



Ministério da
Ciência e Tecnologia



sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.15.21.47-TDI

ESTIMATIVA DA DATA DE PLANTIO DA SOJA POR MEIO DE SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS MODIS

Marcos Adami

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Maurício Alves Moreira, e Rogério Teixeira de Faria, aprovada
em 20 de outubro de 2010 .

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3897URE>>

INPE
São José dos Campos
2010

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.15.21.47-TDI

ESTIMATIVA DA DATA DE PLANTIO DA SOJA POR MEIO DE SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS MODIS

Marcos Adami

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Maurício Alves Moreira, e Rogério Teixeira de Faria, aprovada
em 20 de outubro de 2010 .

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3897URE>>

INPE
São José dos Campos
2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Adami, Marcos .

Ad15e Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS / Marcos Adami. – São José dos Campos : INPE, 2010.

xxvi+135 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2010/09.15.21.47-TDI)

Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

Orientadores : Drs. Maurício Alves Moreira, e Rogério Teixeira de Faria.

1. Índices de vegetação. 2. MODIS . 3. Soja. 4. Séries temporais. 5. Fenologia. I.Título.

CDU 528.811 (816.2)

Copyright © 2010 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2010 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Doutor(a) em
Sensoriamento Remoto**

Dr. Bernardo Friedrich Theodor Rudorff



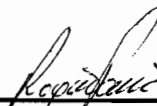
Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Maurício Alves Moreira



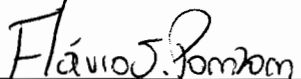
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Rogério Telxela de Faria



Orientador(a) / IAPAR / Londrina - PR

Dr. Flávio Jorge Ponzoni



Membro da Banca / INPE / SJCampos - SP

Dra. Angélica Giarolia




Membro da Banca / CPTEC/INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Rodrigo Rizzi



Convidado(a) / UFPel / Capão do Leão - RS

Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo



Convidado(a) / IAC / Campinas - SP

Aluno (a): Marcos Adami

São José dos Campos, 20 de outubro de 2010

“Prefiro os que me criticam aos que me bajulam. Os que me criticam me corrigem, os que me bajulam me corrompem”

Aurelius Augustinus- Santo Agostinho

A Deus ofereço

*À minha esposa Ana Cláudia,
filhos Matheus Gabriel e Maria Eduarda,
meus pais Ludovino e Maria da Glória
eu dedico.*

AGRADECIMENTOS

Nestes quatro anos, a quantidade de pessoas a quem devo agradecer é muito grande. Desta maneira, se por acaso esqueci-me de relacioná-lo, saiba que neste momento estava pensando em você.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pela oportunidade de estudo e desenvolvimento da tese; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de doutorado.

A Fundação ABC, por gentilmente ceder os dados para a realização deste trabalho ao Rodrigo Tsukahara que possibilitou a aquisição dos dados de campo.

Ao Dr. Mauricio Alves Moreira, por novamente encarar o desafio de me orientar, permitindo liberdade de pensamento, conduzindo-me com paciência, confiança e amizade.

Ao Dr. Rogério Teixeira de Faria, pelo apoio, orientação e conhecimento compartilhado.

Ao Dr. Bernardo Friedrich T. Rudorff, por todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

Aos professores, pesquisadores, e técnicos do INPE, em especial à Dra. Angélica Giarolla, Dr. Antônio R. Formaggio, Dr. Camilo D. Rennó, Dra. Corina C. Freitas, Dr. Douglas F. M. Gherardi, Dra. Elisabete C. Moraes, Dr. Flávio J. Ponzoni, Dr. João A. Lorenzetti, Dr. José C. N. Epiphanyo, Dr. José Luiz Stech, Dr. Yosio E. Shimabukuro, e às Cris, Ethel, Tamara, Valéria e Vera.

A todos os amigos das turmas 2005-2010, em especial ao Adalberto, André, Arnaldo, Breunig, Cléber, Egidio, Enner, Ericson, Flavio Fortes, Gabriel, Igor, Lívia, Luciana, Luiz, Marco Aurélio, Pupin, Ramon, Tiago e Vagner; de turmas anteriores, principalmente ao Enzo, Giselle e Rizzi.

Aos amigos do Laboratório de Agricultura e Floresta, Arley, Daniela, Elizabeth, Bayma, Jussara, Magog, Tânia, Wagner, André, Yuzo, Flávia, Juliano e Marco.

A todos da minha Família, Pai, Mãe, Esposa e Filhos.

A todos vocês, meu muito obrigado!

RESUMO

A produtividade de culturas agrícolas pode ser estimada por meio de modelos, que além de dados meteorológicos e pedológicos, requerem informações sobre a data de plantio e o intervalo de duração de cada estágio fenológico. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar a data de plantio, a data de mudança de fase fenológica de R1 para R3 (florescimento para formação de vagem) e a data de R8 (maturação fisiológica) da cultura da soja no estado do Paraná, por meio de análise de séries temporais de dados Modis. Inicialmente, os parâmetros de desenvolvimento fenológico da soja utilizados no Sistema de Monitoramento Agroclimático foram definidos com base em 40 talhões, cujos ciclos fenológicos foram acompanhados a campo. Em seguida, as datas de mudança de fase fenológica de R1 para R3 e de R8 foram estabelecidas para 376 talhões com data de plantio conhecida. Na etapa seguinte, foram adquiridas 430 imagens em composições de 8 dias dos produtos MOD09A1 e MOD09Q1, no período compreendido entre os dias 24/02/2000 e 19/06/2009, que deram origem às séries temporais de EVI e NDVI. Nestas duas séries temporais foram eliminados os dados Modis que atendiam os seguintes critérios: a) refletância da banda 3 maior do que 10%; b) ângulo de visada do sensor maior do que 30°. Os seguintes filtros foram aplicados nas séries temporais resultantes: a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e; d) Wavelet – DB6. Com base nestas séries temporais filtradas, foram estimadas as datas de plantio, as datas de mudança de fase fenológica de R1 para R3 e as datas de R8 da soja. Estas estimativas foram comparadas com os dados observados nos 376 talhões com o uso das técnicas de análise de regressão e bootstrap. Também foram calculados os índices de ajuste d1 e d2, bem como o erro médio quadrático e o erro médio absoluto. A metodologia desenvolvida neste trabalho foi aplicada nas áreas de cultivo de soja no Paraná para os anos safra 2001/02 a 2008/09. A utilização dos critérios prévios à filtragem fez com que 18% dos dados da série temporal fossem eliminados da análise. O filtro que apresentou os melhores resultados foi o Wavelet-DB6, tanto para a série temporal de EVI quanto para a de NDVI. As datas estimadas para o plantio, obtidas a partir das duas séries temporais, apresentaram valores de “r” superiores a 0,95, e os erros de estimativa foram de 9 a 10 dias. As estimativas das datas de mudança de fase fenológica de R1 para R3 da soja tiveram desempenhos similares aos obtidos para as datas de plantio. No entanto, os erros de estimativa das datas de mudança de fase fenológica de R1 para R3 e de R8 ficaram em torno de 4 e 14 dias, respectivamente. Não houve diferença significativa entre as estimativas utilizando EVI e NDVI. A aplicação desta metodologia nas áreas de cultivo de soja no Paraná apresentou resultados similares aos relatados pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Desta forma, conclui-se que é possível estimar as datas de plantio, de mudança de fase fenológica de R1 para R3 e de R8 da cultura da soja com o uso de séries temporais de EVI e NDVI dos dados Modis.

SOYBEAN SOWING DATE ESTIMATION USING MODIS TIME SERIES

ABSTRACT

Crop yield can be estimated using mathematical models, which aside from meteorological and pedological data, these models require information about sowing and duration of each phenological stage. In this sense, this study aims at estimating the dates of sowing, phenological stage change from R1 to R3 (first open flower to first pod), and R8 phenological stage (physiological maturity) for soybean using Modis time series in Paraná State. Firstly, soybean phenological development parameters used in the Agroclimatic Monitoring System (SMA) were defined based on 40 fields with in loco monitoring of phenological stages. Afterwards, the dates of phenological stage change from R1 to R3, and of R8 were established for 376 fields with known sowing dates. In the next step, 430 8-day composite MOD09A1 and MOD09Q1 products were analyzed between 02/24/2000 and 06/19/2009, originating EVI and NDVI time series. In these two time series, Modis data were eliminated according to the following criteria: a) band 3 reflectance higher than 10%, and b) sensor view angle higher than 30°. After applying these criteria, the following filters were used in the resulting time series: a) Hants, b) double logistic, c) Savitzky-Golay, and d) Wavelet – DB6. Sowing, phenological stage change from R1 to R3, and R8 phenological stage dates were estimated based on these filtered time series. These estimates were compared with observed data in 376 fields using regression analysis and bootstrap techniques. Furthermore, indexes of agreement d1 and d2 as well as root mean square error and mean absolute error were calculated. The methodology developed in this work was applied to soybean cultivated areas in Paraná State from 2001/02 to 2008/09 crop years. The applied criteria prior to filtering eliminated 18% of time series data. The best filtering result was achieved using Wavelet-DB6 for both EVI and NDVI time series. The estimated sowing dates using these two time series resulted in “r” values higher than 0.95 and prediction errors ranging between 9 and 10 days. The performance of soybean phenological stage change from R1 to R3 and R8 phenological stage dates estimations were similar to sowing date estimation. However, prediction errors for phenological stage change from R1 to R3 and R8 phenological stage dates were around 4 and 14 days, respectively. There was no significant difference for estimations from either EVI or NDVI time series. The results of applying this methodology to the soybean cultivated area in Paraná State were similar to those of Paraná State Department of Agriculture (SEAB) reports. Therefore, it is possible to estimate soybean sowing, phenological stage change from R1 to R3, and R8 phenological stage using Modis EVI and NDVI time series.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 – Estádios vegetativo (V) e reprodutivo (R) da soja.....	6
Figura 2.2 – Representação gráfica do efeito da temperatura no desenvolvimento da soja.....	9
Figura 2.3 – Representação gráfica do efeito da duração do dia no desenvolvimento da soja.....	10
Figura 2.4 – Arquitetura do SMA.....	13
Figura 2.5 – Representação ilustrativa da estimativa do SDI, em que E significa emergência da cultura, F significa o florescimento e C significa a colheita.	15
Figura 2.6 – Representação pictórica da aquisição de dados pelo sensor Modis-Terra e alterações da função de distribuição de refletância bidirecional em função da visada e da geometria de iluminação. Alteração das dimensões do pixel Modis, perpendicular à órbita do satélite (<i>across-track</i>) e na direção da órbita do satélite (<i>along-track</i>), em função dos ângulos de imageamento: 0° (250 x 250 m); 15° (270 x 260 m); 30° (350 x 285 m); 45° (610 x 380 m) e 55° (1200 x 450 m).	18
Figura 2.7 – Fluxograma do processo de correção atmosférica aplicado ao produto MOD09.....	21
Figura 2.8 – (a) Distribuição dos Tiles Modis (18 x 36) em projeção sinusoidal. (b) Tiles Modis referentes ao território brasileiro e em destaque o tile H13V11 no qual está localizada a área de estudo.	22
Figura 2.9 - Curva de cosseno representando o primeiro harmônico (a); curvas para os primeiros três harmônicos (b); curva resultante da somatória dos três harmônicos (c).....	29
Figura 2.10 - Fluxograma representando o processo de filtragem utilizando o algoritmo Hants.	32
Figura 2.11 – Representação gráfica da Wavelet mãe (ψ) de DB6.....	34

