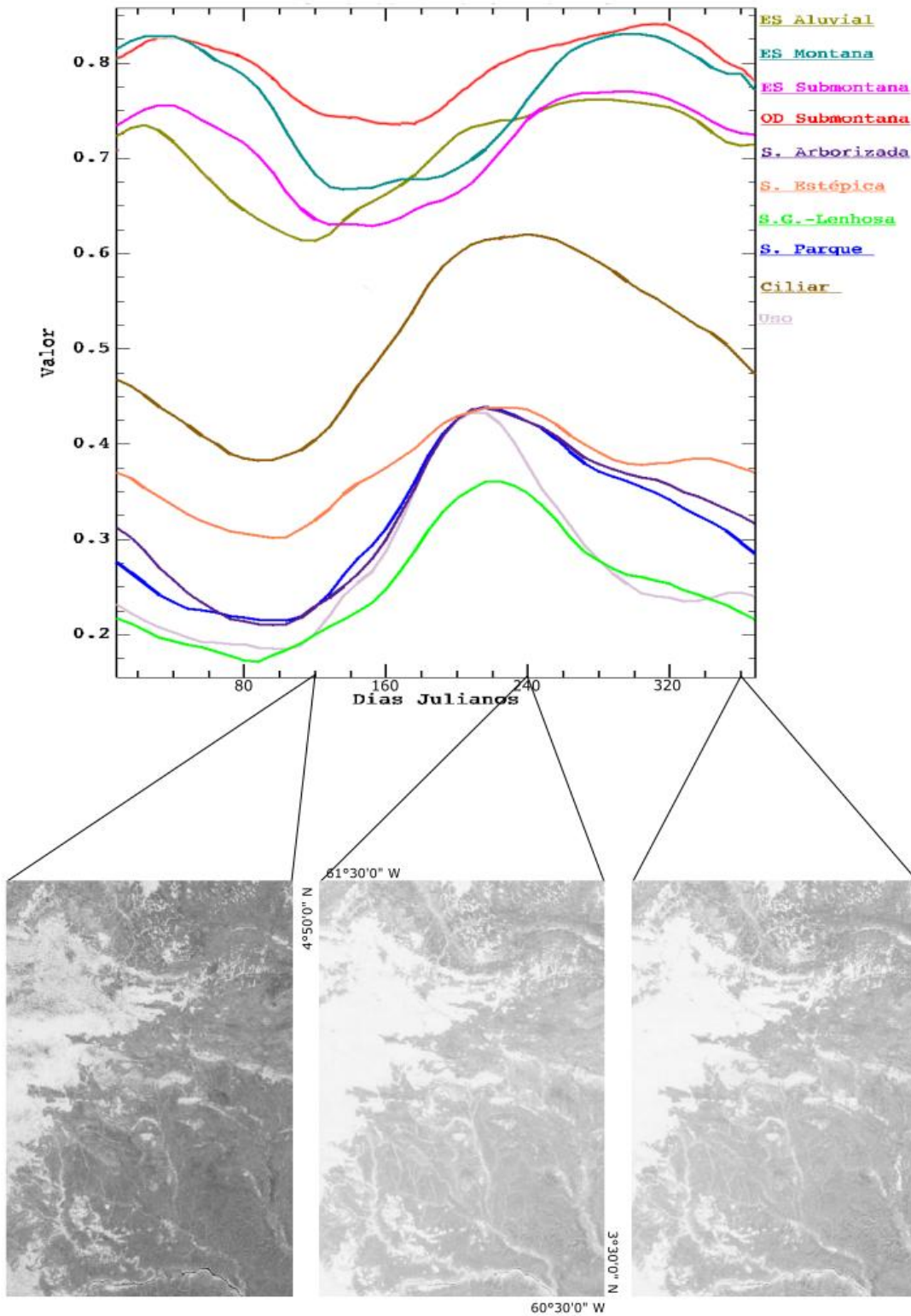


Figura 16. Curvas interanuais de variância para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

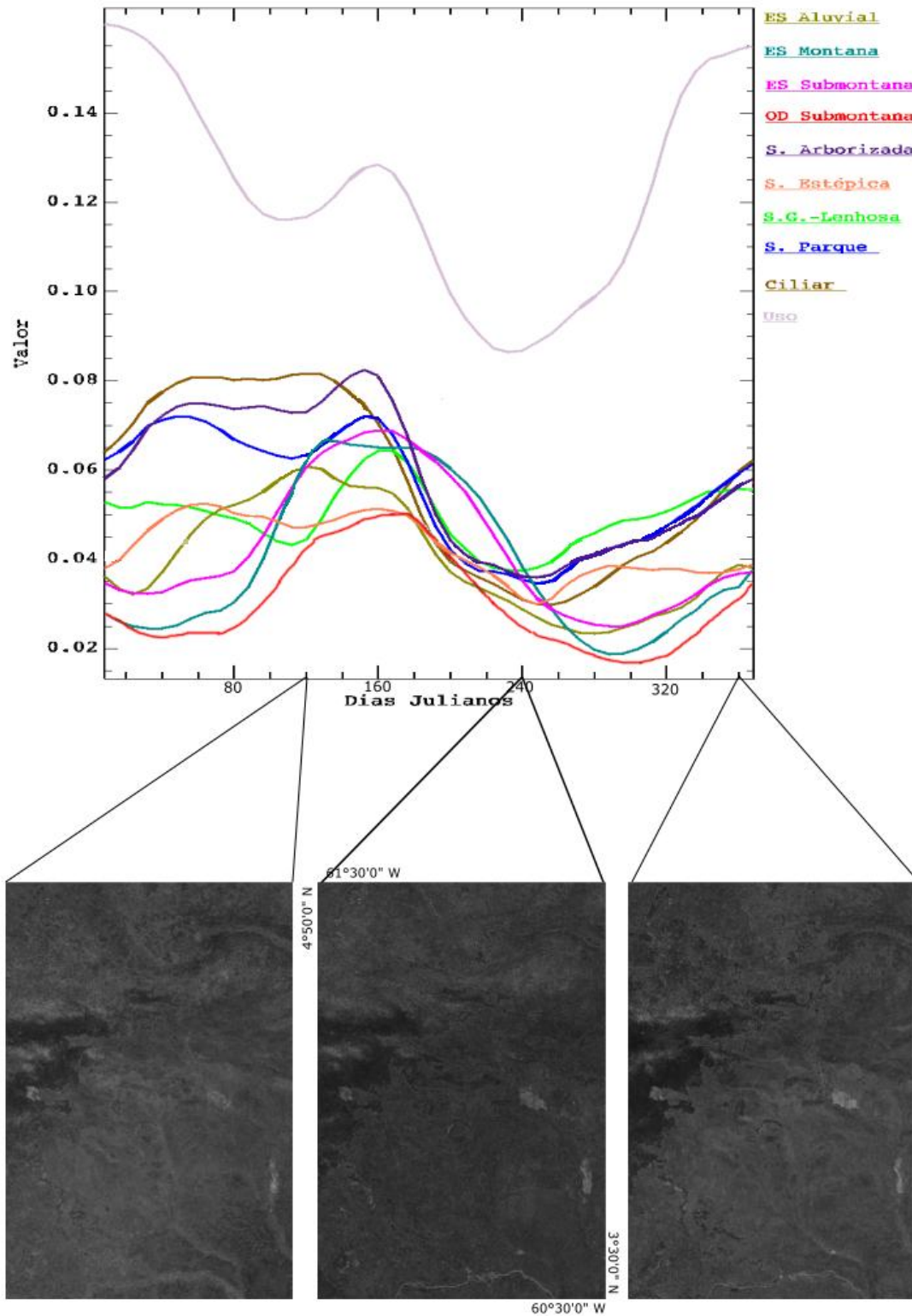


Figura 17. Curvas interanuais de desvio padrão para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

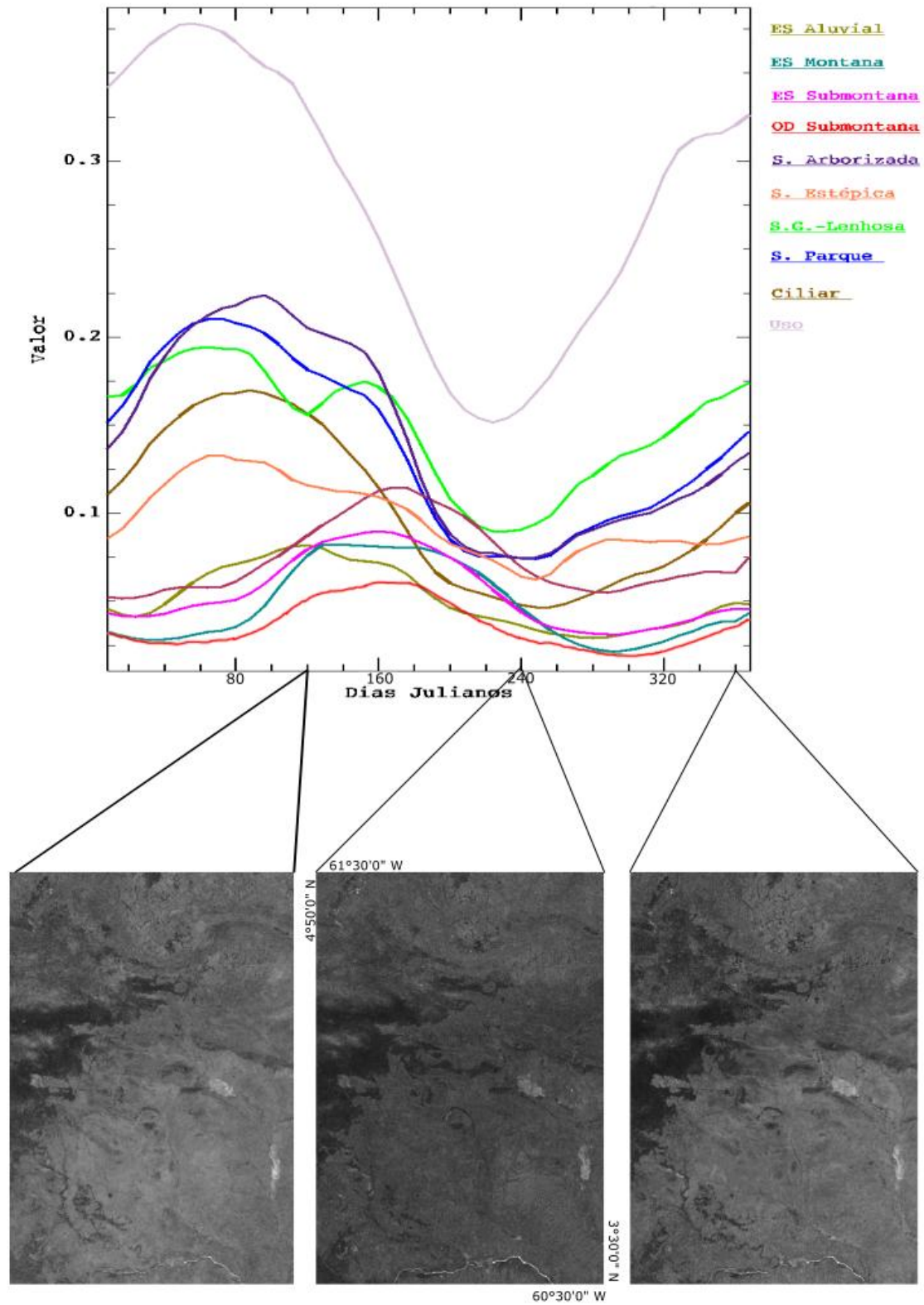


Figura 18. Curvas interanuais do coeficiente de variação para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

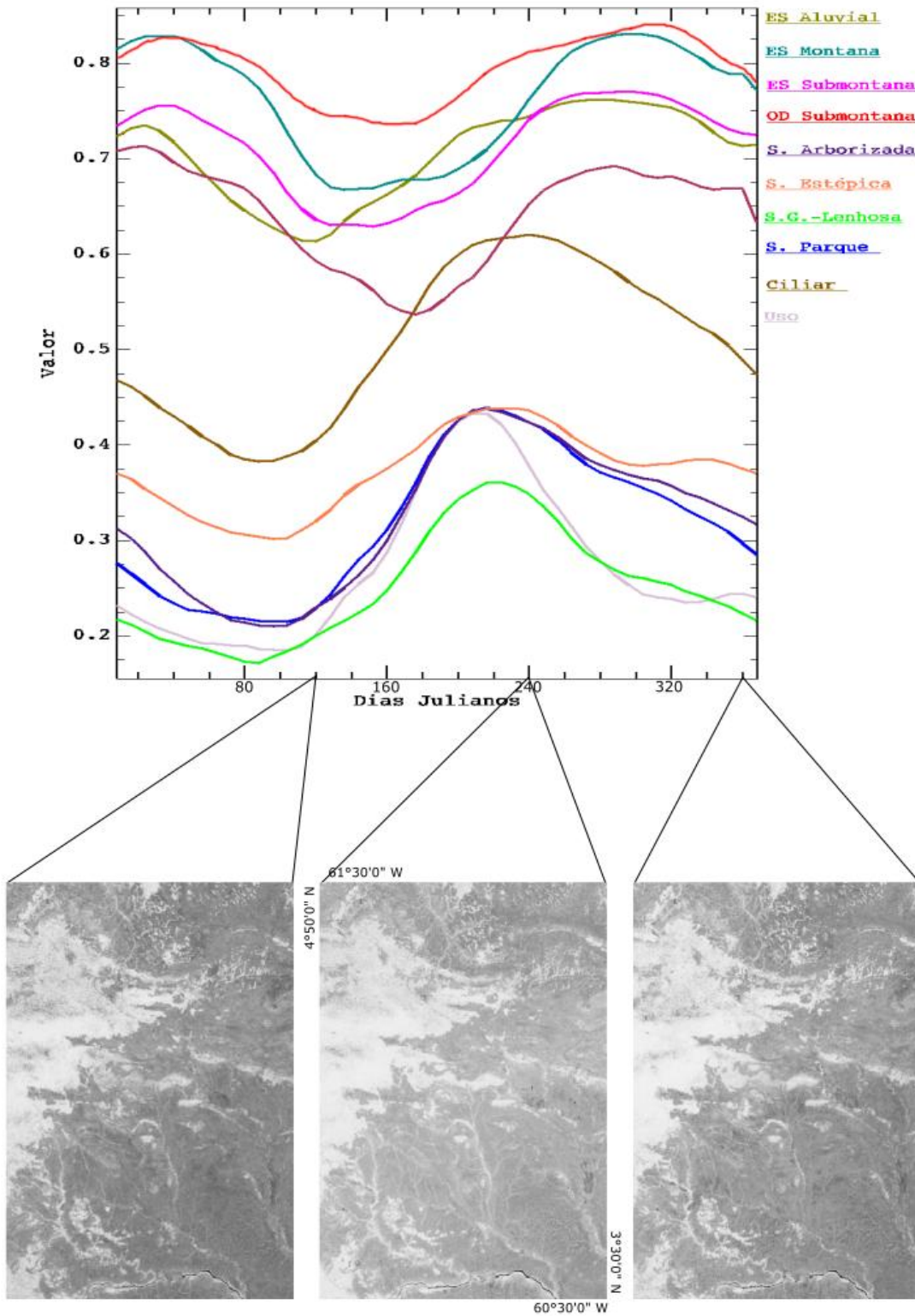


Figura 19. Curvas interanuais dos valores máximos para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

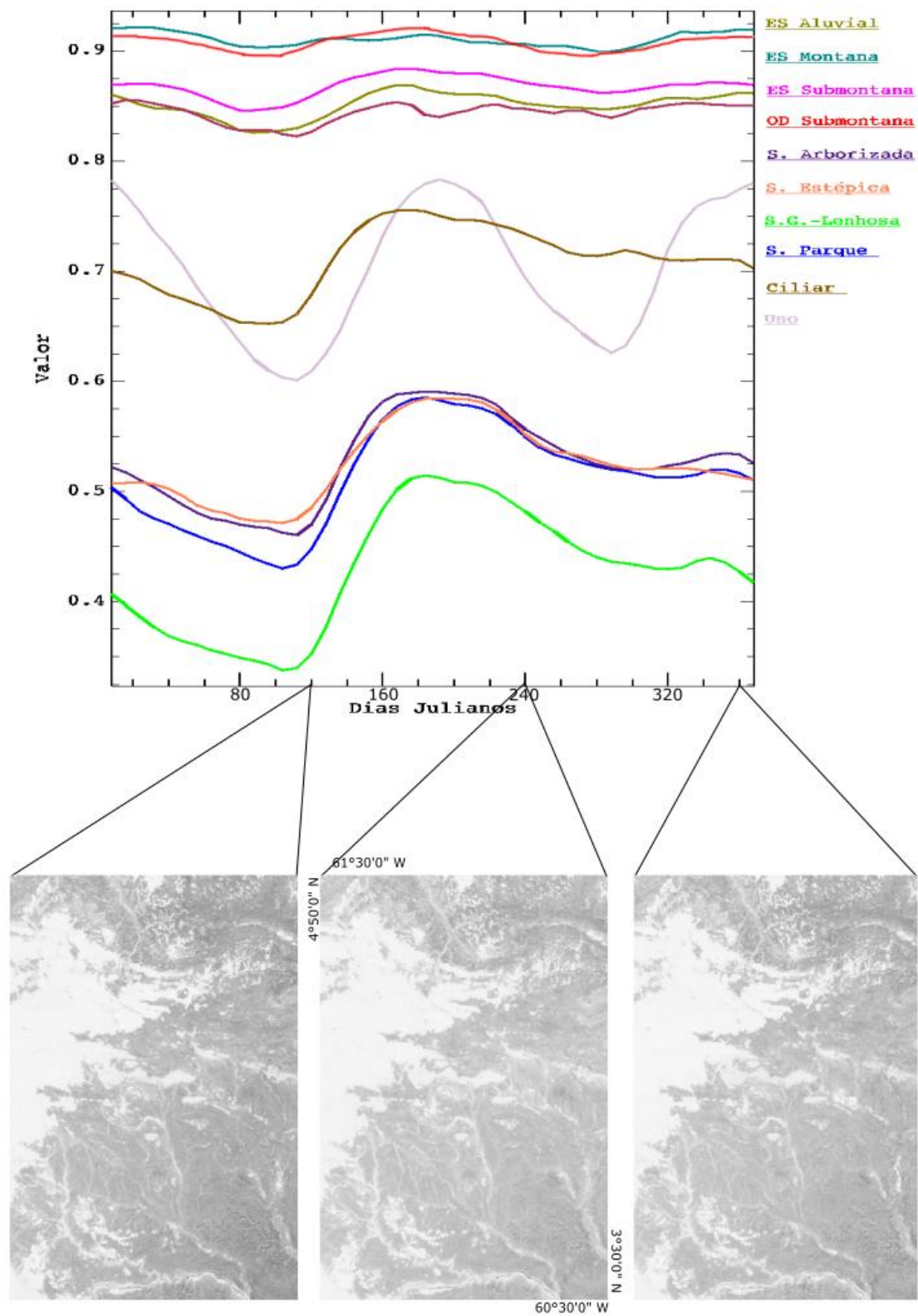


Figura 20. Curvas interanuais dos valores mínimos para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

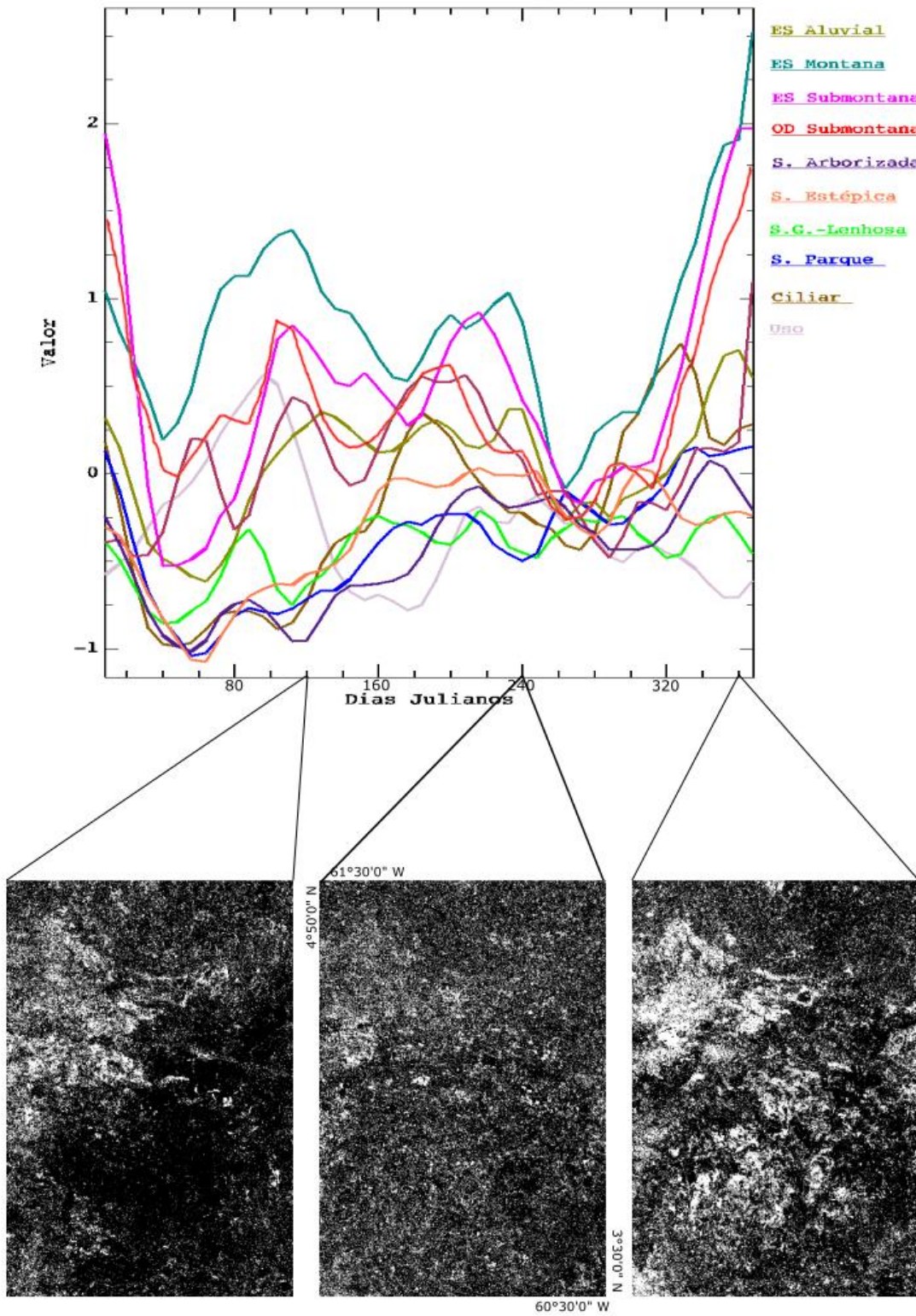


Figura 21. Curvas interanuais de curtose para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