Figura 3.1 – Localização da área de estudo com a subdivisão por NR da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento.....	39
Figura 3.2 - Localização dos centróides dos talhões utilizados para desenvolver e validar a metodologia.	40
Figura 3.3 - Parâmetros utilizados no SMA para estimar o desenvolvimento fenológico e produtividade relativa referente ao cultivar CD 206.	44
Figura 4.1 – Histogramas resultantes da técnica <i>bootstrap</i> com os parâmetros da regressão; a) intercepto (a); b) coeficiente angular (b) e; c) coeficiente de correlação (r) resultante da análise de regressão entre os dados acompanhados em campo e a calibração do modelo.....	53
Figura 4.2 – Histogramas resultantes da técnica <i>bootstrap</i> : (a) erro médio absoluto - EMA; (b) erro médio quadrático – EMQ; (c) índices de ajuste modificado (d1) e (d) índice de ajuste (d2) ; para validar a calibração do modelo.	54
Figura 4.3 – Curvas padrões de EVI, NDVI e EVI2 com respectivos desvios padrões utilizadas para testar os filtros.....	55
Figura 4.4 – Exemplo de uma curva da série temporal do EVI e demais curvas resultantes com a inserção de ruídos em 10% das datas (EVI 10%), 40% das datas (EVI 40%) e 70% das datas (EVI 70%).	56
Figura 4.5 – Exemplo dos dados utilizados para eliminar valores anômalos tomando por base os valores de refletância da banda 3 e do ângulo de visada. Também são apresentados os valores do DOY de obtenção do pixel, número de dias entre cada pixel utilizado para formar a imagem, EVI e EVI eliminado da análise, correspondente ao talhão 27.	67
Figura 4.6 – Exemplo de perfil temporal (talhão 27) com o IV EVI posterior à aplicação das restrições, com o uso dos filtros de Wavelet – DB6, Hants, 4253H twice, duplo-logística e Savitzky-Golay.....	68

Figura 4.7 – Exemplo de perfil temporal (talhão 51) com o EVI, filtrado com Wavelet – DB6, e estádios fenológicos estimados para este talhão, para a data de plantio de 01/10/2006, para a variedade CD 206, cultivada neste talhão.....	69
Figura 4.8 – Histogramas dos valores estimados pelo <i>bootstrap</i> para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de plantio de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao EVI.	70
Figura 4.9 – Histogramas dos valores estimados pelo <i>bootstrap</i> para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de plantio de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao NDVI.....	73
Figura 4.10 – Diagrama de dispersão entre as datas de plantio informadas pela FABC e as estimadas pela série temporal de NDVI filtrada por Wavelet – DB6.....	75
Figura 4.11 – Histogramas dos valores estimados pelo <i>bootstrap</i> para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de MDV de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao EVI.....	77
Figura 4.12 – Histogramas dos valores estimados pelo <i>bootstrap</i> para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de MDV de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao NDVI.	79
Figura 4.13 – Diagrama de dispersão entre as datas de MDV estimadas pelo SMA e as datas estimadas pela série temporal de EVI filtrada por Wavelet – DB6.	81
Figura 4.14 – Histogramas dos valores estimados pelo <i>bootstrap</i> para os coeficientes linear (a), angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de colheita de soja estimadas pelo SMA e as datas de	

colheita da soja estimadas pelos filtros: a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados no EVI.....83

Figura 4.15 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a), angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de colheita de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6, aplicados ao NDVI.....86

Figura 4.16 – Diagrama de dispersão entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e as datas de colheita estimadas pelo EVI utilizando filtragem por Wavelet – DB6.88

Figura 4.17 – Box-plot contendo a variação temporal da data de plantio de soja, por núcleo regional da SEAB: a) safra 2001/02; b) safra 2002/03; c) safra 2003/04; d) safra 2004/05; e) safra 2005/06; f) safra 2006/07; g) safra 2007/08; h) safra 2008/09;.....90

Figura 4.18 – Estimativa da data de plantio de soja para a safra 2001/02: a) Estado do Paraná, com a divisão regional da SEAB e b) detalhe com ampliação da área; utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet – DB6.....91

Figura 4.19 – Box-plot contendo a variação temporal da data de MDV da soja, por núcleo regional da SEAB: a) safra 2001/02; b) safra 2002/03; c) safra 2003/04; d) safra 2004/05; e) safra 2005/06; f) safra 2006/07; g) safra 2007/08; h) safra 2008/09;.....92

Figura 4.20 – Estimativa da data de MDV de soja para a safra 2001/02: a) Estado do Paraná, com a divisão regional da SEAB e b) detalhe com ampliação da área; utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet – DB6.....93

Figura 4.21 – Box-plot contendo a variação temporal da data de colheita da soja, por núcleo regional da SEAB: a) safra 2001/02; b) safra 2002/03; c) safra 2003/04; d) safra 2004/05; e) safra 2005/06; f) safra 2006/07; g) safra 2007/08; h) safra 2008/09;.....94

Figura 4.22 – Estimativa da data de colheita de soja para a safra 2001/02: a) Estado do Paraná, com a divisão regional da SEAB e b) detalhe com ampliação da área; utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet – DB6.....95

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1– Estádios fenológicos da soja.....	7
Tabela 2.2 – Número médio e intervalo em dias necessários para a soja mudar de estágio fenológico.....	8
Tabela 3.1 – IV utilizados nesta pesquisa com respectivas formulações e autores.....	45
Tabela 4.1 – Condições para mudança de fase vegetativa para as cultivares CD 206 e MSOY 5942.....	51
Tabela 4.2 – Número de talhões, localização, cultivares utilizadas, data de plantio e números de dias observados e simulados pelo SMA para os estádios R1 e R8.	52
Tabela 4.3 – Resultados do teste de redução de ruídos pelos filtros selecionados, com 10% de datas com inserção de ruídos	58
Tabela 4.4 – Resultados do teste de redução de ruídos pelos filtros selecionados, com 40% de datas com inserção de ruídos	61
Tabela 4.5 – Resultados do teste de redução de ruídos pelos filtros selecionados, com 70% de datas com inserção de ruídos	64
Tabela 4.6 – Valores do Erro Médio Quadrático (EMQ), do Erro Médio Absoluto (EMA) e dos índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de plantio de soja datas observadas em campo e estimada por meio da série temporal de valores de EVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.	71
Tabela 4.7 – Valores do Erro Médio Quadrático (EMQ), Erro Médio Absoluto (EMA) e dos índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de plantio de soja observadas em campo e estimada por meio da série temporal de valores de NDVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.....	74

Tabela 4.8 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ), Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de MDV de soja estimadas pelo SMA e estimada por meio da série temporal de valores de EVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.....	78
Tabela 4.9 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ) e Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as as datas de MDV estimadas pelo SMA e as datas de MDV de soja estimada por meio da série temporal de valores de NDVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.	80
Tabela 4.10 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ), Erro Médio Absoluto (EMA) e índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e as datas de colheita de soja estimada por meio da série temporal de valores de EVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.....	84
Tabela 4.11 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ) e Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de colheita de soja estimada por meio da série temporal de valores de NDVI filtrada pelos diferentes filtros e as datas de colheita estimadas pelo SMA.....	87
Tabela A.1 - Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa da data de plantio da soja, com as datas observadas em campo e as datas estimadas utilizando os IV EVI e NDVI. Em amarelo estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar CD 206 e em verde estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar MSOY 5942.....	110
Tabela A.2 - Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa da data de MDV da soja, com as datas estimadas utilizando o SMA as datas estimadas utilizando os IV EVI e NDVI. Em amarelo estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar CD 206 e em verde estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar MSOY 5942.....	122

Tabela A.3 - Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa da data de colheita da soja, com as datas estimadas utilizando o SMA as datas estimadas utilizando os IV EVI e NDVI. Em amarelo estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar CD 206 e em verde estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar MSOY 5942.....129

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Hipótese.....	3
1.2 Objetivo geral.....	3
1.3 Objetivos específicos	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 Soja.....	5
2.2 Estádios fenológicos da soja	6
2.3 Estimativa de estádios fenológicos via Sensoriamento remoto	10
2.4 Sistema de Monitoramento Agroclimático (SMA).....	12
2.5 Sensor Modis.....	16
2.6 Índices de vegetação (IV).....	22
2.7 Análise de séries temporais.....	23
2.7.1 4253H twice	24
2.7.2 Savitzky–Golay	26
2.7.3 Duplo-logística.....	27
2.7.4 Gaussiano assimétrico	27
2.7.5 Séries de Fourier	29
2.7.6 Wavelets.....	32
2.8 Teste de modelos.....	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1 Área de estudo.....	39
3.2 Materiais.....	41
3.2.1 Materiais para parametrização e estimativa dos estádios fenológicos da cultura da soja pelo modelo SMA	41
3.2.2 Materiais para desenvolver e validar as estimativas de datas de plantio, as estimativas de datas de mudança de fase de R1 para R3 e as estimativas das datas de R8 para a cultura da soja.....	41
3.2.3 Materiais para aplicação da metodologia como estudo de caso.....	42
3.3 Métodos.....	43
3.3.1 Parametrização e estimativa dos estádios fenológicos da cultura da soja pelo modelo SMA	43
3.3.2 Extração dos dados Modis	44

3.3.3	Conversão dos valores de refletância em IV	45
3.3.4	Seleção de filtros	46
3.3.5	Estimativa das datas de plantio, as estimativas de datas de mudança de fase de R1 para R3 e as estimativas das datas de R8 para a cultura da soja	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	Parametrização dos estádios fenológicos da soja.....	51
4.2	Teste dos filtros	54
4.2.1	Resultados da filtragem para a série temporal de valores de NDVI, EVI e EVI2 com simulação de 10% de ruídos	56
4.2.2	Resultados da filtragem para a série temporal de valores de NDVI, EVI e EVI2 com simulação de 40% de ruídos	60
4.2.3	Resultados para a série temporal de valores de NDVI, EVI e EVI2 com simulação de 70% de ruídos	63
4.3	Estimativa da data de plantio, máximo desenvolvimento vegetativo (MDV) e colheita da soja	66
4.3.1	Estimativa da data de plantio por meio da série temporal de EVI.....	69
4.3.2	Estimativa da data de plantio por meio da série temporal de NDVI.....	71
4.3.3	Estimativa da data de MDV por meio da série temporal de EVI.....	75
4.3.4	Estimativa da data de MDV por meio da série temporal de NDVI	78
4.3.5	Estimativa da data de colheita por meio da série temporal de EVI	81
4.3.6	Estimativa da data de colheita por meio da série temporal de valores do IV NDVI	84
4.4	Estimativa da data de plantio, de MDV e da colheita da soja para todo o Estado do Paraná	89
4.4.1	Estimativa da data de plantio da soja em todo Estado do Paraná	89
4.4.2	Estimativa da data de MDV da soja em todo Estado do Paraná	91
4.4.3	Estimativa da data de colheita da soja em todo Estado do Paraná.....	93
5	CONCLUSÕES	97
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
A.	APÊNDICE A	109

1 INTRODUÇÃO

A produção de soja e de qualquer outra cultura agrícola é função da área colhida e da produtividade obtida. No Brasil, informações sobre estas duas variáveis, em quase sua totalidade, são obtidas por métodos subjetivos, fundamentados em opiniões de agentes ligados ao setor agropecuário, sejam eles, agricultores, financiadores, comerciantes, dentre outros. Apesar de não permitir análise quantitativa dos erros e das incertezas envolvidas, esta metodologia é utilizada por ser de baixo custo e de fácil aplicação (ADAMI *et al.*, 2010).