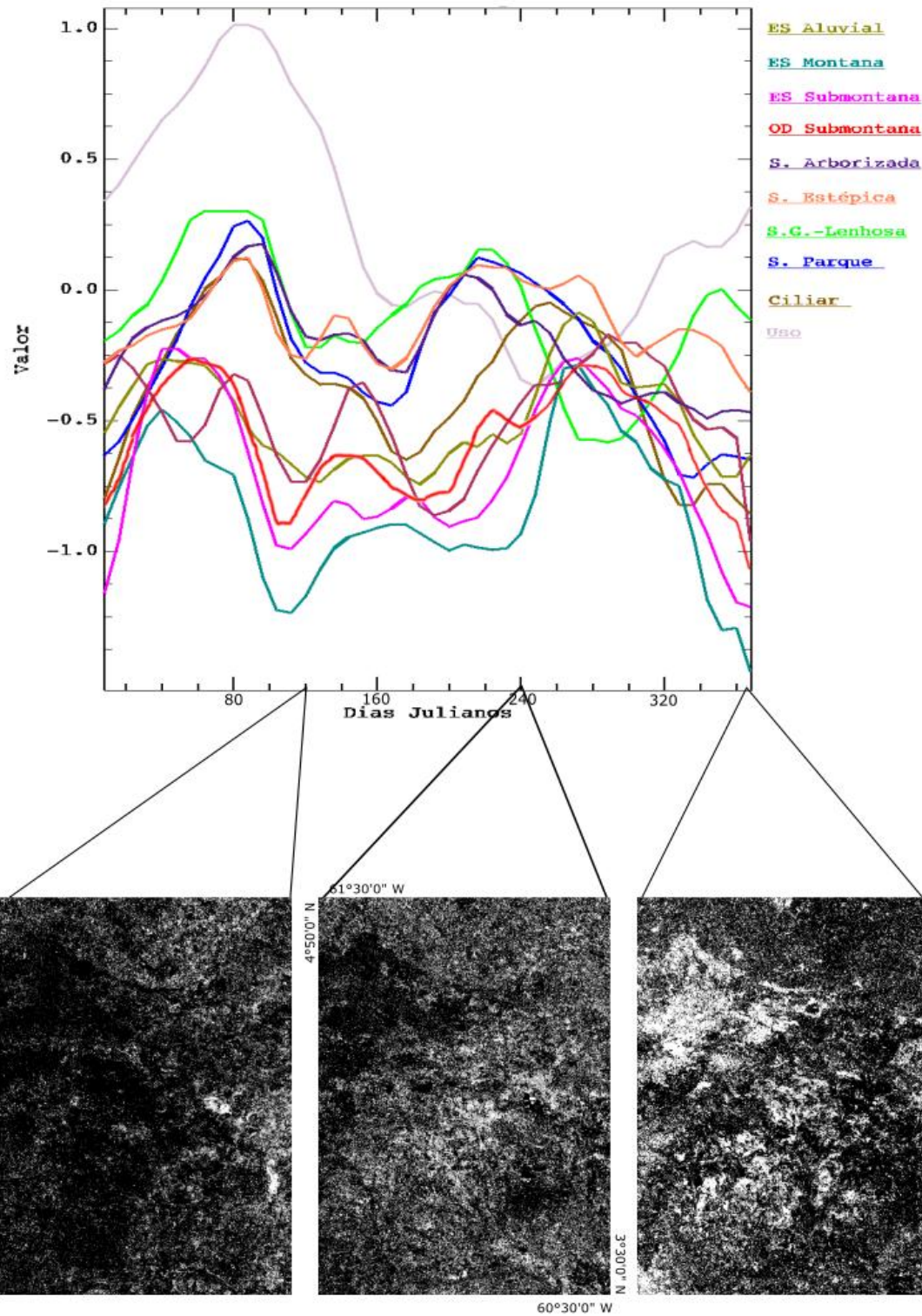


Figura 22. Curvas interanuais de Obliquidade para as diferentes classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

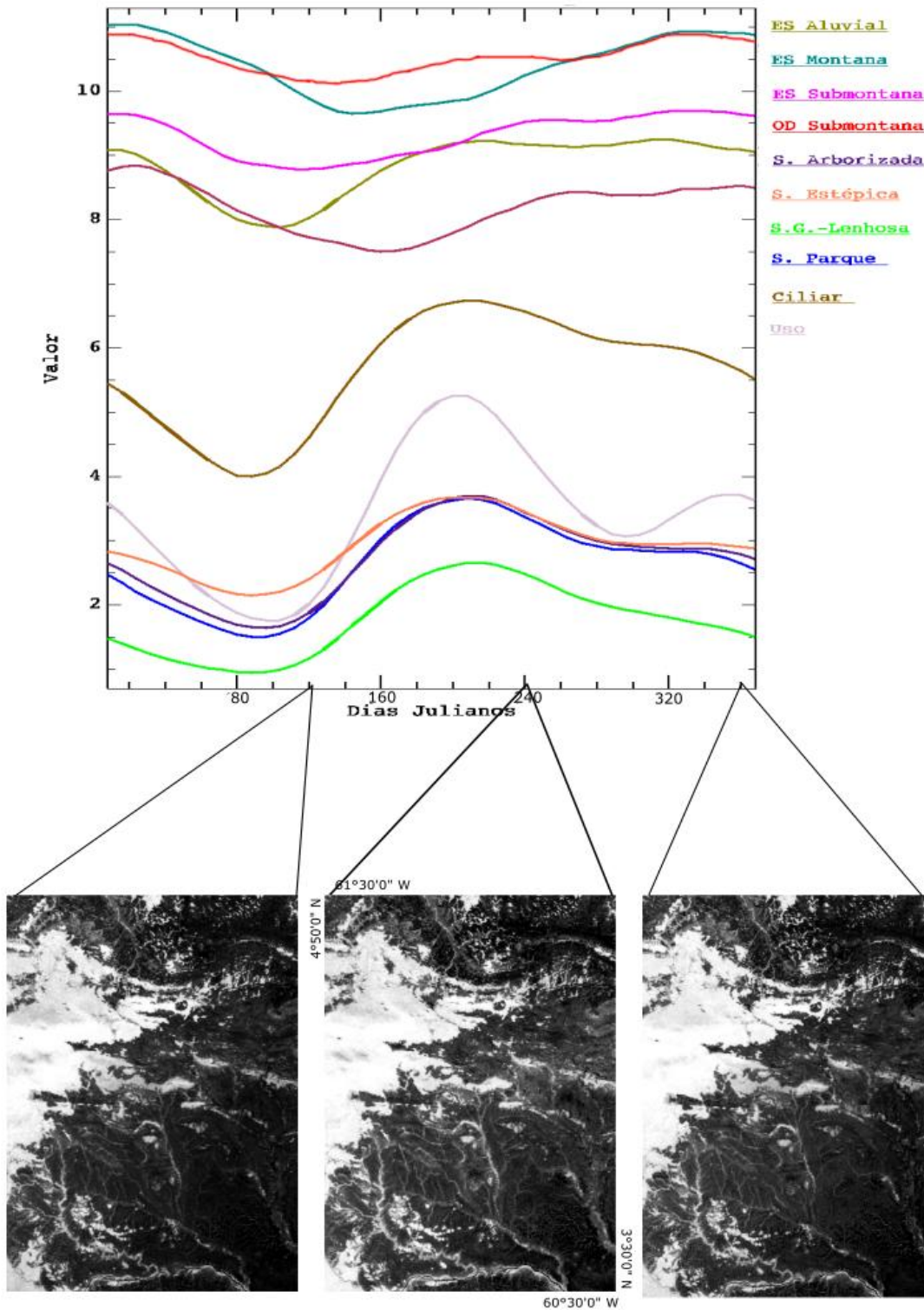


Figura 23. Curvas interanuais do Somatório do Quadrado para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

4.4 Estatísticas Intra-anuais

A análise intra-anual evidenciou o comportamento para as diferentes vegetações no decorrer dos 14 anos em estudo, considerando as seguintes medidas estatísticas: média (**Figura 25**), variância (**Figura 26**), desvio padrão (**Figura 27**), coeficiente de variação (**Figura 28**), valor máximo (**Figura 29**), valor mínimo (**Figura 30**), amplitude (**Figura 31**), curtose (**Figura 32**), obliquidade (**Figura 33**) e somatório ao quadrado (**Figura 34**). As curvas intranuais de média, somatório ao quadrado, valor máximo e valor mínimo permitiram distinguir as formações florestais das savânicas, que se apresentam em patamares distintos de valores. Além disso, as medidas de dispersão (variância, desvio padrão, coeficiente de variação) evidenciaram valores mais altos e com maior variação ao longo do tempo nas formações savânicas do que nas formações florestais, que possuem valores menores de dispersão e um comportamento mais homogêneo e contínuo ao longo do tempo. Em síntese, a Floresta Estacional Semidecidual Montana e Ombrófila Densa Submontana foram as mais fotossinteticamente ativas com baixa dispersão dos dados, a classe de Mata Ciliar se manteve com valores intermediários e as formações savânicas apresentaram os menores valores de NDVI e as mais altas dispersões de valores. No caso da medida curtose, é observável um padrão similar de maior estabilidade nas classes florestais.

As comparações entre as curvas intra-anuais das variáveis climáticas (**Figura 13** e **14**) e as dos valores de NDVI não demonstraram uma correlação aparente como as curvas interanuais. No entanto, salienta-se uma nítida variação das assinaturas temporais entre 2009 e 2011, contendo comportamentos distintos das curvas intra-anuais de média, somatório ao quadrado, valor máximo e mínimo entre as formações savânicas e as florestais. As formações savânicas no ano de 2009 apresentaram um aumento dessas medidas estatísticas (indicando um ano mais chuvoso), que se contrapõe ao ano de 2010 demarcado por uma significativa queda (assinalando um ano de maior estiagem) e ao ano seguinte de 2011, quando ocorre uma nova elevação. Entretanto, para o mesmo período é observado um comportamento antagônico das formações florestais. Essas apresentaram em 2009 uma pequena queda, em 2010 um pequeno acréscimo e em 2011 um novo decréscimo das medidas analisadas. Na bacia amazônica, dados registraram enchentes excepcionais no ano de 2009 intimamente relacionados a eventos da La Niña (CHEN *et al.*, 2010) e uma severa seca no ano de 2010 devido a intensificação do El

Niño (LEWIS *et al.*, 2011; MARENGO *et al.*, 2011; NIE *et al.* 2015), que corroboram com os resultados obtidos. As variações descritas para a vegetação de floresta com relação ao aumento da atividade fotossintética no ano seco sem dúvida recaem na questão da confiabilidade dos dados provenientes do dado MODIS, como foi discutido no tópico sobre os resultados da análise dos ciclos fenológicos interanuais. No entanto, novamente, mesmo considerando a hipótese das imagens estarem mal corrigidas, essas continuam a representar um comportamento distinto entre as formações florestais e savânicas e uma alta sensibilidade às variações climáticas do El Niño e La Niña. Portanto, as mudanças relativas permaneceram mesmo com eventuais mudanças no processo de correção da série temporal.

A classe de uso foi a que mais oscilou em valores, tendo sua curva média bem separada em valores em quase todas as medidas estatísticas, sendo a exceção as de valores máximos e mínimos. Portanto, as imagens interanuais que mais salientam o uso são as imagens de medidas de dispersão (desvio padrão, variância, coeficiente de variação).

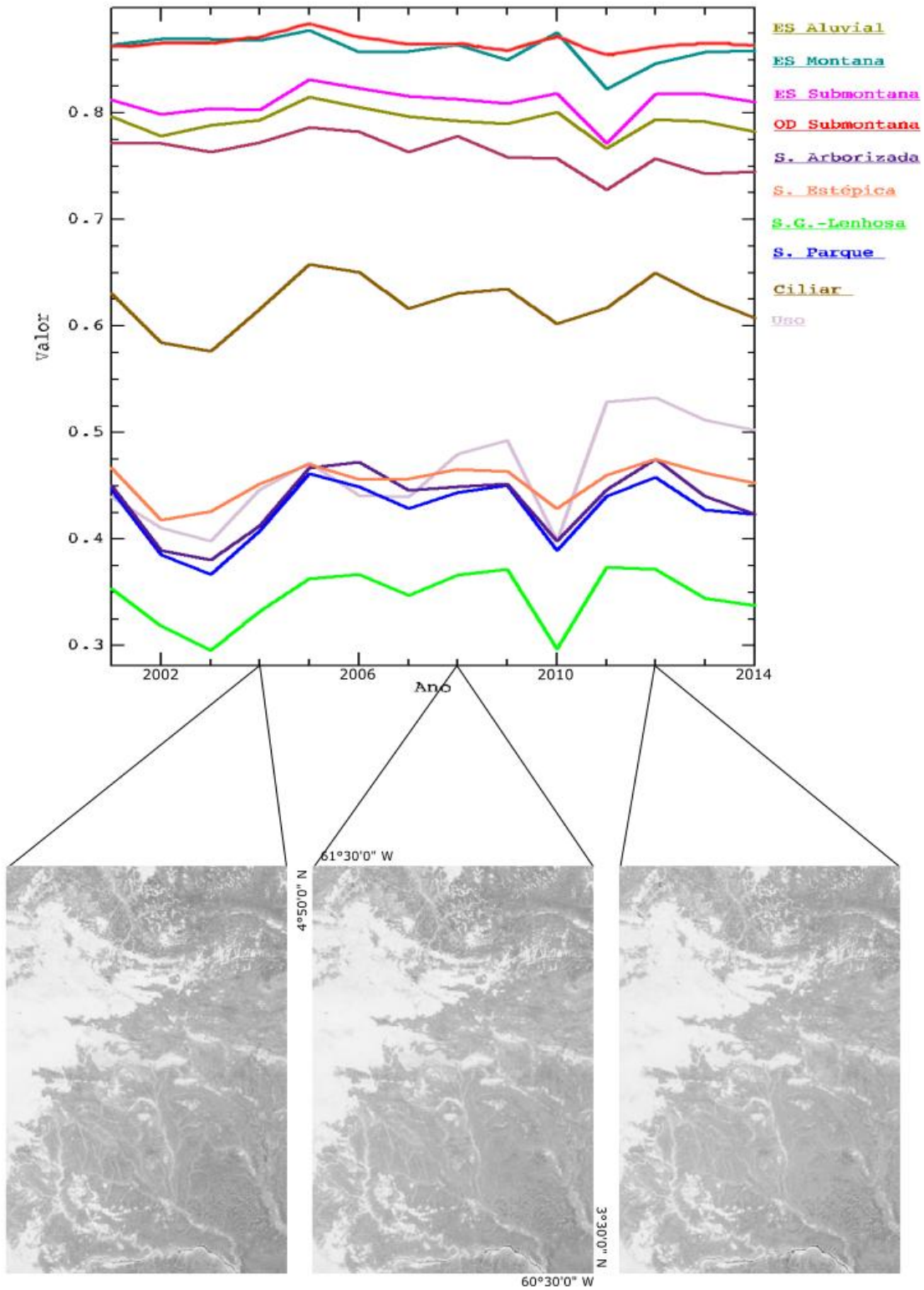


Figura 24. Curvas de médias intra-anuais para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

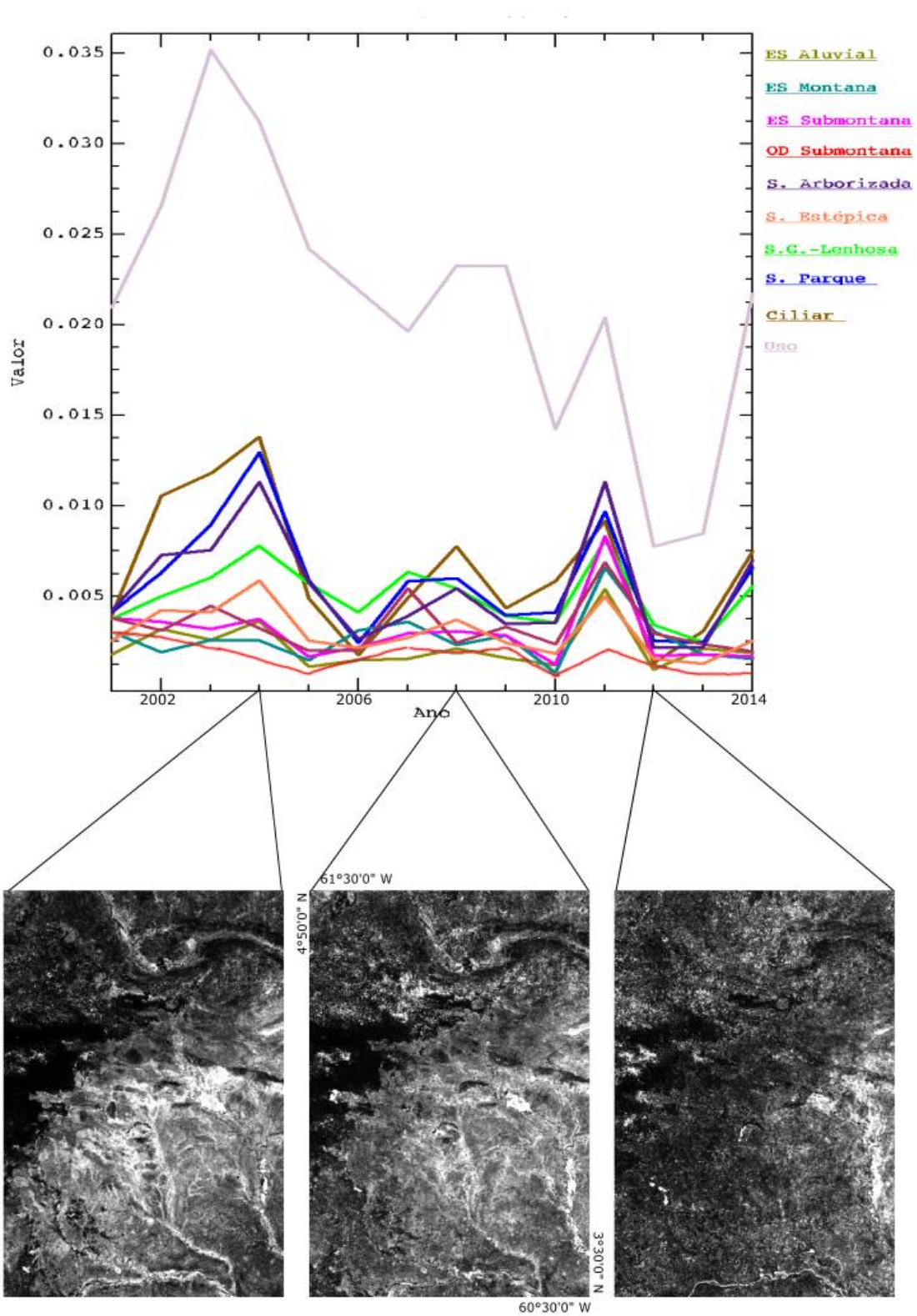


Figura 25. Curvas intra-anuais de variância para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360

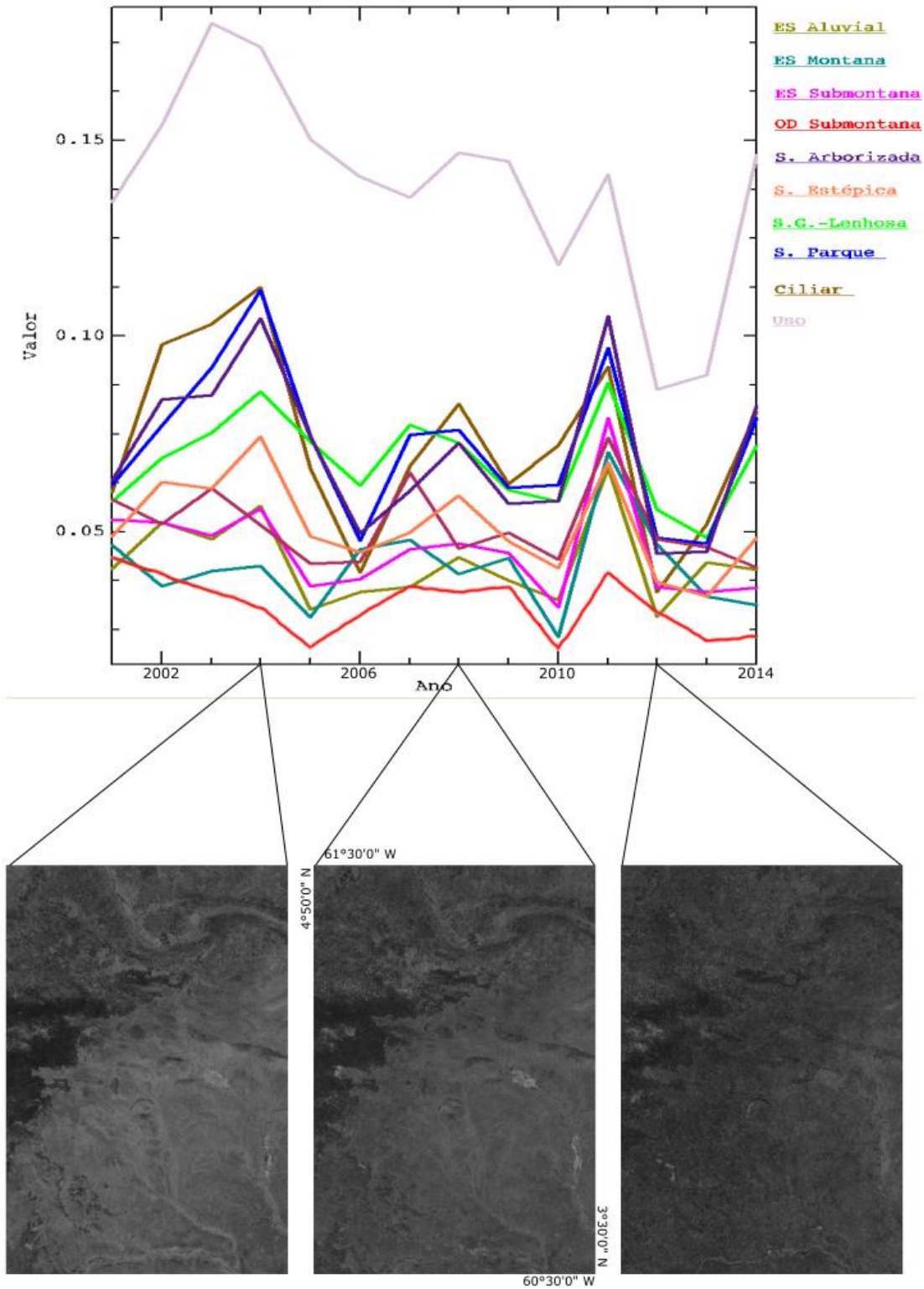


Figura 26. Curvas intra-anuais de desvio padrão para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

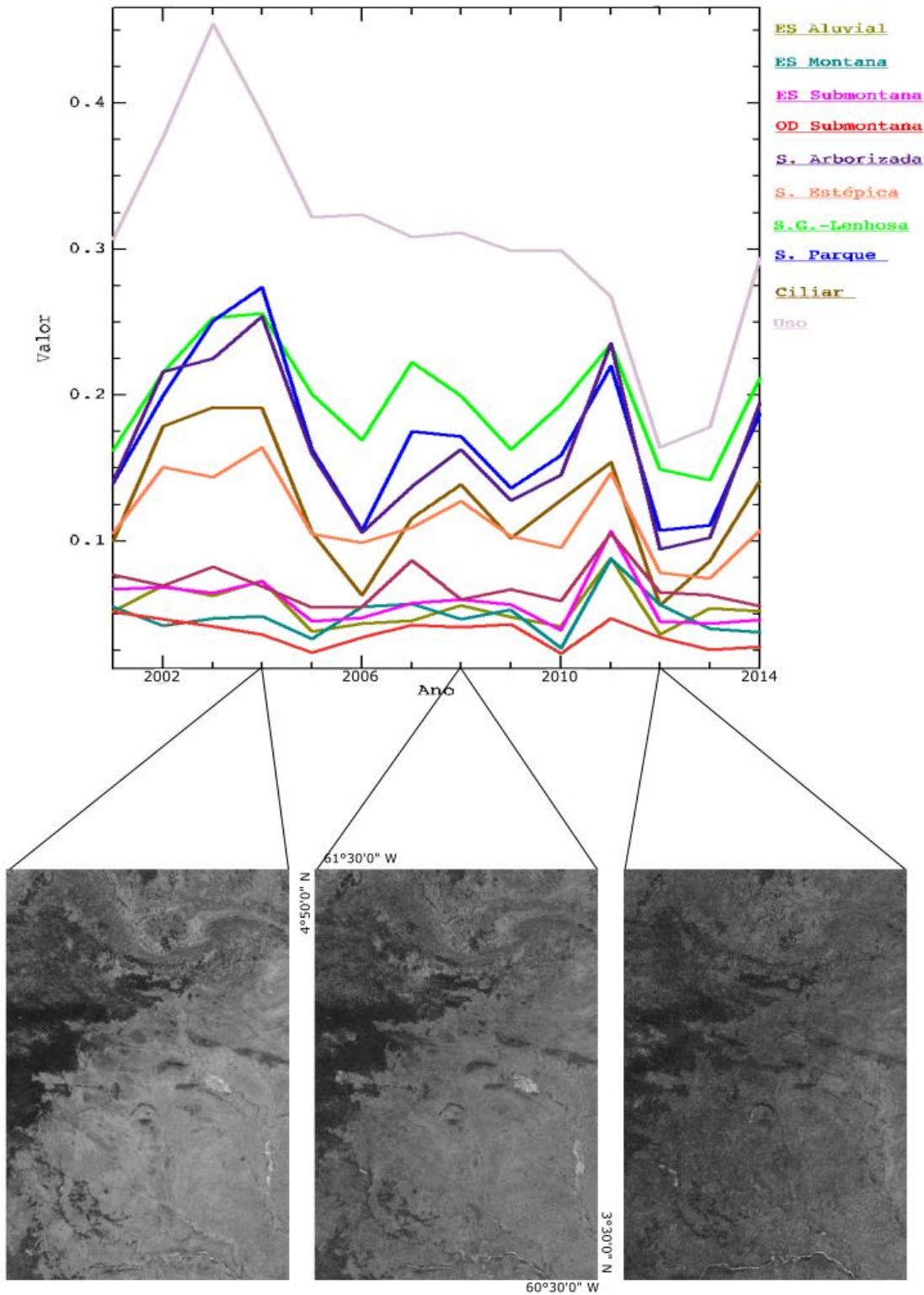


Figura 27. Curvas intra-anuais do coeficiente de variação para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