No tocante à estimativa de área de soja, vários trabalhos têm demonstrado que imagens de satélites apresentam potencial para obter esta informação, seja por amostragem (ADAMI *et al.*, 2010) ou por mapeamento (BERKA e RUDORFF, 2003; DORAISWAMY *et al.*, 2004; RIZZI e RUDORFF, 2005). Nestes trabalhos percebe-se a importância do uso de imagens de satélite para a estimativa da área cultivada com a cultura da soja.

Com relação à estimativa de produtividade, além dos fatores relacionados com planta (genótipo e fenótipo) deve-se também levar em conta os fatores ambientais. Segundo Hiler e Clark (1971) a redução da produtividade depende do estresse causado pelos fatores ambientais e do estágio fenológico em que se encontra a planta. Assim, para estimar a produtividade da soja é imprescindível acompanhar os fatores ambientais ao longo do ciclo da cultura.

Os modelos para estimar a produtividade incluem desde a abordagem subjetiva (mais simples) até as mais sofisticadas, tais como as utilizadas nos modelos que relacionam o solo, a planta e a atmosfera. Os modelos subjetivos não permitem a correta percepção dos efeitos ambientais na produtividade. Já os modelos mais sofisticados trazem à luz as causas e os efeitos do ambiente sobre a produtividade. Muitos destes modelos, tais como o Sistema de Monitoramento Agroclimático, desenvolvido por Faria *et al.* (2009), requerem de informações sobre o solo, a planta e o clima, também o conhecimento da data de plantio das culturas, bem como o intervalo de tempo de cada estágio de desenvolvimento para que possam estimar corretamente a produtividade.

A data de plantio e a duração do ciclo de cultivo são parâmetros chave na aplicação destes modelos em larga escala. Se forem estabelecidos com razoável precisão, os estádios fenológicos também podem ser estimados (SETIYONO *et al.*, 2007). Isto é relevante, pois a mesma é afetada de forma diferenciada em função dos estádios fenológicos (HILER e CLARK, 1971; NORMAN *et al.*, 1995; ZHANG e SMITH, 1999; FARIAS *et al.*, 2000).

A data de plantio e a duração do ciclo da cultura podem ser obtidas a partir de observações a campo ou estimadas por sensoriamento remoto (BADHWAR, 1980; BADHWAR e THOMPSON, 1983; HENDERSON e BADHWAR, 1984; GALLO e FLESCHE, 1989; SAKAMOTO *et al.*, 2005; SAKAMOTO *et al.*, 2010). As observações obtidas a campo são mais apuradas, no entanto, o custo desta operação em larga escala inviabiliza sua realização. Estimativas por meio de técnicas de sensoriamento remoto são de custo mais acessível (XIN *et al.*, 2002) e os recentes avanços nos sistemas sensores e nas técnicas de processamento de dados vem permitindo estudar tanto a dinâmica da vegetação natural quanto da implantada (JAKUBAUSKAS *et al.*, 2001).

Com o advento do sensor Modis no início do ano 2000, séries temporais de imagens com resolução temporal adequada e espacial moderada, com correção atmosférica e precisão na geolocalização (JUSTICE *et al.*, 1998) passam a ser disponíveis para a estimativa da data de plantio e da duração do ciclo de cultivo da soja por meio de sensoriamento remoto. Todavia, a presença de ruídos dificulta a utilização destes dados. Os ruídos são valores anômalos que podem ocorrer em devido a falhas de processamento, presença de nuvens, falhas do detector, geometria de visada, dentre outros e alteram os produtos gerados através dessas imagens. Estes fatores precisam ser mais bem entendidos para que sua influência seja minimizada nos estudos de fenologia de culturas agrícolas (HOLBEN, 1986; GUTMAN, 1991; TEILLET *et al.*, 1997; SIMPSON e STITT, 1998; JÖNSSON e EKLUNDH, 2002; HIRD e MCDERMID, 2009). Para minimizar a presença de ruídos nas séries temporais diversos filtros são aplicados (SAKAMOTO *et al.*, 2005; HIRD e MCDERMID, 2009), entretanto ainda não há a definição de qual filtro é o mais indicado. Neste sentido, filtro pode ser entendido como o conjunto de técnicas de ajuste de uma série temporal que minimiza estes valores anômalos.

Neste sentido, a motivação desta pesquisa reside na perspectiva de estimar a data de plantio da soja e, com isto, fornecer um parâmetro chave para ser utilizado em modelos de estimativa de produtividade. Além disto, testar o potencial de alguns filtros em minimizar os efeitos de valores anômalos em séries temporais de dados de sensoriamento remoto.

1.1 Hipótese

A hipótese que norteia esta tese é de que com o uso de séries temporais de dados Modis é possível estimar a data de plantio da soja. Para testar a validade da hipótese, serão analisados alguns métodos desenvolvidos para análise de séries temporais que buscarão alcançar os objetivos listados no item a seguir.

1.2 Objetivo geral

Estimar a data de plantio da soja, por meio de análise de séries temporais de dados Modis/Terra.

1.3 Objetivos específicos

- ✓ Verificar o potencial dos índices de vegetação EVI, EVI2 e NDVI obtidos a partir das composições Modis/Terra de 8 dias para estimar a data de plantio, a data de mudança de fase fenológica de R1 para R3 (florescimento/formação de vagem) e a data de R8 (maturação fisiológica) da soja;
- ✓ Definir o melhor filtro a ser utilizado para minimizar a presença de ruídos nos dados das séries temporais utilizadas nesta pesquisa;
- ✓ Definir os parâmetros necessários para estimar os estádios fenológicos utilizando o Sistema de Monitoramento Agroclimático.
- ✓ Utilizar o Sistema de Monitoramento Agroclimático com os parâmetros definidos para estimar as datas de mudança de fase de R1 para R3 e a data de R8.
- ✓ Estimar, como estudo de caso, as datas de plantio, estimar as datas de mudança de fase de R1 para R3 e as datas de R8 para a área de soja no Estado do Paraná.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Soja

A soja (*Glycine max (L.) Merrill*) é uma planta leguminosa, dicotiledônea, originária da China, onde é cultivada há séculos. Dado as suas características nutritivas e funcionais tais como as isoflavonas, a cultura foi difundida para as demais regiões do planeta. Atualmente, a soja é cultivada desde a latitude 50° N até a latitude 50° S (NORMAN *et al.*, 1995; ZHANG e SMITH, 1999). Os maiores produtores mundiais de soja em ordem decrescente são os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina e a China (FAO, 2010).

Os fatores ambientais que mais influenciam a produtividade da soja são: a disponibilidade hídrica e a temperatura (FARIAS *et al.*, 2000). A necessidade de água durante todo o ciclo fenológico da soja varia entre 450 e 825 mm. Esta variação está relacionada principalmente relacionada à temperatura e vento do local de cultivo, ao manejo da cultura e à duração do ciclo. Os períodos mais críticos em relação à disponibilidade hídrica no solo são os que correspondem à germinação/emergência e floração/enchimento de grãos. Nesses períodos a planta necessita em média de 3 e 6 mm d⁻¹ de água, respectivamente. Na germinação/emergência, tanto o excesso quanto a falta de água no solo, interferem no estabelecimento da população de plantas adequada por unidade de área. Na floração/enchimento de grãos, um estresse hídrico expressivo, aliado à baixa umidade relativa do ar, pode provocar a queda de flores, de vagens e de folhas, além de acelerar a senescência da planta. As condições ótimas de temperaturas para o cultivo da soja estão entre 20 e 30°C. Temperaturas do solo entre 24 °C e 30 °C são necessárias para promover a germinação das sementes e a emergência dos cotilédones, bem como para favorecer a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico. Temperaturas abaixo de 10 °C ou acima de 40 °C provocam estresse que pode acelerar ou retardar a evolução do estágio fenológico. Além disto, fatores tais como cultivar, espaçamento e tratos culturais também influenciam a produtividade (NORMAN *et al.*, 1995; SAU *et al.*, 1999; ZHANG e SMITH, 1999; FARIAS *et al.*, 2000; SETIYONO *et al.*, 2007).

A altura da planta de soja varia entre 0,45 m e 1,20 m, dependendo do cultivar e das condições ambientais. O espaçamento de plantio varia entre 0,35 m e 0,50 m entre

linhas, com 8 a 16 plantas por metro de linha (NORMAN *et al.*, 1995; ZHANG e SMITH, 1999).

2.2 Estádios fenológicos da soja

O ciclo fenológico da soja pode variar da germinação até a maturação completa de 90 a 200 dias. De acordo com o tempo de duração do ciclo, os cultivares podem ser agrupados em: precoce (até 115 dias), semi-precoce (116 a 125 dias), médio (126 a 137 dias), semi-tardio (138 a 150 dias) e tardio (mais de 150 dias) (FARIAS *et al.*, 2000). O ciclo da soja é dividido em dois períodos principais: o período vegetativo (V) e o período reprodutivo (R). O período vegetativo inicia-se com a emergência da plântula e termina com a abertura da primeira flor. A partir daí, inicia-se o período reprodutivo, que vai até a maturação da planta. Cada período é dividido em diferentes estádios fenológicos conforme mostrado na Figura 2.1 e descrito na Tabela 2.1 (FEHR e CAVINESS, 1977).