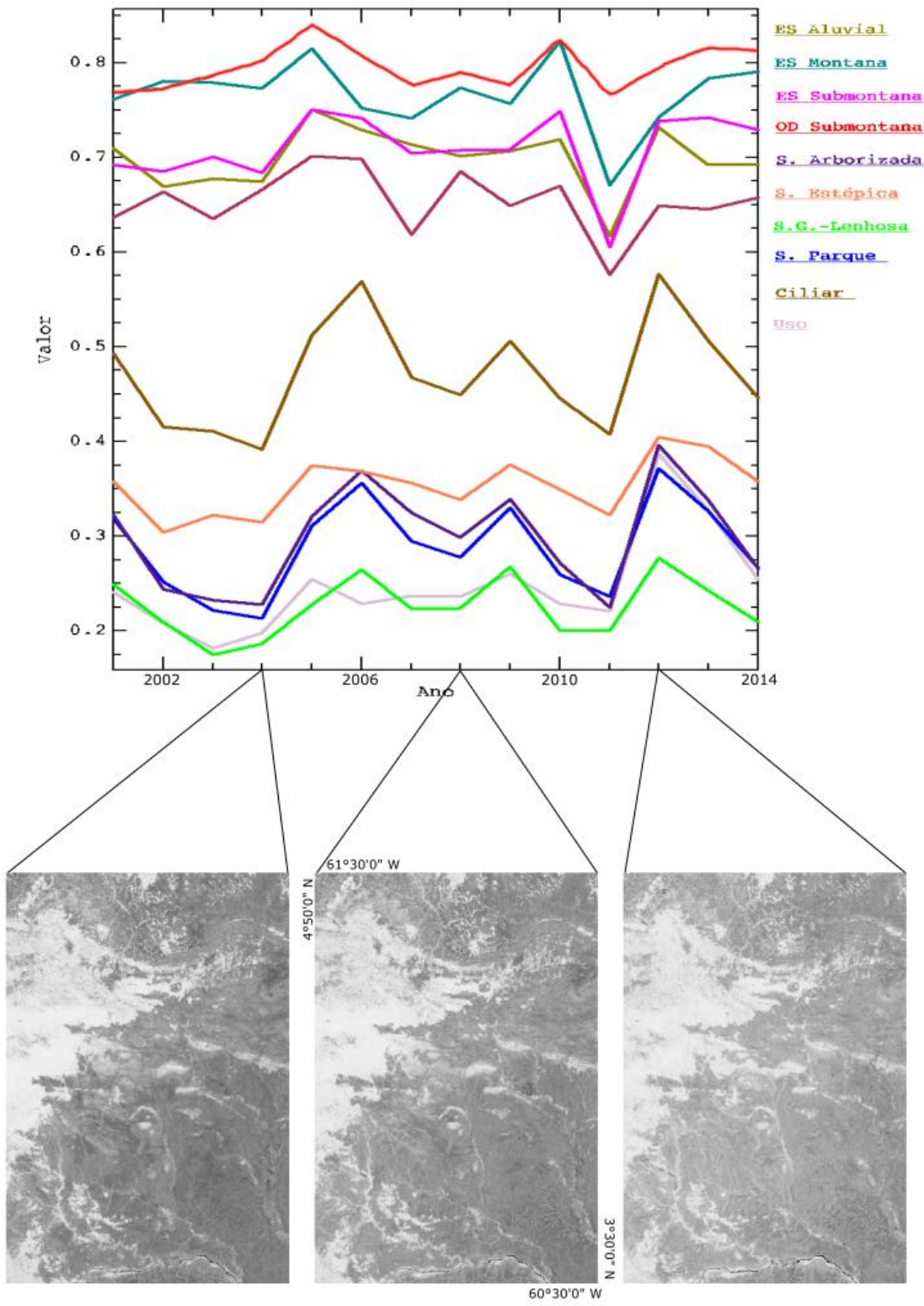


Figura 28. Curvas intra-anuais de valor máximo para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

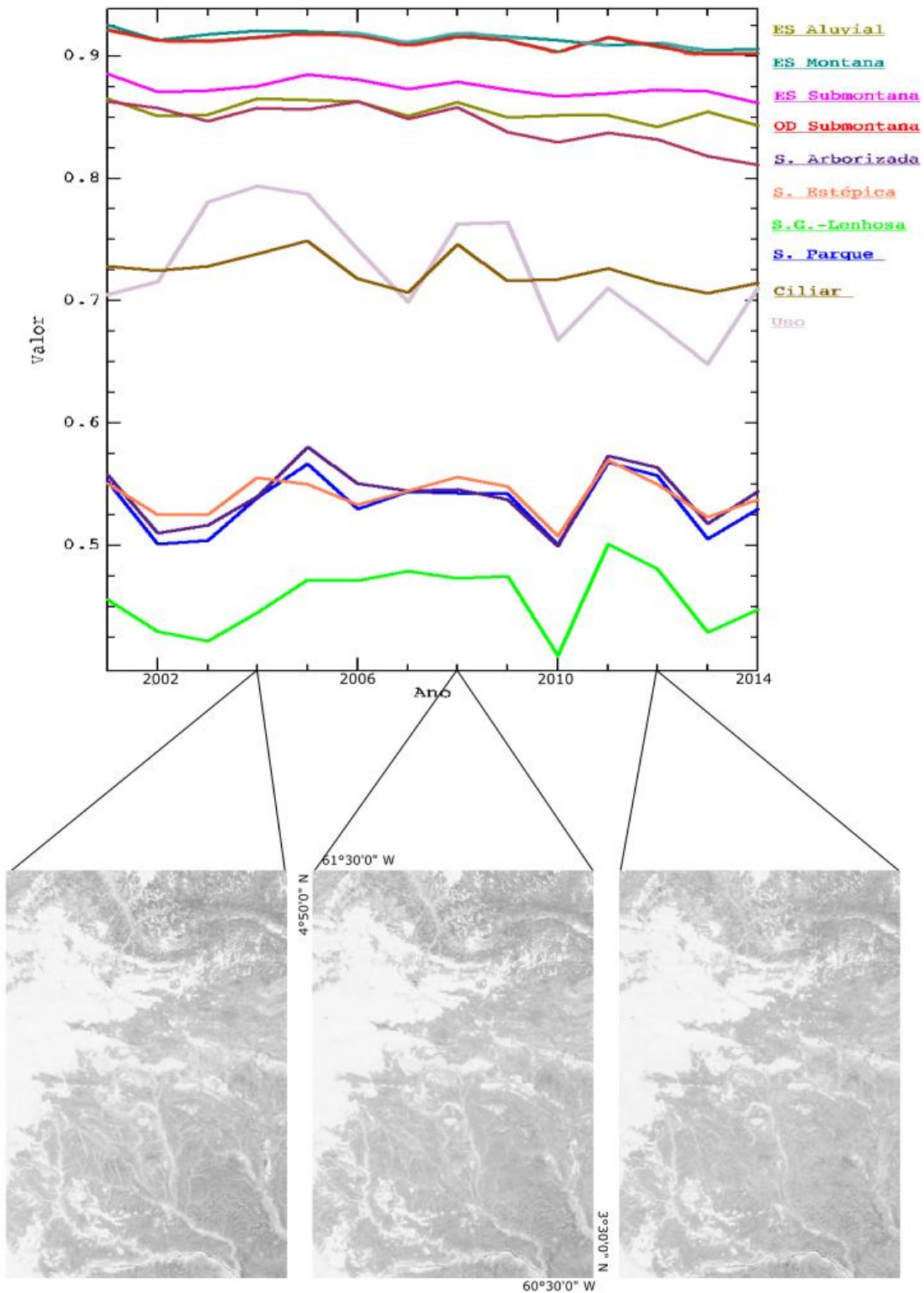


Figura 29. Curvas intra-anuais de valor mínimo para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

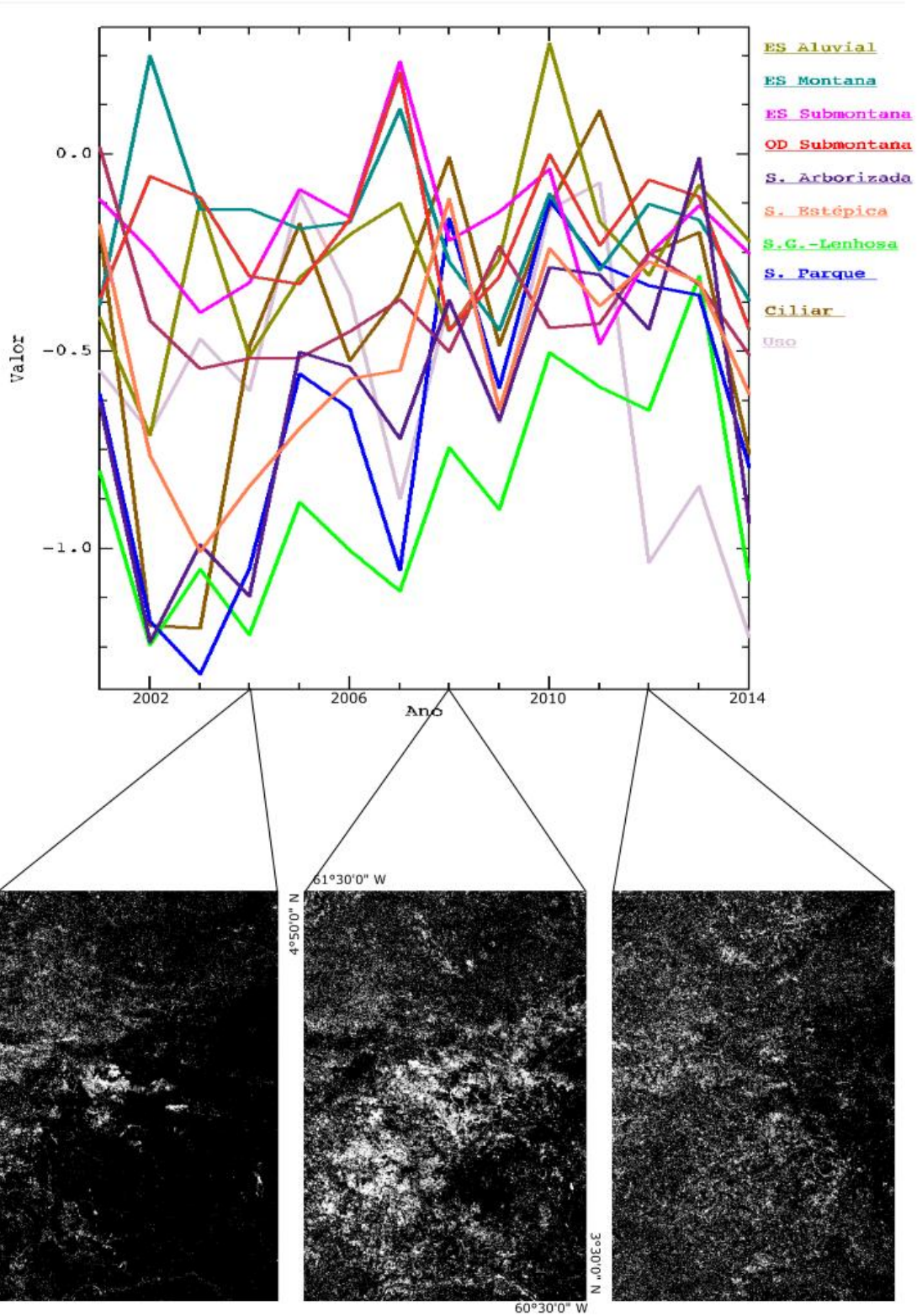


Figura 30. Curvas intra-anuais de curtose para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

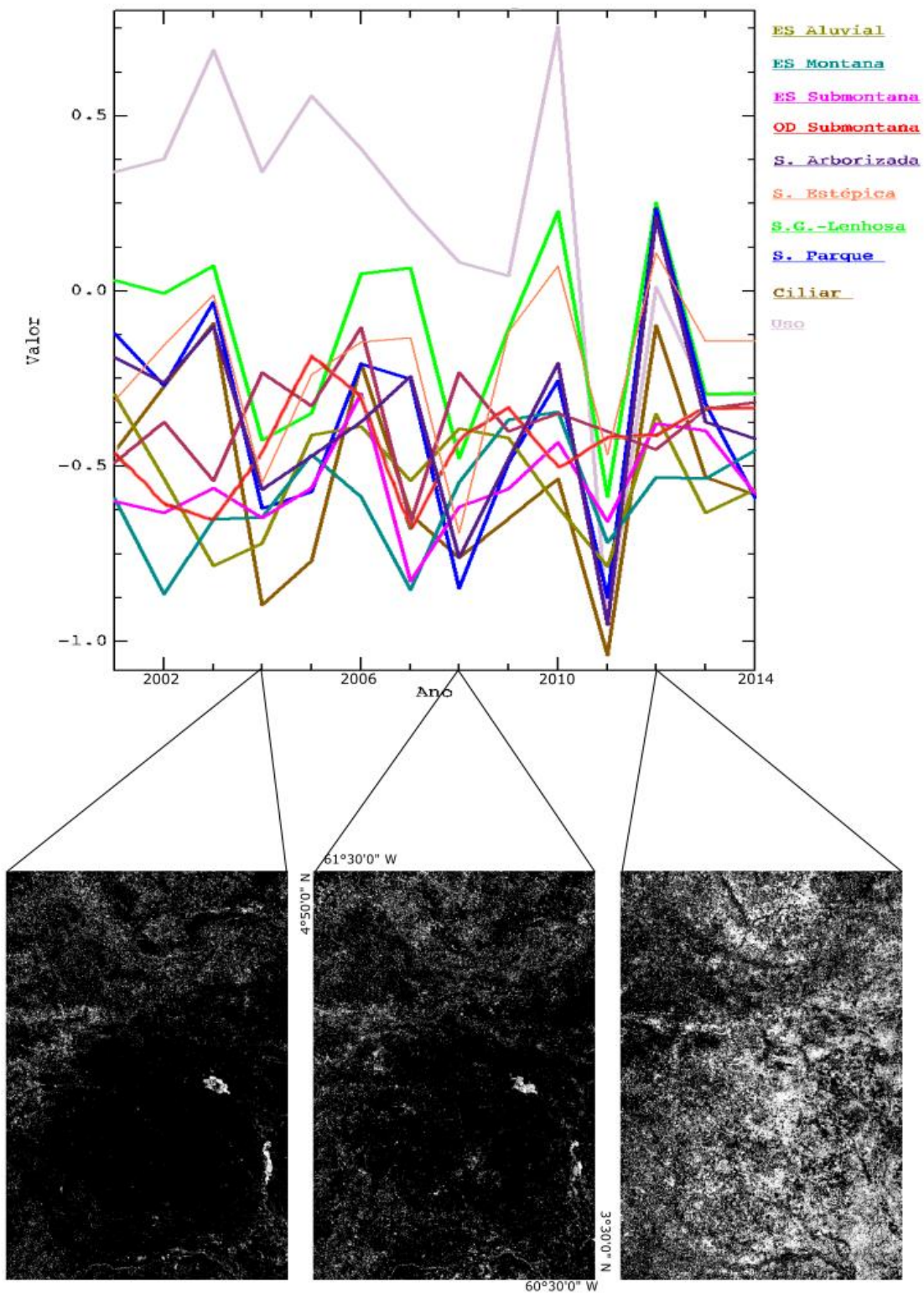


Figura 31. Curvas intra-anuais de obliquidade para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

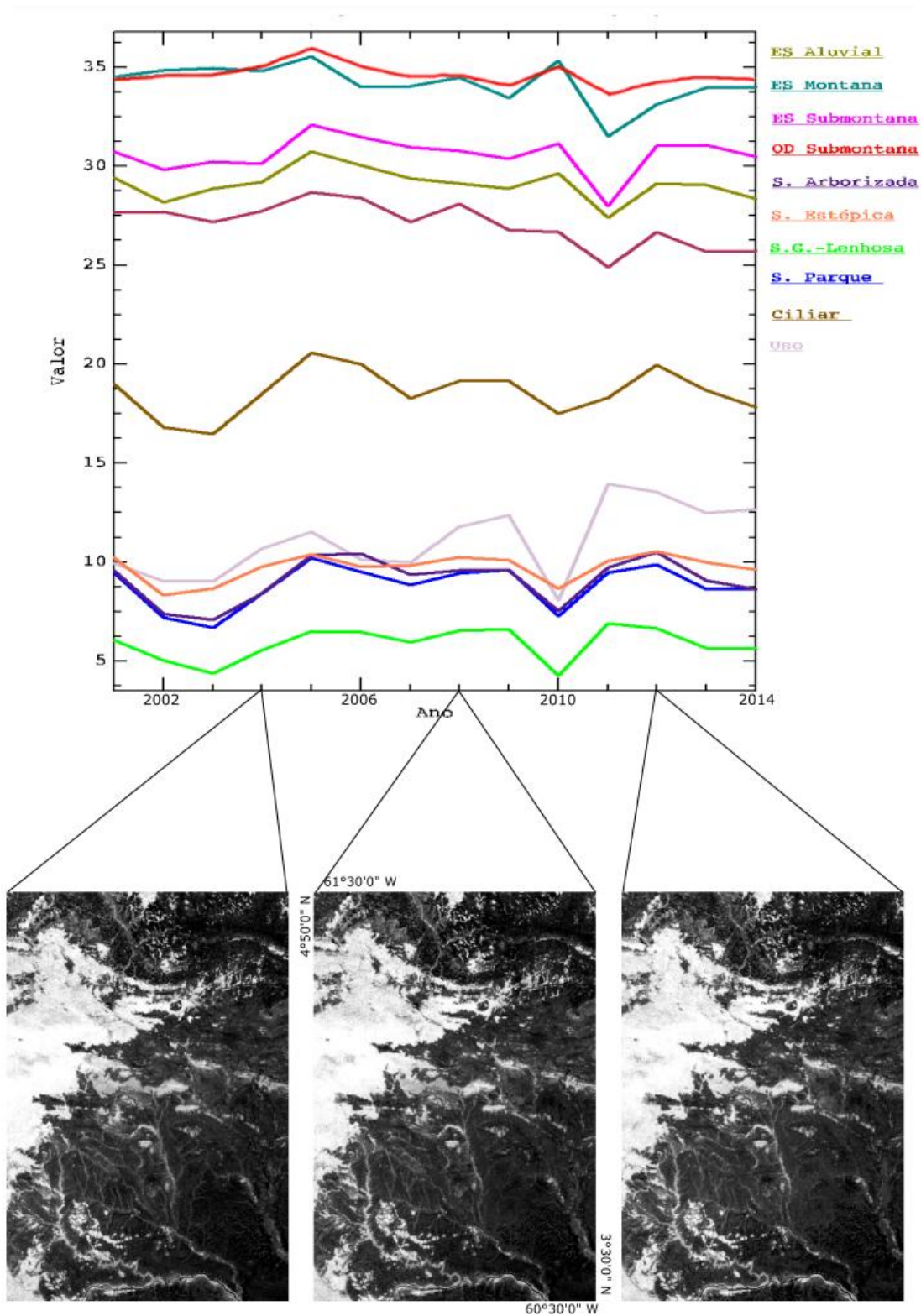


Figura 32. Curvas intra-anuais do somatório do quadrado para as classes de vegetação e as suas respectivas imagens dos dias 120, 240 e 360.

5. CONCLUSÕES

O sensoriamento remoto é uma importante fonte de dados principalmente em áreas de difícil acesso e conflitos territoriais. Os ciclos vegetativos interanuais ou intra- anuais descritos pelas séries temporais de sensoriamento remoto permitem diferenciar usos antrópicos e áreas com vegetações naturais, estabelecendo mecanismos para um contínuo monitoramento e fiscalização em escala regional, principalmente, de áreas fronteiriças. A região do município de Pacaraima exerce importante papel no patrimônio natural e cultural do país, abrigando povos indígenas de fauna e flora endêmicas.

Os ruídos em séries temporais são fatores limitantes na aplicação de dados de sensoriamento remoto, principalmente na região amazônica com alta porcentagem de cobertura de nuvens. A combinação do filtro de mediana e Savitzky-Golay se mostrou eficiente na eliminação dos ruídos e suavização da série NDVI-MODIS. A estratégia do emprego sucessiva de filtros de mediana para eliminação dos ruídos do tipo impulso permitiu bons resultados, mantendo os valores mais altos de NDVI. As estatísticas aplicadas às séries temporais permitiram extrair e evidenciar os principais atributos do ciclo fenológico dos alvos naturais e antrópicos (valores médios, dispersão, pontos máximos e mínimos, entre outros). As curvas apresentaram o comportamento para as formações florestais e savânicas da região do município com padrões observáveis. A comparação dos ciclos fenológicos interanuais e intra- anuais NDVI-MODIS com as condicionantes climáticas demonstrou uma alta sensibilidade aos eventos sazonais e de mudanças provenientes do El Niño e La Niña. Especialmente, o ano de 2010 descreve um ano de atividade atípica dentro da série que coaduna com um ano mais seco, devido ao evento de El Niño. As formações florestais e savânicas apresentam comportamentos distintos com relação aos períodos secos, apesar dos dados absolutos gerarem discussões acadêmicas sem um consenso evidente, os valores em uma abordagem relativa demonstram claramente uma sensibilidade diferenciada para os diferentes tipos de vegetações.

O presente trabalho se apresenta como um avanço por apresentar esses dados em uma área de contato de duas feições bastante distintas, em que tipicamente o estudo de curvas de comportamento é realizado em um único ambiente. Existe ainda espaço para aprimoramento e reavaliação da metodologia como: considerar um maior número de

variáveis como a altitude e a declividade; que permitiriam considerar o nível de sombreamento nas formações; e a tipificação funcional das espécies, que podem aumentar o entendimento do sequestro de carbono e água. Considerar estes fatores possivelmente estenderá o entendimento dos fenômenos em que ficaram lacunas. Além disso, avaliar melhor as amostras utilizadas quanto ao tamanho amostral e localização em relação as variáveis, dando também abertura para compreender melhor a distribuição espacial das amostras. Sendo necessário assim buscar uma continuidade da pesquisa para poder perseguir algumas das pistas de comportamento encontradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADE, N. A.; DE CARVALHO JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARÃES, R. F.; DE OLIVEIRA, S. N., 2015, Comparative Analysis of MODIS Time-Series Classification Using Support Vector Machines and Methods Based upon Distance and Similarity Measures in the Brazilian Cerrado-Caatinga Boundary. *Remote Sensing*, **7**, pp. 12160 - 12191.
- ASNER, G. P. 2001. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*. **22(18)**, pp. 3855-3862.
- ASNER, G. P., & ALENCAR, A., 2010, Drought impacts on the Amazon forest: the remote sensing perspective. *New Phytologist*, **187(3)**, 569-578.
- BARBOSA, R. I. 1993. Ocupação humana em Roraima I - do histórico colonial ao início do assentamento dirigido. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, **9(1)**, pp. 123 - 144.
- BARBOSA, R. I., MIRANDA, I.D.S. 2004. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de roraima. In: BARBOSA, R.I., XAUD, H.A.M. , COSTA e SOUZA, J.M. *Savanas de Roraima - Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*. Boa Vista, FEMACT. pp. 61-78.
- BARBOSA, R. I., MOURAO JUNIOR, M., CASADIO, G. M. L. , SILVA, S. J. R. 2012. Reproductive phenology of the main tree species in the Roraima Savanna, Brazilian Amazon. *Ecotropica*, **18**, pp. 81-92.
- BARBOSA, R. I. , NASCIMENTO, S. P. , AMORIM, P. A. F., SILVA, R. F. 2005. Notas sobre a composição arbóreo-arbustiva de uma fisionomia das savanas de Roraima, Amazônia Brasileira. *Acta Botanica Brasilica*. **19 (2)**, pp. 323-329.
- BARKER, J.L., HARDEN, M. K., ANUTA, E. A., SMID, J. E., HOUGHT, D., 1992, *MODIS Spectral Sensitivity Study: Requirements and Characterization*. Washington: NASA, **84**.
- BARNI, P.E., PEREIRA, V. B., MANZI, A.O., BARBOSA, R. I. 2015. Deforestation and Forest Fires in Roraima and Their Relationship with Phytoclimatic Regions in the Northern Brazilian Amazon. *Environmental Management*. **55(5)**, pp. 1124-1138.
- BECERRA, J. A. B., SHIMABUKURO, Y. E., ALVALÁ, R. C. S. 2009. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de Cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação. *Revista Brasileira de Meteorologia*. **24 (2)**, pp. 125-134.
- BECKER, B. 2013. A urbe amazônica: a floresta e a cidade. Rio de Janeiro, Garamond Universitária. p. 86.
- BENCKE, C. S.C., MORELLATO, L. P. C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação: Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Brazilian Journal of Botany*. **25(3)**, pp. 269-275.