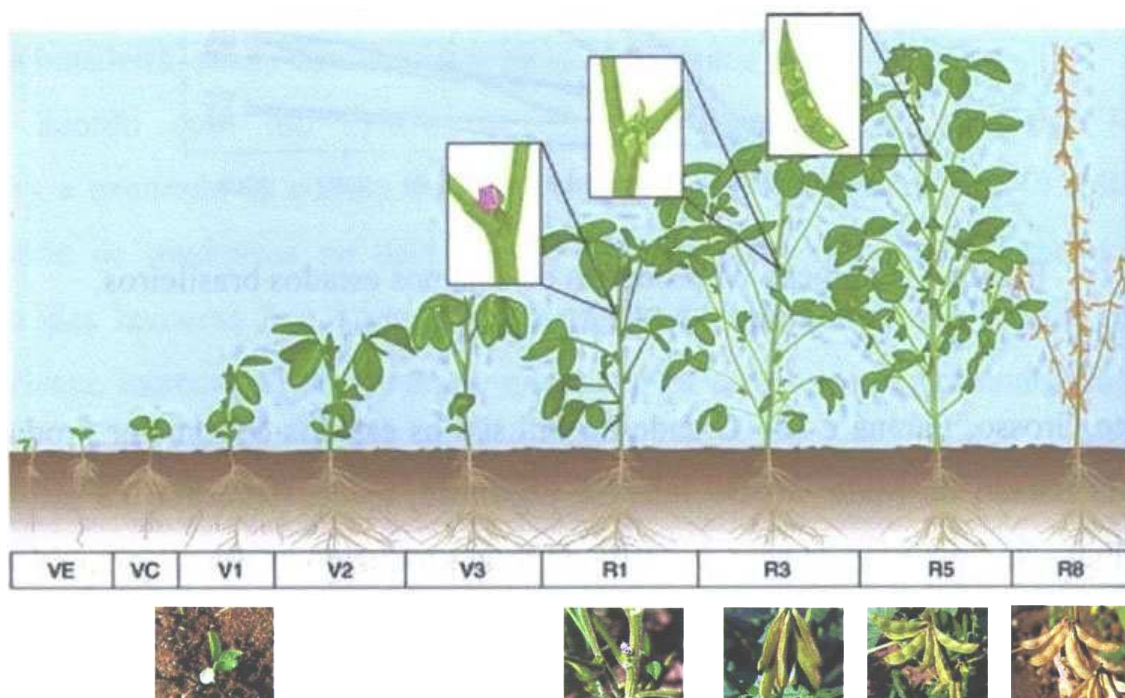


Figura 2.1 – Estádios vegetativo (V) e reprodutivo (R) da soja.
Fonte: Esquerdo (2007).

Tabela 2.1– Estádios fenológicos da soja.

Símbolo	Denominação	Descrição
Estádios Vegetativos		
VE	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo.
VC	Cotilédone desenvolvido	Os cotilédones apresentam-se bem abertos e as folhas unifolhadas estão suficientemente abertas, de tal modo que as bordas de cada folíolo não estão se tocando.
V ₁	Primeiro nó maduro	As folha unifolhadas estão estendidas e a primeira folha trifolhada está suficientemente aberta, de tal modo que as bordas de cada folíolo não estão se tocando.
V ₂	Segundo nó maduro	A primeira folha trifolhada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a segunda folha trifolhada está suficientemente aberta, de tal modo que as bordas de cada folíolo não estão se tocando.
V ₃	Terceiro nó maduro	A segunda folha trifolhada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a terceira folha trifolhada está suficientemente aberta, de tal modo que as bordas de cada folíolo não estão se tocando.
V _(n)	Enésimo nó maduro	A enésima folha trifolhada está estendida, isto é, com os três folíolos expandidos e a “n+1” folha trifolhada está suficientemente aberta, de tal modo que as bordas de cada folíolo não estão se tocando
Estádios Reprodutivos		
R ₁	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R ₂	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós da haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R ₃	Início da frutificação	Vagem com 5 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores sobre a haste principal com a folha completamente desenvolvida.
R ₄	Vagem formada	Vagem com 20 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores sobre a haste principal com a folha completamente desenvolvida.
R ₅	Início da formação da semente ou da granação	Sementes com 3 mm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores sobre a haste principal com a folha completamente desenvolvida.
R ₆	Semente desenvolvida ou granação plena	Vagem verde, contendo semente verde que preencha a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores sobre a haste principal com a folha completamente desenvolvida.
R ₇	Início da maturação ou maturação fisiológica	Uma vagem normal sobre a haste principal que tenha atingido a cor de vagem madura.
R ₈	Maturação plena ou maturação a campo	95% das vagens atingem a cor da vagem madura.

Fonte: Adaptada de Fehr e Caviness (1977)

Para identificar a evolução fenológica da soja no campo, é necessário o acompanhamento quase diário dos talhões plantados com a cultura, pois o tempo para

mudar de um estágio para outro, pode ser menor que um dia. A Tabela 2.2 apresenta o número médio de dias e intervalo de dias necessários para a soja mudar de um estágio fenológico para outro.

Tabela 2.2 – Número médio e intervalo em dias necessários para a soja mudar de estágio fenológico.

Estádios	Número médio de dias	Intervalo de dias
Semeadura – VE	10	5 – 15
VE – VC	5	3 – 10
VC – V ₁	5	3 – 10
V ₁ – V ₂	5	3 – 10
V ₂ – V ₃	5	3 – 8
V ₃ – V ₄	5	3 – 8
V ₄ – V ₅	5	3 – 8
V ₅ – V ₆	5	2 – 5
Acima de V ₆	3	2 – 5
R ₁ – R ₂	0 – 3	0 – 7
R ₂ – R ₃	10	5 – 15
R ₃ – R ₄	9	5 – 15
R ₄ – R ₅	9	4 – 26
R ₅ – R ₆	15	11 – 20
R ₆ – R ₇	18	9 – 30
R ₇ – R ₈	9	7 – 18

Fonte: Adaptada de Fehr e Caviness (1977)

Segundo Faria *et al.* (2005), o desenvolvimento dos estádios fenológico da soja envolve diversos processos que são influenciados por variáveis ambientais como a temperatura, a duração do dia (fotoperíodo) e condições hídricas. Desta maneira, os modelos que simulam o desenvolvimento fenológico, assumem que um determinado estágio fenológico ocorre quando o progresso de desenvolvimento durante uma determinada fase atinge o valor crítico requerido para passar para a fase seguinte. O progresso de desenvolvimento é estimado pela integração ou soma da taxa de desenvolvimento durante o tempo considerado. A taxa de progresso (dP/dt) ao longo da fase é calculada pelo produto entre a taxa de desenvolvimento ótimo (D) e fatores modificadores dessa taxa, que são representados em função da temperatura, $f(T)$, fotoperíodo, $g(F)$,

disponibilidade hídrica, $z(H)$, e/ou outros fatores que podem ser definidos, $w(G)$, ou seja:

$$\frac{dP}{dt} = D f(T)g(F) z(H) w(G) \quad 2.1$$

A função $f(T)$ é medida de graus-dia, que também é denominada de unidades térmicas. Nesta função assume-se que existe uma temperatura base ou mínima (T_b), abaixo da qual a planta não se desenvolve, e se o fizer é em escala muito reduzida (Figura 2.2). Pressupõe-se, também, uma relação positiva entre o desenvolvimento vegetal e o aumento da temperatura até um valor ótimo (T_{o1} e T_{o2} ; T_o) em que o desenvolvimento é pleno. A partir da temperatura ótima observa-se uma relação inversa entre o desenvolvimento vegetal e o aumento da temperatura, até um máximo (T_m), a partir da qual não ocorre mais o desenvolvimento da cultura. Atualmente os modelos que utilizam a medida de graus-dia tem excelente ajuste das estimativas dos estádios fenológicos, com erro médio quadrático de 2 a 3 dias, no ciclo total da soja (DAUGHTRY *et al.*, 1984; PIPER *et al.*, 1996; SETIYONO *et al.*, 2007; STRECK *et al.*; 2009).

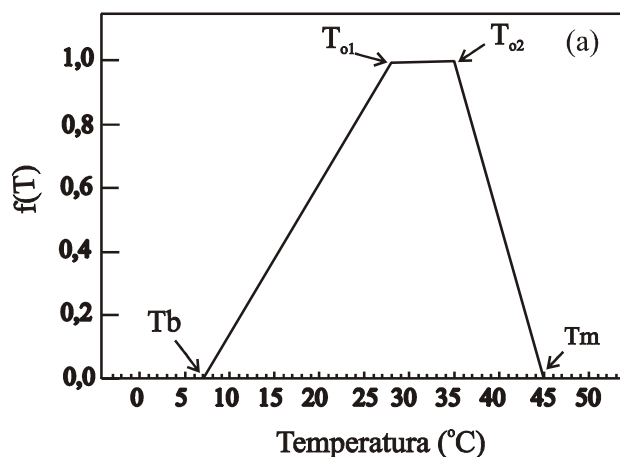


Figura 2.2 – Representação gráfica do efeito da temperatura no desenvolvimento da soja.

Fonte: adaptada de Setiyono *et al.* (2007)

A função $g(F)$ também tem resposta linear (Figura 2.3) e é definida por um fator de sensibilidade ao fotoperíodo da fase (FPSEN), que é calculado pela relação $1/(N_{ins} - N_{min})$, sendo N_{min} o valor de duração do dia em que o desenvolvimento é mínimo e

Nins o valor de duração do dia em que o desenvolvimento passa a ser insensível à duração do dia. Esses valores são também definidos como características genéticas da cultivar (HOOGENBOOM *et al.*, 1999; FARIA *et al.*, 2005).

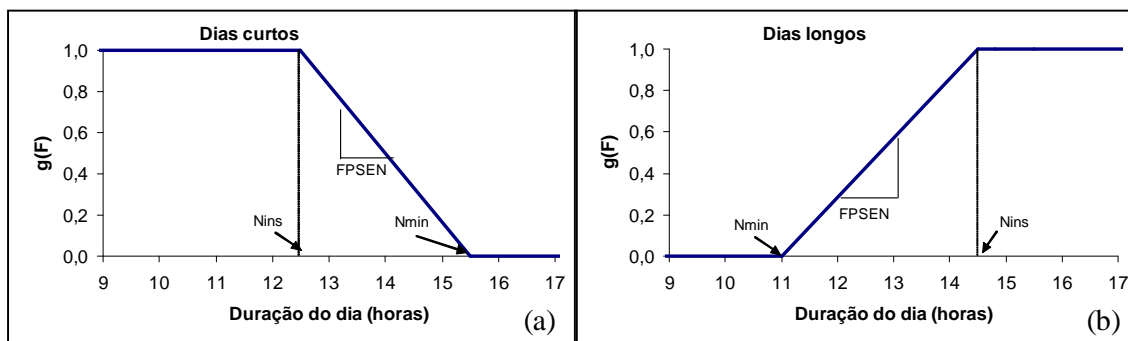


Figura 2.3 – Representação gráfica do efeito da duração do dia no desenvolvimento da soja.

Fonte: adaptada de Faria *et al.* (2005)

A $z(H)$ é dado por um índice de estresse hídrico, definido pela transpiração relativa (Tr/T_{max}), sendo Tr e T_{max} a transpiração real e transpiração máxima do cultivo, respectivamente, obtidas por cálculo de balanço hídrico do perfil do solo vegetado. O desenvolvimento da cultura pode ser inibido se a disponibilidade hídrica estiver abaixo de um valor estabelecido como crítico, como nas fases de semeadura ao início de germinação e a floração, ou pode atrasar ou adiantar a taxa de progresso fenológico, de acordo com o grau de deficiência hídrica. Assim, para simular um atraso de até 20% em condições de estresse severo a função $z(H)$ assume o valor igual 1,2; para adiantar 20% $z(H)$ é igual a 0,8 (HOOGENBOOM *et al.*, 1999; FARIA *et al.*, 2005).