- BRADLEY, B. A., JACOB, R. W., HERMANCE, J. F., MUSTARD, J. F. 2007. A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data. *Remote Sensing of Environment*. **106(2)**, pp. 137-145.
- BRASWELL, B.H., SACKS, W.J., LINDER, E., SCHIMEL, D.S. 2005. Estimating diurnal to annual ecosystem parameters by synthesis of a carbon flux model with eddy covariance net ecosystem exchange observations. *Global Change Biology*, **11**, pp. 335–355.
- BRANDO, P. M., GOETZ, S. J., BACCINI, A., NEPSTAD, D. C., BECK, P. S. A., CHRISTMAN, M. C. 2010. Seasonal and interannual variability of climate and vegetation indices across the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **107**, pp. 14685–14690.
- BROWN, J. C., KASTENS, J. H., COUTINHO, A. C. C., VICTORIA, D.C., BISHOP, C. R. 2013. Classifying multiyear agricultural land use data from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. *Remote Sensing of Environment*. **130**, pp. 39-50.
- CARVALHO JUNIOR, O. A., HERMUCHE, P. M., GUIMARÃES, R.F. 2006. Identificação regional da Floresta Estacional Decidual na Bacia do Rio Paranã a partir da Análise Multitemporal de imagem MODIS. *Revista Brasileira de Geofísica*. **24**, pp. 319-332.
- CARVALHO JÚNIOR, O.A., COUTO JÚNIOR, A.F., SILVA, N. C., MARTINS, E. S., CARVALHO, A. P. F., GOMES, R. A. T. 2009. Avaliação dos classificadores espectrais de mínima distância euclidiana e spectral correlation mapper em séries temporais NDVI-MODIS no campo de instrução militar de Formosa (GO). *Revista Brasileira de Cartografia*. **61(4)**, pp. 399 - 412.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A., SILVA, N. C., CARVALHO, A. P. F., COUTO JÚNIOR, A. F., SILVA, C. R., SHIMABUKURO, Y. E., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T. 2012. Combining noise-adjusted Principal Components Transform and Median Filter techniques for denoising MODIS temporal signatures. *Revista Brasileira de Geofísica*, **30(2)**, pp. 147 – 157.
- CARVALHO JUNIOR, O. A. ; GUIMARÃES, R. ; SILVA, C. ; GOMES, R. 2015. Standardized Time-Series and Interannual Phenological Deviation: New Techniques for Burned-Area Detection Using Long-Term MODIS-NBR Dataset. *Remote Sensing*. **7**, pp. 6950-6985.
- CAVALCANTE, C.D.O., FLORES, A.S., BARBOSA, R.I. 2014. Fatores edáficos determinando a ocorrência de leguminosas herbáceas em savanas amazônicas. *Acta Amazonica*, **44**, pp. 379-386.
- CHEN, G., WANG, D., HOU, Y. 2012. The features and interannual variability mechanism of mesoscale eddies in the Bay of Bengal. *Continental Shelf Research*. **47**, pp. 178-185.
- CHEN, J., JÖNSSON, P., TAMURA, M., GU, Z., MATSUSHITA, B., EKLUNDH, L. 2004. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, **91**, pp. 332-344

- CHEN, J. L., WILSON, C. R., TAPLEY, B. D. 2010. The 2009 exceptional Amazon flood and interannual terrestrial water storage change observed by GRACE. *Water Resources Research*, **46**(12), pp. W12526.
- CHEN, L., JIN, Z., MICHISHITA, R., CAI, J., YUE, T., CHEN, B., XU, B. 2014. Dynamic monitoring of wetland cover changes using time-series remote sensing imagery. *Ecological Informatics*. **24**, pp. 17-26.
- COUTO JÚNIOR, A.F., CARVALHO JUNIOR, O. A., MARTINS, E. S. 2013. Séries temporais de NDVI, EVI e NDWI do sensor MODIS para caracterização fenológica do algodão. *Revista Brasileira de Cartografia*. **65**, pp. 199-210.
- CRUZ, D.L.S., VALE JÚNIOR, J. F., CRUZ, P. L. S., CRUZ, A. B. S., NASCIMENTO, P. P. R. R. 2014. Atributos físico-hídricos de um Argissolo amarelo sob floresta e savana naturais convertidas para pastagem em Roraima. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. **38**, pp. 307-314.
- CUNHA, L.D., NETA, L.C.B., TAVARES JÚNIOR, S.S. 2012. Áreas de risco identificadas no perímetro urbano de Pacaraima. In *Pacaraima: um olhar geográfico*. Boa Vista, Editora da UFRR. pp. 151-172.
- DE SCHUTTER, A., KERVYN, M., CANTERS, F., BOSSHARD-STADLIN, S.A., SONGO, M. A. M., MATTSSON, H.B. 2015. Ash fall impact on vegetation: a remote sensing approach of the Oldoinyo Lengai 2007–08 eruption. *Journal of Applied Volcanology*. **4**(1), pp. 1-18.
- DOUGHTY, C. E., GOULDEN, M. L. 2008. Seasonal patterns of tropical forest leaf area index and CO₂ exchange. *Journal Geophysical Research: Biogeosciences*. **113**, pp. G00B06.
- DWYER, M. J., SCHMIDT, G. 2006. The MODIS reprojection tool. In: *Earth science satellite remote sensing*. Springer Berlin Heidelberg. pp. 162-177
- ECKERT, S., HÜSLER, F., LINIGER, H., HODEL, E., 2015, Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. *Journal of Arid Environments*. **113**, pp. 16-28.
- EVANGELISTA, R.A.O., SANDER, C. WANKLER, F.L. 2008. Estudo Preliminar da Distribuição Pluviométrica e do Regime Fluvial da Bacia do Rio Branco. In: SILVA, P.R.F., R.S. OLIVEIRA, R.S., *Roraima 20 Anos: As Geografias de um Novo Estado*. Boa Vista, Editora da UFRR. pp. 142-167.
- FARIA, R. A. P. G., COELHO, M. F. B., ALBUQUERQUE, M. C. F., AZEVEDO, R. A. B. 2012. Phenology of Species in the Cerrado of Mato Grosso State, Brazil - *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Moraceae) In: ZHANG, X., *Phenology and Climate Change*. InTech. pp. 117-124.
- FERNANDES FILHO, L. A., PINHEIRO, R.V. L., TRUCKENBRODT, W., NOGUEIRA, A. C. R. 2012. Deformação das rochas siliciclásticas paleoproterozoicas do Grupo Araí como exemplo das reativações de falhas do embasamento, Serra do Tepequém, Roraima, norte do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. **42**(4), pp. 785-798.

- FERREIRA, L.G., FERREIRA, N.C., FERREIRA, M. E. 2008. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. *Acta Scientiarum Biological Sciences*. **30(4)**, pp. 379-390.
- FLORES, A.S. 2014. “Os segredos das flores dos lavrados”: Relato de uma ação educativa na área de Botânica no extremo norte do Brasil. *Boletim do Museu Integrado de Roraima*. **8(1)**, pp. 10-18.
- FRANCO, E.M.S., DEL’ARCO, J.O., RIVETT, M., 1975, Geomorfologia da folha NA.20 Boa Vista. In: DNPM. Departamento Nacional de Produção mineral. *Projeto Radam*. Levantamento de Recursos Naturais. **8**, pp. 137-180.
- GALFORD, G.L., MUSTARD, J. F., MELILLO, J., GENDRIN, A., CERRI, C.C., CERRI, C. E. P. 2008. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. *Remote Sensing of Environment*. **112(2)**, pp. 576-587.
- GRANADOS, I., TORO, M. 2000. Recent warming in a high mountain lake (Laguna Cimera, Central Spain) inferred by means of fossil chironomids. *Journal of Limnology* **59 (1)**, pp. 109-119.
- GRECCHI, R.C., GWYN, Q. H. J., BÉNIÉA, G.B., FORMAGGIO, A.R. 2013. Assessing the spatio-temporal rates and patterns of land-use and land-cover changes in the Cerrados of southeastern Mato Grosso, Brazil. *International Journal Remote Sensing*. **34(15)**, pp. 5369-5392.
- GUTMAN, G.G. 1999. On the use of long-term global data of land reflectances and vegetation indices derived from the advanced very high resolution radiometer. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. **104(D6)**, pp. 6241-6255.
- HANSEN, M.C., SHIMABUKURO, Y.E., POTAPOVA, PITTMAN, P. K. 2008. Comparing annual MODIS and PRODES forest cover change data for advancing monitoring of Brazilian forest cover. *Remote Sensing of Environment*, **112(10)**, pp. 3784-3793.
- HILKER, T., Lyapustin, A. I., Tucker, C. J., Hall, F.G., Ranga B. Myneni, R. B., Wang, Y., Bi, J., Yhasmin Mendes de Moura, Y. M. M., Piers J. Sellers, P. J., 2014. Vegetation dynamics and rainfall sensitivity of the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **111 (45)**, pp. 16041-16046.
- HIRD, J.N., MCDERMID, G.J. 2009. Noise reduction of NDVI time series: An empirical comparison of selected techniques. *Remote Sensing of Environment*. **113(1)**, pp. 248-258.
- HUANG, X., FRIEDL, M.A. 2014. Distance metric-based forest cover change detection using MODIS time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. **29**, pp. 78-92.
- HUETE, A., DIDAN, K., MIURA, T., RODRIGUEZ, E.P., GAO, X., FERREIRA, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. **83(1-2)**, pp. 195-213.

- HUETE, A. R., DIDAN, K. , SHIMABUKURO, Y. E., RATANA, P., SALESKA, S. R., HUTYRA, L. R., YANG, W., NEMANI, R. R., MYNENI, R. 2006. Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season. *Geophysical Research Letters*. **33**, pp. L06405 .
- HUETE, A.R., N. RESTREPO-COUBE,N., RATANA, P., K. DIDAN, K., S.R. SALESKA, S.R., ICHII, K., PANUTHAI, S., GAMO, M. 2008. Multiple site tower flux and remote sensing comparisons of tropical forest dynamics in Monsoon Asia. *Agricultural and Forest Meteorology*. **148** (5), pp. 748-760.
- HURLEY, J.V., BOOS, W.R. 2013. Interannual variability of monsoon precipitation and local subcloud equivalent potential temperature. *Journal of Climate*. **26**, pp. 9507–9527.
- IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 2015. Projeto de monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite – PMDBBS. Disponível em: <<http://sicom.ibama.gov.br/monitorabiomas>>. Acesso em: 28 de agosto de 2015.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2008. Área de Vegetação da Amazônia Legal. Disponível em: <http://www.geoservicos.ibge.gov.br/geoserver/wms?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=CREN:VegetacaoAmazoniaLegal_250&outputFormat=SHAPE-ZIP>. Acesso em 22 de dezembro de 2014.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2012. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. *Manuais Técnicos em Geociências Vol. 1*. Rio de Janeiro, IBGE. p.275.
- JATI, S.R., FEARNSIDE, P.M., BARBOSA, R.I. 2014. Densidade da madeira de árvores em savanas do norte da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*. **44**, pp. 79-86.
- JÖNSSON, A.M, EKLUNDH, L., HELLSTRÖM, M, BÄRRING, L., JÖNSSON, P., 2010. Annual changes in MODIS vegetation indices of Swedish coniferous forests in relation to snow dynamics and tree phenology. *Remote Sensing of Environment*. **114(11)**, pp. 2719-2730.
- JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G., VERMOTE, E.F., MASUOKA, E., WOLFE, R.E., SALEOUS, N., ROYA, D.P., MORISETTE, J.T. 2002. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*. **83(1–2)**. pp. 3-15.
- KENNEDY, R.E., TOWNSEND, P.A., GROSS, J.E., COHEN, W.B., BOLSTAD, P., WANG, Y.Q., ADAMS, P. 2009. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment*. **113(7)**, pp. 1382-1396.
- LEINENKUGEL, P., KUENZER, C., OPPELT, N., DECH, S. 2013. Characterisation of land surface phenology and land cover based on moderate resolution satellite data in cloud prone areas — A novel product for the Mekong Basin. *Remote Sensing of Environment*. **136**, pp. 180-198.