A função $w(G)$ pode representar quaisquer variáveis físicas, fisiológicas ou morfológicas, como, por exemplo, o número de nós no caule. A função $w(G)$ pode também variar gradualmente de zero a 1 para outros fatores, tal como ocorre para os fatores térmico, hídrico e de fotoperíodo, acumulando-se as taxas de progresso até se atingir o valor crítico para o término da fase (HOOGENBOOM *et al.*, 1999; FARIA *et al.*, 2005).

2.3 Estimativa de estádios fenológicos via Sensoriamento remoto

Um dos trabalhos pioneiros no uso de sensoriamento remoto para estimar os ciclos fenológicos da cultura de milho e da soja foi o realizado por Tucker *et al.* (1979). Neste

trabalho os autores empregaram dados coletados por radiometria de campo e analisaram as relações entre a resposta espectral do vermelho e do infravermelho próximo, bem como do índice de vegetação de razão simples, com a fenologia destas culturas, ao longo do seu ciclo de crescimento. Os autores conseguiram distinguir cinco estádios fenológicos da emergência à maturação das culturas e propuseram, ainda, utilizar dados de sensoriamento remoto orbital para monitorar essas duas culturas com o objetivo de auxiliar na previsão de safras destas culturas.

Posteriormente os trabalhos de Badhwar (1980) e de Badhwar e Thompson (1983) relataram a possibilidade de determinar a data de plantio de culturas agrícolas por meio de dados do sensor *Multispectral Scanner System* (MSS) a bordo do satélite Landsat. Henderson e Badhwar (1984) com base nos resultados de Badhwar e Thompson (1983) criaram um modelo para estimar os estádios de desenvolvimento da soja, cuja variável de entrada é o valor de *greenness* (KAUTH e THOMAS, 1976) obtido de imagens MSS. Os resultados desta pesquisa apresentaram bom ajuste com os dados de campo.

Mais tarde, Gallo e Flesch (1989) ao utilizarem composições semanais de Índices de Vegetação (IV) obtidas a partir de imagens do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) identificaram o estágio de grão leitoso na cultura do milho. Os autores sugeriram seu uso quando as informações a respeito do desenvolvimento fenológico da cultura não forem disponíveis. Fischer (1994) desenvolveu um modelo semi-empírico com base na análise de uma série temporal de valores do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), obtidos a partir de imagens do AVHRR, para estimar os estádios fenológicos das culturas agrícolas. O autor concluiu que os pontos de inflexão das curvas (ascendente e descendente) dos valores de NDVI são importantes parâmetros para estimar o desenvolvimento da cultura e, ressaltou ainda que devido à dimensão do pixel, pode haver mais de uma cultura por pixel. Moulin *et al.* (1997) também utilizaram valores de NDVI, oriundos de imagens do AVHRR, para acompanhar a fenologia da vegetação em escala global. Os autores demonstraram que é possível monitorar a fenologia da vegetação por meio destes dados, nesta escala. Nesta mesma linha de pesquisa, Senay e Elliott (2000) analisaram uma série temporal de imagens do AVHRR para descrever a dinâmica da vegetação em Oklahoma e conseguiram discriminar as datas de início de desenvolvimento vegetativo e senescência da vegetação. Jakubauskas *et al.* (2001) utilizaram análise harmônica para analisar uma

série temporal de imagens do AVHRR e concluíram que esta metodologia pode ser utilizada para acompanhar a fenologia de culturas.

Vina *et al.* (2004) relacionaram dados de uma série temporal obtidas por radiometria de campo com a fenologia do milho. Segundo os autores, os estádios fenológicos do milho podem ser obtidos pela primeira derivada da curva da série temporal do NDVI e recomendam que a metodologia por eles desenvolvida seja aplicada em outras culturas e com dados de sensores orbitais como, por exemplo, o Modis, por apresentar resolução temporal e espacial adequada para este tipo de estudo. Sakamoto *et al.* (2005) utilizaram imagens do IV *Enhanced Vegetation Index* (EVI), obtidas das imagens Modis, nas quais aplicaram as técnicas de análise harmônica e de Wavelet para filtrar os dados antes de estimar a fenologia do arroz. Neste trabalho os autores concluem que apesar de não haver diferença significativa, os dados filtrados por Wavelet apresentaram melhores resultados, em comparação aos que foram filtrados pela análise harmônica e mostraram ainda que foi possível estimar os estádios fenológicos do arroz. Posteriormente, Sakamoto *et al.* (2006) utilizaram dados EVI do Modis filtrados por Wavelet para estimar a fenologia, número de cultivos e uso ou não de irrigação na cultura do arroz. Os autores concluíram que foi possível estimar com precisão a distribuição espacial, o número de cultivos por ano e a fenologia de arroz. Mais tarde, Sakamoto *et al.* (2010) utilizaram o IV *Wide Dynamic Range Vegetation Index* (WDRVI), oriundo das imagens Modis, para estimar a fenologia da soja e do milho. Neste estudo, a diferença entre as datas estimadas e observadas, para cada estágio fenológico, foi menor do que 15 dias, para ambas as culturas.

2.4 Sistema de Monitoramento Agroclimático (SMA)

O SMA pode ser classificado como um modelo para a análise da cultura e seu meio de acordo com a classificação proposta por Baier (1979) ou um modelo determinístico, semi-empírico, com passo de cálculo diário, pontual e dinâmico conforme a classificação proposta por Gomes e Varriale, (2001). O SMA é constituído por uma estrutura modular, que inclui uma interface para integrar os modelos de estimativa da produtividade, aplicativos, banco de dados e um módulo de saída dos resultados, que podem ser em forma de gráficos, de tabelas ou de mapas (FARIA *et al.*, 2009). A arquitetura do sistema é apresentada na Figura 2.4.

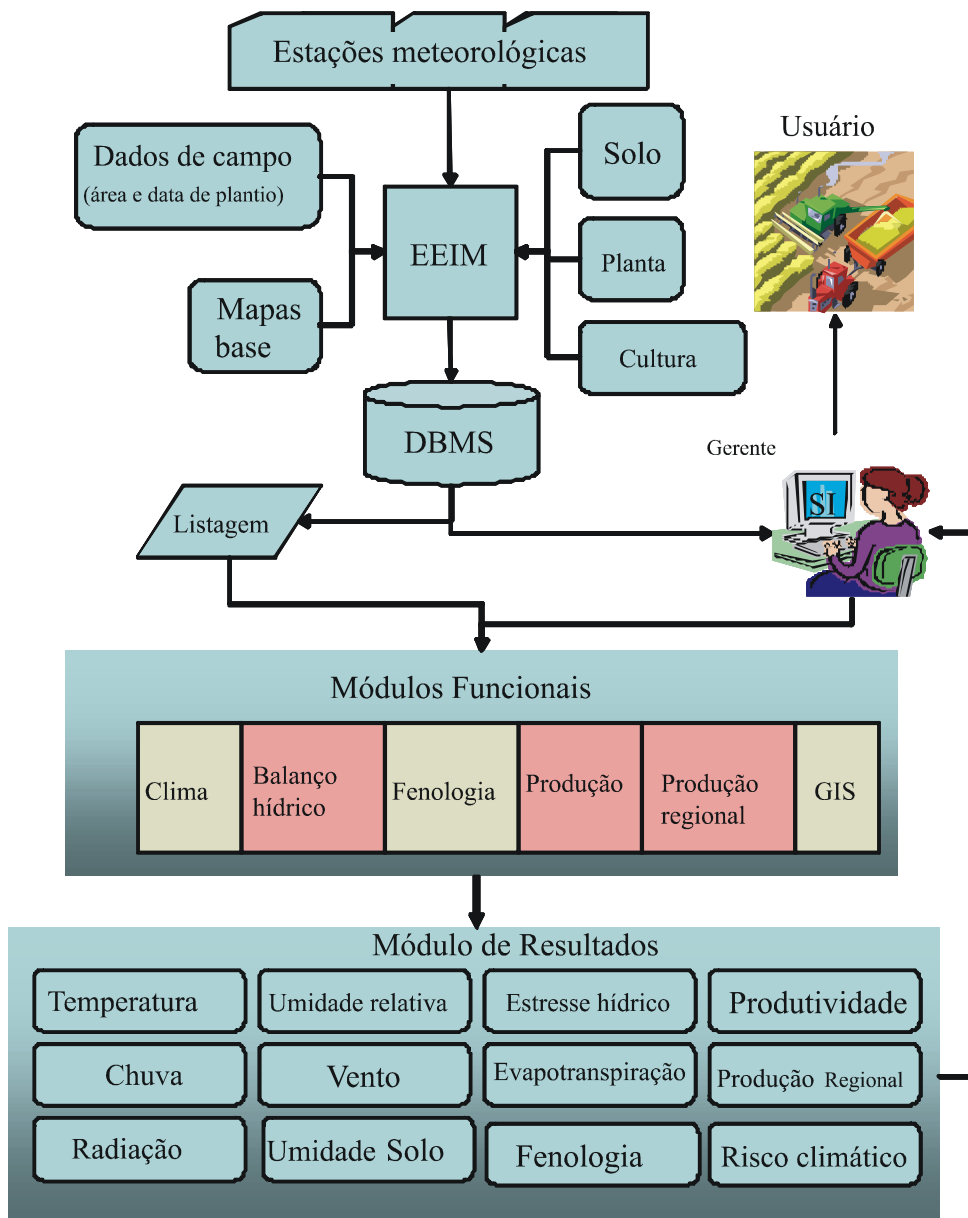


Figura 2.4 – Arquitetura do SMA
 Fonte: Faria *et al.* (2009).

A interface do SMA inclui rotinas para coordenar a execução dos diversos módulos funcionais do sistema. Provê ao especialista um ambiente para cadastrar parâmetros de entrada do modelo, para executar as previsões de produtividade e a configurar o sistema. Para obter as estimativas, por meio deste modelo, é necessário que os seguintes dados meteorológicos sejam incorporados ao banco de dados: precipitação (mm d^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s^{-1}) a 2 m, radiação solar incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) ou horas de insolação (h d^{-1}). Esses dados são incorporados ao sistema por meio do módulo Clima. Neste módulo também são realizadas as correções de falhas (se houver) e o preparo dos dados meteorológicos das

estações. Posteriormente, estes dados são interpolados, por meio do algoritmo de média ponderada pelo inverso do quadrado da distância, para uma grade regular de tamanho variável. Cada centróide desta grade torna-se, então, uma Estação Meteorológica Virtual (EMV) na qual são armazenados os valores dos dados meteorológicos. Após este processo, em cada EMV é realizado o cálculo da evapotranspiração de referência, ou potencial (ET_o ; mm d^{-1}). A ET_o é definida como a perda de água de uma superfície extensa e uniforme, sob vegetação rasteira (grama), em crescimento ativo, cobrindo inteiramente o solo que se encontra sem restrição hídrica, conforme padrão definido pela FAO (ALLEN *et al.*, 1998). As funções que este módulo utiliza para calcular a ET_o são apresentadas por Faria *et al.* (2003).

No módulo Balanço Hídrico são estimados os componentes do balanço hídrico de um solo, “nu” ou vegetado, por meio do modelo Simulação do Balanço de Água no solo (SIMBA), proposto por Faria e Madramootoo (1996). Os dados de entrada para este módulo são: os dados diários de precipitação (mm d^{-1}) e ET_o , provenientes do módulo Clima; os parâmetros de crescimento de culturas e; as características de retenção de água no solo. As características de retenção de água no solo (parâmetros da curva de retenção de água e de condutividade hidráulica do solo) são informadas por camadas de solo. Como saída deste módulo obtêm-se a quantidade de água armazenada no solo e a evapotranspiração real (ETR) (FARIA *et al.*, 2007).

No módulo Fenologia calcula-se o desenvolvimento fenológico da cultura em função das condições ambientais, tais como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica (FARIA *et al.*, 2007). O modelo implementado no SMA para estimar a fenologia da cultura utiliza a função linear apresentada nos trabalhos de Hoogenboom *et al.* (1999); Mavromatis *et al.* (2001) e Setiyono *et al.* (2007) representado na Figura 2.2a. Na simulação do desenvolvimento fenológico, assume-se a ocorrência de um determinado estágio quando o progresso de desenvolvimento durante uma determinada fase atinge o valor crítico requerido para aquela fase (DC_i), conforme o método usado nos modelos do sistema DSSAT (HOOGENBOOM *et al.*, 1999). O progresso de desenvolvimento é estimado pela integração ou soma da taxa de desenvolvimento durante o tempo considerado, de acordo com a equação 2.1.

No módulo Função de Produção são utilizados os resultados dos módulos de Balanço Hídrico e da Fenologia para calcular a produtividade relativa (PR), que corresponde à

penalização dos efeitos dos estresses hídricos e térmicos na produtividade (FARIA e MANDRAMOOTOO, 1997). Como exemplo, para o cálculo da PR da cultura da soja é empregada a equação 2.2 (FARIA *et al.*, 2005).

$$PR = 1 - (0,0575 SDI) \quad 2.2$$

em que o termo SDI representa um índice de estresse hídrico, acumulado diariamente durante o ciclo de cultivo (HILER e CLARK, 1971). O SDI é resultado do somatório do produto entre um coeficiente de sensibilidade da cultura ao estresse hídrico (CS) e o valor calculado do grau de intensidade do estresse hídrico (SD). O coeficiente CS é função da sensibilidade da cultura ao estresse hídrico por estágio fenológico, obtida a partir de experimentos em campo. O SD é dado pela relação $1 - (ETR/ET_0)$, em que ETR e ET_0 são calculadas diariamente pelo sistema. Um exemplo gráfico do resultado destas interações pode ser observado na Figura 2.5.

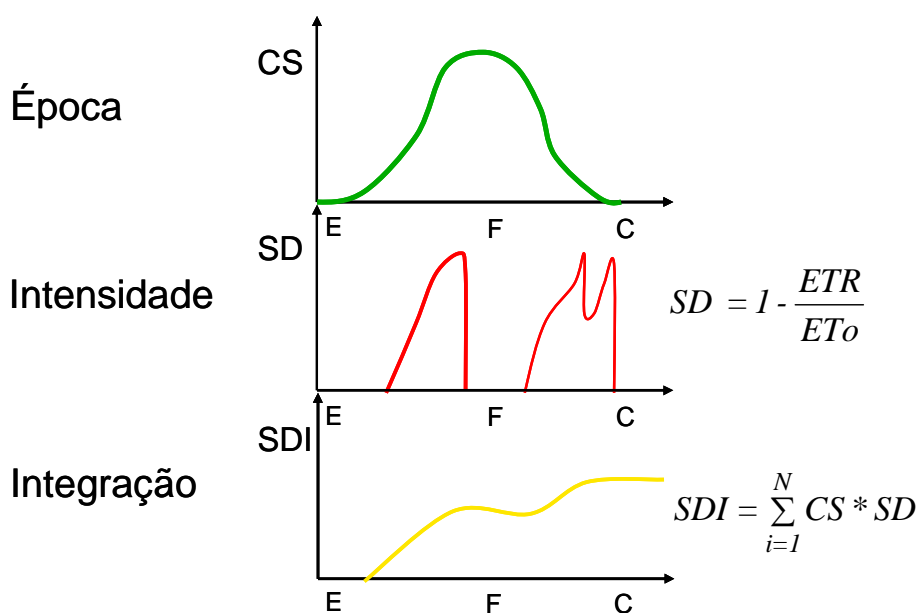


Figura 2.5 – Representação ilustrativa da estimativa do SDI, em que E significa emergência da cultura, F significa o florescimento e C significa a colheita.

O modelo é executado em cada EMV durante todo o ciclo da cultura. Assim, na região de interesse são obtidos os valores de PR de acordo com as diferentes datas de semeadura e diferentes ciclos dos cultivares (precoce, médio ou tardio). O valor médio ponderado de PR (PRp) para cada região político-administrativa (município, região ou

outros) é obtido pela ponderação da PR pela área em cada polígono (FARIA *et al.*, 2007).

No módulo Produção Regional é possível cadastrar e organizar dados históricos e atuais, relativos às safras agrícolas, sobre valores de produtividade máxima esperada (Pmax), área cultivada (A) e evolução da semeadura durante o ano agrícola, em cada região. Esses dados são obtidos por levantamentos a campo, usualmente realizados pelas instituições oficiais encarregadas de fazer a previsão de safras. Neste módulo é calculada a produtividade do cultivo (Ptv) e a produção da cultura (P), por meio das equações 2.3 e 2.4, respectivamente, para cada época de semeadura, por polígono. Este resultado é integrado para a área do projeto e por safra agrícola permitindo calcular a produção por município ou por região (FARIA *et al.*, 2007):

$$Ptv = Pmax * PRp \quad 2.3$$

$$P = A * Ptv \quad 2.4$$

2.5 Sensor Modis

A *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa) mantém um programa de longa duração de observação da superfície terrestre, de oceanos e da atmosfera (*Earth Science Enterprises* - ESE), que tem por objetivo compreender a dinâmica do planeta Terra como um sistema integrado e determinar quais mudanças estão acontecendo e quais as conseqüências disto para a vida no planeta. O ESE tem três principais componentes: i) uma série de satélites de observação da Terra (*Earth Observing System* - EOS); ii) um avançado sistema de processamento de dados; e iii) uma equipe de cientistas para realizar a análise (KAUFMAN *et al.*, 1998; JUSTICE *et al.*, 2002; LATORRE *et al.*, 2003).

No projeto EOS, foram lançados diversos satélites, e dentre eles o Terra (EOS-AM) e o Aqua (EOS-PM). O satélite Terra foi lançado em dezembro de 1999 e começou a coletar dados em fevereiro de 2000, com o horário de passagem no equador às 10h30 da manhã. O satélite Aqua foi lançado em maio de 2002 e começou a coletar dados a partir de julho do mesmo ano, com o horário de passagem no equador às 13h30. Dentre os sensores que estes satélites carregam a bordo encontra-se o sensor Modis, que é um espectro-radiômetro com 36 bandas que operam no espectro de 0,4 a 14,4 µm. A determinação das bandas espectrais do sensor Modis teve como base as bandas dos

sensores AVHRR, Seawifs e TM. A largura das bandas espectrais foi definida para atender requisitos das pesquisas da atmosfera, do oceano e da superfície terrestre, com bandas específicas para correção atmosférica. A resolução espacial, *Ground-projected Instantaneous Field Of View* (GIFOV), ao nadir, é de 250 m (2 Bandas – bandas 1 e 2), 500 m (5 bandas – bandas 3 a 7), 1000 m (29 bandas – bandas 7 a 36). Devido à resolução radiométrica do sensor Modis, os dados são quantizados em 12 bits (4096 níveis digitais - ND) e disponibilizados em 16 bits (65.536 ND). A resolução temporal é de 1 a 2 dias, dependendo da latitude. Estas informações foram obtidas dos trabalhos de Barnes *et al.* (1998); Van Leeuwen *et al.* (1999) e Justice *et al.* (2002).

A fim de garantir a cobertura diária em quase todo o planeta, o sensor Modis possui um campo de visada, *Field of View* (FOV) de 110°. Este FOV representa uma largura nominal da faixa imageada de 2.330 km. Por causa da largura da faixa imageada, do efeito de curvatura da Terra, da rotação da Terra e da velocidade angular de varredura do espelho ocorre o efeito panorâmico e o “bow-tie” (Schott, 1997). No limite da largura da área imageada (*swath*), os pixels tem o seu tamanho aumentado a uma razão de 2 vezes na direção da linha de imageamento (*along-track*) e de 5 vezes na direção da linha de imageamento (*across-track*) (Van Leeuwen *et al.*, 1999). Os trabalhos de Van Leeuwen *et al.* (1999) e de Ju *et al.*, (2010) ressaltam a influência da geometria de visada e iluminação na função de distribuição de refletância bidirecional (FDRB). Uma representação pictórica destes efeitos é apresentada na Figura 2.6.