- LEINENKUGEL, P., WOLTERS, M.L., OPPELT, N., CLAUDIA KUENZER, C. 2015. Tree cover and forest cover dynamics in the Mekong Basin from 2001 to 2011. *Remote Sensing of Environment*. **158**, pp. 376-392.
- LEWIS, S. L., BRANDO, P. M., PHILLIPS, O. L., VAN DER HEIJDEN, G. M., NEPSTAD, D. 2011. The 2010 amazon drought. *Science*. **331(6017)**, pp. 554-554.
- LIETH, H. 1974. Purpose of a phenology book. In *Phenology and seasonality modeling*. Springer, Berlin, pp.3-19.
- LILLESÆTER, O. 1982. Spectral reflectance of partly transmitting leaves: Laboratory measurements and mathematical modeling. *Remote Sensing of Environment*. **12(3)**, pp. 247-254.
- LIMA, H.A.M. 2014. A construção da fronteira na mídia impressa de Roraima. Boa Vista: Editora da UFRR. p. 173.
- MARENGO, J. A., TOMASELLA, J., ALVES, L. M., SOARES, W. R., RODRIGUEZ, D. A. 2011. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*. **38(12)**. pp. GL047436.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.), 2005. Brasil em Relevo. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 13 fev. 2016.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2015. Atlas Interativo do Macro Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/ze/atlas_ze_openlayers.htm?n2u5ak19m46q7fb6vkk7652ea7> Acesso em 24 de junho de 2015.
- MONTGOMERY, D.C., JENNINGS, C.L., KULAHCI, M. 2011. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. New York, Springer. p. 434.
- MORÓN, E.D.L. 2012. As implicações jurídicas e socioambientais na criação de município em terra indígena: Caso-referência Pacaraima, Roraima. Boa Vista, Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental, Universidade do Estado do Amazonas. p. 117.
- MORTON, D.C. 2011. Mapping canopy damage from understory fires in Amazon forests using annual time series of Landsat and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*. **115(7)**, pp. 1706-1720.
- MORTON, D. C., NAGOL, J., CARABAJAL, C. C., ROSETTE, J., PALACE, M., COOK, B. D., VERMOTE, E. F., HARDING, D. J., NORTH, P. R. J. 2014. Amazon forests maintain consistent canopy structure and greenness during the dry season. *Nature*. **506(7487)**, pp. 221–224.
- MYNENI, R. B., YANG, W., NEMANI, R. R., HUETE, A. R., DICKINSON, R. E., KNYAZIKHIN, Y., DIDAN, K., FU, R., JUÁREZ, R. I. N., SAATCHI, S. S., HASHIMOTO, H., ICHII, K., SHABANOV, N. V., TAN, B., RATANA, P., PRIVETTE, J. L., MORISETTE, J. T., VERMOTE, E. F., ROY, D. P., WOLFE, R. E., FRIEDL, M. A., RUNNING, S. W., VOTAVA, P., EL-SALEOUS, N., DEVADIGA,

S., SU, Y., SALOMONSON, V. V. 2007. Large seasonal swings in leaf area of Amazon rainforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **104**, pp. 4820–4823.

NASCIMENTO, F.A., TAVARES JÚNIOR, S. S., L.C.B. NETA, L.C.B. 2012. COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DA REGIÃO DE PACARAÍMA. In Pacaraima: um olhar geográfico. Boa Vista. Editora da UFRR. pp. 25-47.

NEMANI, R. R., KEELING, C. D., HASHIMOTO, H., JOLLY, W. M., PIPER, S. C., TUCKER, C. J., MYNENI, R. B., RUNNING, S. W. 2003. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*. **300**, pp. 1560–1563.

NETA, L.C.B., TAVARES JÚNIOR, S.S. 2008. A Geomorfologia do Estado de Roraima por Imagens de Sensores Remotos In: SILVA, P.R.F., R.S. OLIVEIRA, R.S., *Roraima 20 Anos: As Geografias de um Novo Estado*. Boa Vista, Editora da UFRR. pp. 168-192.

NIE, N., ZHANG, W., GUO, H., ISHWARAN, N. 2015. 2010–2012 drought and flood events in the Amazon Basin inferred by GRACE satellite observations. *Journal of Applied Remote Sensing*. **9(1)**, pp. 096023-096023.

PETRI, J.L., HAWERROTH, F.J., LEITE, G. B., COUTO, M., FRANCESCATTO, P. 2012. Apple Phenology in Subtropical Climate Conditions. In: ZHANG, X., *Phenology and Climate Change*. InTech. pp. 195-216.

PONZONI, F.J., Y.E. SHIMABUKURO, Y. E., KUPLICH, T.M. 2012. Sensoriamento remoto da vegetação. São Paulo: Oficina de Textos. p. 176.

PORTILLO-QUINTERO, C., A. SANCHEZ-AZOFEIFA, A., ESPIRITO-SANTO, M. 2013. Monitoring deforestation with MODIS Active Fires in Neotropical dry forests: An analysis of local-scale assessments in Mexico, Brazil and Bolivia. *Journal of Arid Environments*. **97**, pp. 150-159.

POULIOT, D., LATIFOVIC, R., ZABCIC, N., GUINDON, L., OLTROF, I. 2014. Development and assessment of a 250 m spatial resolution MODIS annual land cover time series (2000–2011) for the forest region of Canada derived from change-based updating. *Remote Sensing of Environment*. **140**, pp. 731-743.

QADER, S.H., ATKINSON, P.M., DASH, J. 2015. Spatiotemporal variation in the terrestrial vegetation phenology of Iraq and its relation with elevation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2015. 41: p. 107-117.

RABELLO, A.C. 2013. Amazônia: uma fronteira volátil. *Estudos Avançados*. **27**, pp. 213-235.

SALESKA, S. R., DIDAN, K., HUETE, A. R., DA ROCHA, H. R. 2007. Amazon forests green-up during 2005 drought. *Science*, **318**, pp. 612–612.

TUCKER, C. J., SELLERS, P. J. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing*, **7**, pp. 1395–1416.

- REIS, N.J., CARVALHO, A.S. 1996. Coberturas sedimentares do Mesoproterozóico do estado de Roraima - avaliação e discussão de seu modo de ocorrência. *Brazilian Journal of Geology*. **26(4)**, pp. 217-226.
- ROCHA, V.B., SILVA, P.R.F. 2012. Pacaraima no contexto regional fronteiriço – Brasil/Venezuela, In: *Pacaraima: um olhar geográfico*. Boa Vista, Editora da UFRR pp. 51-71.
- RODRÍGUEZ-FONSECA, B., MOHINO, E., MECHOSO, C. R., CAMINADE, C., BIASUTTI, M., GAETANI, M., GARCIA-SERRANO, J., VIZY, E. K., COOK, K., XUE, Y., POLO, I., LOSADA, T., DRUYAN, L., FONTAINE, B., BADER, J., DOBLAS-REYES, F. J., GODDARD, L., JANICOT, S., ARRIBAS, A., LAU, W., COLMAN, A., VELLINGA, M., ROWELL, D. P., KUCHARSKI, F., VOLDOIRE, A. 2015. Variability and Predictability of West African Droughts: A Review on the Role of Sea Surface Temperature Anomalies. *Journal of Climate*. **28(10)**, pp. 4034-4060.
- ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Goddard Space Flight Center ,NASA. *3d ERTS-1 Symposium*. **1 (A)**, pp. 309-317.
- RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLHOS, J. C. 2007. Sensor Modis e suas Aplicações Ambientas no Brasil. São José dos Campos: Parêntese. p. 423.
- SAKAZAKI, R. T., ALVES, J. M. A., LOPES, G. N. 2008. Arroz irrigado em Roraima. *Revista Agro@mbiente On-Line*. **2(1)**, pp. 69-76.
- SAMANTA, A., GANGULY, S., VERMOTE, E., NEMANI, R.E., MYNENI, R. B., 2012, Why Is Remote Sensing of Amazon Forest Greenness So Challenging? *Earth Interactions*.**16(7)**, pp. 1-14.
- SANO, E.E., BARCELLOS, A.O.,BEZERRA, H.S. 2000. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna.*Pasturas Tropicales*, **22**, pp. 2-15.
- SARTORI, O.C.S., BETHÔNICO, M.B.M. 2012. A Reivindicação de um território: o caso de Pacaraima, In: *Pacaraima: um olhar geográfico*. Boa Vista: Editora UFRR, pp. 91 - 110.
- SAVITZKY, A., GOLAY, M. J. E. 1964. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical Chemistry*, **36**, 1627– 1639.
- SCHAFER, R.W. 2011. What Is a Savitzky-Golay Filter? *Signal Processing Magazine*, **28(4)**, pp. 111-117.
- SCHEFTIC, W., ZENG, X., BROXTON, P., BRUNKE, M. 2014. Intercomparison of Seven NDVI Products over the United States and Mexico. *Remote Sensing*. **6(2)**, pp. 1057-1084.
- SCHROEDER, T.A., HEALEY, S.P., MOISEN, G.G., FRESCINO, T.S., COHEN, W.B., HUANG, C., KENNEDY, R.E., YANG, Z. 2014. Improving estimates of forest disturbance by combining observations from Landsat time series with U.S. Forest

- Service Forest Inventory and Analysis data. *Remote Sensing of Environment*. **154**, pp. 61-73.
- SEGHIERI, J., DO, F. C., DEVINEAU, J.L., FOURNIER, A. 2012. Phenology of Woody Species Along the Climatic Gradient in West Tropical Africa. In: ZHANG, X., *Phenology and Climate Change*. InTech. pp. 143-178
- SEPLAN. SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE RORAIMA. 2014. Informações Socioeconômicas do Município de Pacaraima – RR. Boa Vista, DIEP. p. 78.
- SHAO, Y., CAMPBELL, J. B., TAFF, G. N., ZHENG, B. 2015. An analysis of cropland mask choice and ancillary data for annual corn yield forecasting using MODIS data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. **38**, pp. 78-87.
- SILVA, R.S., ARAÚJO, M. F., SILVA FILHO, J. R. T., GASPAR, M. A. 2011. Desenvolvimento sócioeconômico no extremo norte brasileiro: um estudo realizado na fronteira Brasil/Venezuela. *Revista de Administração de Roraima*. **1(1)**, pp. 206-222.
- SONG, Y., RYU, Y., JEON, S., 2014. Interannual variability of regional evapotranspiration under precipitation extremes: A case study of the Youngsan River basin in Korea. *Journal of Hydrology*. **519**, pp. 3531-3540.
- STAVROULAKIS, P.I., LIATSI, P., TIPPING, N., CRADDOCK, P. 2013. Evaluation and optimization of the Savitzky-Golay smoothing filter for noise reduction in thin film interference signal analysis. *Proceedings of SPIE*. **8842**
- SULLA-MENASHE, D., KENNEDY, R. E., YANG, Z., BRAATEN, J., KRANKINA, O. N., FRIEDL, M. A. 2014. Detecting forest disturbance in the Pacific Northwest from MODIS time series using temporal segmentation. *Remote Sensing of Environment*. **151**, pp. 114-123.
- SUN, W., SONG, X., MU, X., GAO, P., WANG, F., ZHAO, G. 2015. Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*. **209–210**, pp. 87-99.
- TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. **23**, pp.13-26
- THOMAS, A. 2008. Agricultural irrigation demand under present and future climate scenarios in China. *Global and planetary change*. **60(3)**, pp. 306 -326.
- VALE JÚNIOR, J.F.D., SCHAEFER, C.E.G.R. 2010. Solos Sob Savanas de Roraima: gênese, classificação e relações ambientais. Boa Vista:Gráfica Ioris. p. 219.
- VERGER, A., BARET, F., WEISS, M., 2011, A multisensor fusion approach to improve LAI time series. *Remote Sensing of Environment*. **115(10)**, pp. 2460-2470.
- WANG, Z., WANG, Z., ZHANG, B., LU, C., REN, C. 2015. Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. *Ecological Processes*. **4(1)**, pp. 1-12.

WILLIS, K.S., 2015, Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. *Biological Conservation*. **182**, pp. 233-242.

ZELAZOWSKI, P., SAYER, A.M., THOMAS, G.E., GRAINGER, R.G. 2011. Reconciling satellite-derived atmospheric properties with fine-resolution land imagery: Insights for atmospheric correction. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. **116**, pp. D18308.

ZHU, D., LI, L., GUO, X. 2013. Seasonal and interannual variations of surface current in the southern Taiwan Strait to the west of Taiwan Shoals. *Chinese Science Bulletin*.58 (33), pp. 4171-4178.