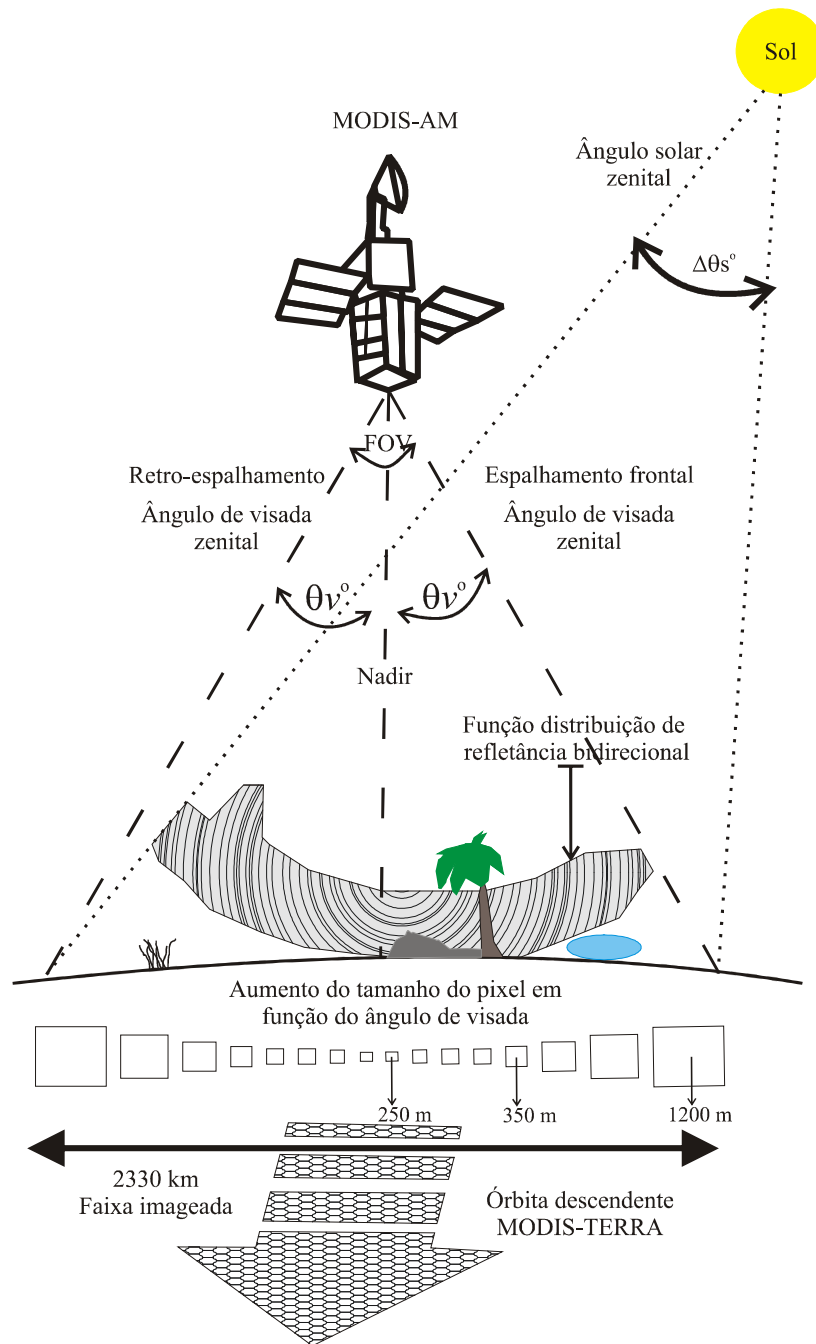


Figura 2.6 – Representação pictórica da aquisição de dados pelo sensor Modis-Terra e alterações da função de distribuição de refletância bidirecional em função da visada e da geometria de iluminação. Alteração das dimensões do pixel Modis, perpendicular à órbita do satélite (*across-track*) e na direção da órbita do satélite (*along-track*), em função dos ângulos de imageamento: 0° (250 x 250 m); 15° (270 x 260 m); 30° (350 x 285 m); 45° (610 x 380 m) e 55° (1200 x 450 m).

Fonte: adaptada de Van Leeuwen *et al.* (1999).

Com respeito à precisão da geolocalização do pixel da imagem obtida pelo Modis, Wolfe *et al.* (2002) informam que alguns progressos têm sido obtidos por meio de ajustes de parâmetros internos do sensor. Com estes ajustes é possível remover erros sistemáticos de medidas de orientação externa. Desta forma obtém-se uma banda hipotética ideal conhecida como banda 0, a partir da qual são realizados os cálculos de geolocalização. Segundo Barnes *et al.* (1998) esta banda é modelada como estando localizada no meio dos quatro planos focais do Modis e é utilizada como uma referência, a partir da qual a posição de qualquer banda é calculada através dos *offsets* apropriados.

Logo após o lançamento do satélite, a precisão de geolocalização de um pixel da imagem obtida pelo sensor Modis era de 1700 m. Com o ajuste inicial dos algoritmos, em maio de 2000, essa precisão passou a ser de 150 m e em dezembro de 2000, passou a ser de 50 m, conforme havia sido planejado (WOLFE *et al.*, 2002). Xiaoxiong *et al.* (2005) apresentam os resultados da caracterização espacial do sensor Modis através da análise dos dados de calibração, registrados pelo *Spectroradiometric Calibration Assembly* (SRCA). Segundo esses autores os resultados demonstram coerência entre os dados observados e os dados especificados no projeto. Os erros máximos de registro entre as bandas com resolução espacial de 250 m são menores do que 20 m, já para as bandas com resolução espacial de 500 m o maior valor é para banda 5, com 56 m de deslocamento. Nesse sentido, a qualidade do georeferenciamento das imagens Modis permite elaborar séries temporais com garantia da geolocalização do pixel (Justice *et al.*, 2002).

Como forma de disponibilizar os dados para os diferentes usuários, além das imagens, foram desenvolvidos produtos específicos para estudos voltados a estudos de calibração radiométrica, da atmosfera, do oceano e da superfície terrestre. Com relação à superfície terrestre, os produtos Modis fornecem base de dados para estudos relativos ao uso e ocupação do solo, além de permitirem monitorar a cobertura vegetal do planeta, possibilitando identificar quais as mudanças da vegetação e suas relações com o clima e tempo (JUSTICE *et al.*, 2002). Como exemplo de produtos Modis disponíveis tem-se: refletância de superfície (MOD09); temperatura de superfície (MOD11); albedo (MCD43), índice de vegetação (MOD13), dentre outros.

Na presente pesquisa foi utilizado o produto MOD09, que se refere às imagens de refletância espectral da superfície, para as bandas 1 a 7, centradas nos seguintes comprimentos de onda: 0,648 μm , 0,858 μm , 0,470 μm , 0,555 μm , 1,240 μm , 1,640 μm e 2,130 μm , respectivamente (Barnes *et al.*, 1998; Justice *et al.*, 2002), mais as bandas de qualidade, de ângulo de visada zenital e do dia do ano (DOY) (Vermote e Vermeulen, 1999; Justice *et al.*, 2002; Roy *et al.*, 2002). A correção atmosférica (Figura 2.7) deste produto é realizada com o modelo *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum Radiative Code* (6S) desenvolvido por Vermote *et al.* (1997). Para isto são utilizadas informações de produtos e bandas específicas, tais como os produtos Máscara de Nuvens (MOD35), Aerossol (MOD04), Perfis Atmosféricos (MOD07) o que faz com que este produto tenha boa correção atmosférica uma vez que os dados de entrada para o 6S são previamente estimados com outros produtos obtidos pelo mesmo sensor (KING *et al.*, 1992; JUSTICE *et al.*, 1998; VERMOTE e VERMEULEN, 1999; JUSTICE *et al.*, 2002).

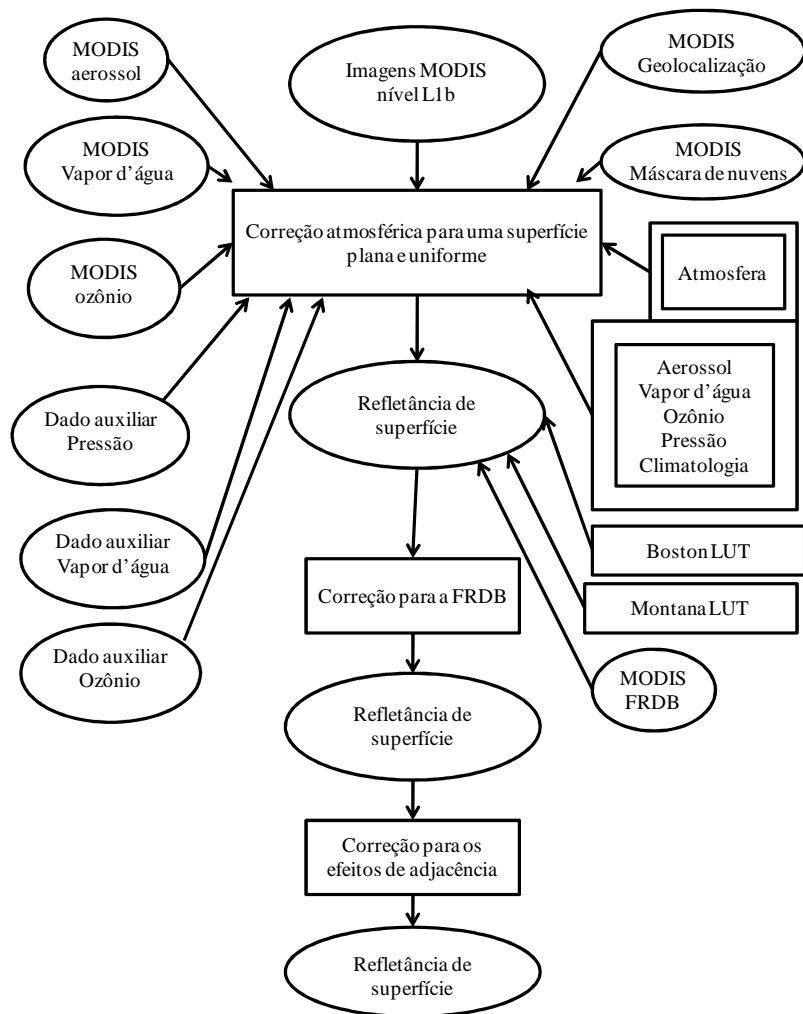


Figura 2.7 – Fluxograma do processo de correção atmosférica aplicado ao produto MOD09.

Fonte: adaptada de Vermote e Vermeulen (1999)

Os produtos de composição de 8 dias, MOD09A1 e MOD09Q1, são formadas por pixels selecionados previamente em imagens diárias (MOD09GHK), das melhores observações durante do período. Para a seleção dos pixels são levados em conta os parâmetros obtidos nos produtos MOD35 e MOD04 procurando selecionar os pixels livres de nuvens e com menor ângulo de visada (qualidade geométrica). Estas informações são obtidas a partir do QA das imagens MOD09GHK (VERMOTE e VERMEULEN, 1999).

Os produtos Modis são disponibilizados em forma de *tiles* ou quadrantes (Figura 2.8) que tomam como base uma grade de projeção sinusoidal com uma área de 10° de latitude por 10° de longitude (aproximadamente 1200 km por 1200 km na linha do Equador).

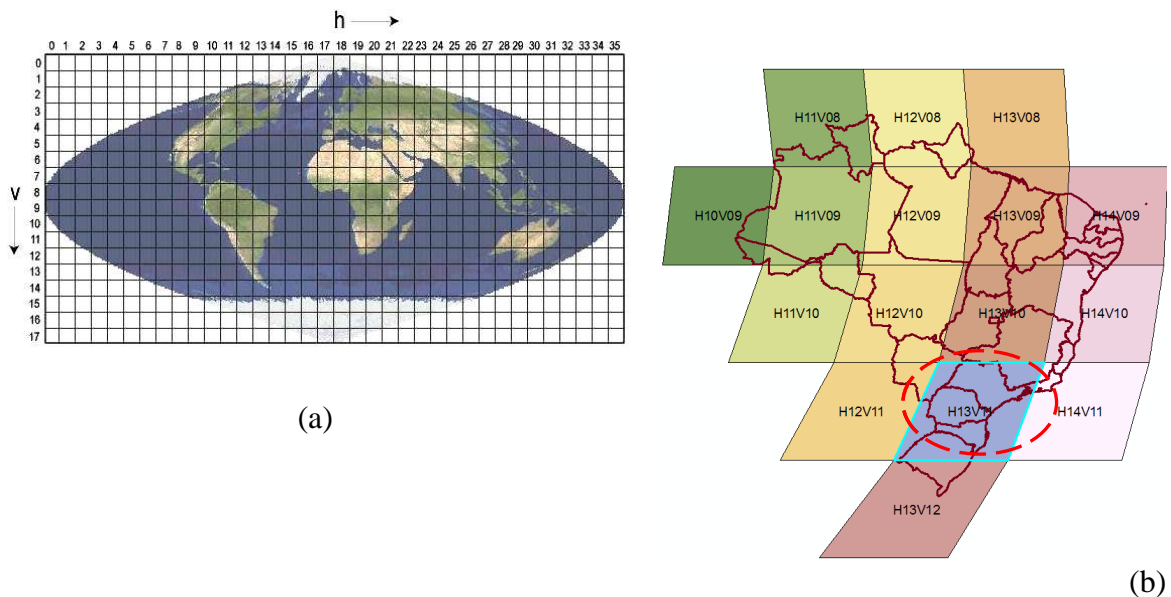


Figura 2.8 – (a) Distribuição dos Tiles Modis (18 x 36) em projeção sinusoidal. (b) Tiles Modis referentes ao território brasileiro e em destaque o tile H13V11 no qual está localizada a área de estudo.

Fonte: Adaptada de Nasa (2010).

2.6 Índices de vegetação (IV)

Uma das maneiras para reduzir a dimensionalidade dos dados e realçar a resposta espectral da vegetação com relação à do solo é por meio dos IV. Os IV foram idealizados a partir da característica da resposta espectral da vegetação verde. Combinam a baixa refletância nos comprimentos de onda do visível com a alta refletância nos comprimentos de onda do infravermelho próximo do espectro eletromagnético. O objetivo desta combinação foi de estabelecer uma relação entre a resposta espectral e variáveis biofísicas da vegetação (DAUGHTRY *et al.*, 2000; DORIGO *et al.*, 2007).

Segundo Jackson e Huete (1991), um IV ideal deve ser capaz de responder a pequenas variações no desenvolvimento fenológico da vegetação e não pode ser muito influenciado por variações de tipo de solo, do ângulo de visada do sensor, do ângulo solar e das condições atmosféricas. Dorigo *et al.* (2007) apontam uma série de variáveis biofísicas passíveis de serem estimadas por meio de IV, tais como o índice de área foliar, evapotranspiração, dentre outras. Entretanto, o uso de IV deve ser visto com certo cuidado, pois foram desenvolvidos para atender a necessidades particulares e sob

condições específicas. Desta forma, os resultados dos IV podem ser diferentes, quando aplicados em condições diferentes. Por exemplo, Baret e Guyot (1991) ressaltam o problema de usar IV para estimar IAF maior do que três, pois a relação é exponencial e ocorre a saturação dos valores de IV. Maas (2000) observa que a cor e a textura do solo, o espaçamento, a orientação do plantio, a latitude, a data e hora da observação podem influenciar os resultados da interpretação dos IV. Além disto, segundo Walter-Shea *et al.* (1997) e Van Leeuwen *et al.* (1999) a geometria de visada e de iluminação alteram significativamente a resposta espectral de culturas agrícolas, bem como as relações entre os IV e os parâmetros biofísicos.

Segundo Moreira e Shimabukuro (2004) existem mais de 50 IV e dentre os quais o NDVI é mais comumente utilizado. Para Huete *et al.* (2002), o NDVI vem sendo utilizado em muitos estudos e em aplicações de várias áreas, tais como: agricultura, floresta, saúde, epidemiologia, monitoramento das condições ambientais e desmatamento.

2.7 Análise de séries temporais

Uma série temporal pode ser entendida como um conjunto de observações ordenadas no tempo. Um exemplo disto é a série temporal de temperatura do ar de um determinado local (latitude e longitude). Em qualquer instante (t), pode ser obtida uma medida. Com isto, pode-se dizer que uma série temporal é multivariada, pois tem que ser localizada no tempo e no espaço (MORETTIN e TOLOI, 2004).

A análise de séries temporais consiste em modelar a autocorrelação entre as observações. Para modelar esta dependência pode-se adotar dois enfoques, um no domínio do tempo, por meio de modelos paramétricos tais como o *Autoregressive Integrated Moving Average* (Arima), e outro no domínio da frequência, por meio de modelos não paramétrico tais como a transformada de Fourier (MORETTIN, 1999).

Segundo Morettin e Toloi (2004) os principais objetivos para analisar uma série temporal são: i) investigar o mecanismo gerador da série temporal; ii) fazer previsões dos valores futuros da série; iii) descrever o comportamento da série, tais como sazonalidade e tendência; e iv) procurar periodicidades relevantes nestes dados.

A análise de séries temporais de imagens de satélites possibilita acompanhar o ciclo de culturas agrícolas, ou até mesmo monitorar a cultura em um dado período de tempo. Neste contexto, diversos estudos utilizaram perfis temporais obtidos de séries de imagens dos sensores AVHRR (BRADLEY *et al.*, 2007; HERMANCE *et al.*, 2007; LE *et al.*, 2008; WALL *et al.*, 2008), *Vegetation* (BOSCHETTI *et al.*, 2004; LASAPONARA, 2006; EL HAJJ *et al.*, 2009; KHAN *et al.*, 2010) e Modis (FREITAS e SHIMABUKURO, 2008; GALFORD *et al.*, 2008; SAKAMOTO *et al.*, 2010; VERBESSELT *et al.*, 2010), dentre outros, para acompanhar as iterações fenológicas ou para detectar mudança do uso e da cobertura do solo. Segundo estes autores, alterações nos valores de IV, por exemplo, podem indicar mudanças sazonais da vegetação (estrutural e fisiológica), o que permite estimar, por exemplo, início de dormência, duração do ciclo vegetativo, clímax, dentre outras. Já as mudanças abruptas nestes valores podem ter relação à alteração de uso e cobertura do solo.

Entretanto, em uma série temporal oriunda das imagens de satélite podem estar sujeitas a interferência de diversos fatores relacionados com a presença de nuvens, falhas do detector, geometria de visada, dentre outros (HOLBEN, 1986; GUTMAN, 1991; TEILLET *et al.*, 1997; SIMPSON e STITT, 1998; JÖNSSON e EKLUNDH, 2002; HIRD e MCDERMID, 2009), que nesta tese são denominados de ruídos. Para minimizar os efeitos destes ruídos foram testados diversos filtros. Neste sentido, Hird e Mcdermid (2009) testaram seis filtros e concluíram que quatro filtros produziram bons resultados: a) 4253H twice (VELLEMAN, 1977; 1980); b) savitzky–Golay (SAVITZKY e GOLAY, 1964); c) função duplo-logística (BECK *et al.*, 2006) e; d) gaussiano assimétrico (JÖNSSON e EKLUNDH, 2002).

Além destes quatro filtros selecionados por Hird e Mcdermid (2009), nesta pesquisa foram testados outros dois filtros: a) Hants, que utiliza a Transformada de Fourier (ROERINK *et al.*, 2000) e b) Wavelets (MORLET, *et al.*, 1982a; 1982b).

2.7.1 4253H twice

Este filtro é uma adequação dos filtros de mediana proposto por Velleman (1977; 1980). A parte numérica do nome do filtro representa a largura da janela temporal utilizada para o cálculo da mediana. Por exemplo, inicialmente o filtro considera uma janela de quatro por quatro datas. A partir das quatro primeiras datas é calculado um valor da

primeira de mediana (y_1). Na seqüência a janela é deslocada uma data no tempo e, é composta pelos dados das três últimas datas da janela anterior mais a data seguinte e assim sucessivamente até a última data da série temporal do período considerado. Na segunda, terceira e quarta rodada do filtro as janelas tem tamanho de 2, 5 e 3 datas, respectivamente.

O termo “H” refere-se à função de Hann e o twice é devido à função ser aplicada tanto nos dados quanto nos resíduos.

A função de Hann ou Hanning representa uma função simétrica utilizada para filtrar os dados, cujo maior peso é dado ao elemento central da janela. Para calcular os coeficientes da função de Hann, deve-se resolver a equação 2.5:

$$w(n) = 0.5 \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{n}{N} \right) \right), \quad 0 \leq n \leq N \quad 2.5$$

em que N representa o número total de pontos, n o ponto que será calculado, e w o valor do coeficiente calculado para o ponto n .

Inicialmente, o filtro de medianas, com as janelas (v) de tamanho 4, 2, 5 e 3, é aplicado à série temporal (x_T). Para o caso de v ser um número ímpar a função utilizada é a seguinte:

$$y_t = med[x_{t-u}, \dots, x_t, \dots, x_{t+u}], \quad 0 \leq t \leq T \quad 2.6$$

em que $v=2u+1$ e y_t referem-se ao valor de mediana para o ponto na posição t

quando v for um número par, a função é a que segue:

$$y_{t+\frac{1}{2}} = med[x_{t-u+1}, \dots, x_t, \dots, x_{t+u-1}], \quad 0 \leq t \leq T \quad 2.7$$

Neste caso, $v=2u$ e $y_{t+\frac{1}{2}}$ refere-se ao valor médio determinado a partir das duas posições centrais da janela.

Na série filtrada resultante é aplicada a função de Hann com uma janela de tamanho 3, utilizando a equação 2.8:

$$z_t = \frac{1}{4}y_{t-1} + \frac{1}{2}y_t + \frac{1}{4}y_{t+1}, \quad 0 \leq t \leq T \quad 2.8$$

Após esta nova filtragem é calculado o resíduo entre os dados originais e os dados filtrados (equação 2.9).

$$r_t = z_t - x_t \quad 2.9$$

A mesma seqüência de filtros é aplicada aos resíduos (r_t). O resultado da filtragem dos resíduos é somado aos dados filtrados (VELLEMAN, 1977; 1980; GEBSKI e MCNEIL, 1984; SARGENT e BEDFORD, 2010).

2.7.2 Savitzky–Golay

O filtro de Savitzky–Golay (SAVITZKY e GOLAY, 1964) é um clássico entre os filtros de suavização de sinais analíticos. Para aplicar este filtro, os seguintes passos devem ser realizados: i) definir a largura da janela temporal; ii) remover o ponto central do intervalo abrangido pela janela; iii) ajustar, pelo método dos mínimos quadrados, um polinômio de grau variável aos dados restantes; iv) utilizar o polinômio para estimar o valor do ponto removido e substituir este valor; v) deslocar a janela para o próximo ponto e repetir o processo anterior (CERQUEIRA *et al.*, 2000). A equação geral deste filtro é apresentada abaixo:

$$y_t = \frac{\sum_{i=-u}^{i=u} c_i x_{i+t}}{v} \quad 2.10$$

em que y_t representa o ponto filtrado e c_i são os coeficientes do filtro de Savitzky–Golay que podem ser obtidos no trabalho de Steinier *et al.* (1972) ou calculados pelas equações apresentadas por Madden (1978).

2.7.3 Duplo-logística

Este filtro foi proposto por Beck *et al.* (2006) para modelar o comportamento temporal do NDVI em áreas de alta latitude (tundra e taiga). Posteriormente, Julien e Sobrino (2009; 2010) utilizaram este filtro nos dados de NDVI para estimar os parâmetros fenológicos da vegetação de todo o globo terrestre. Para utilizar este filtro é necessário definir 6 parâmetros: i) valor mínimo do IV (wIV); ii) valor máximo do IV (mIV); iii) ponto de inflexão da curva, um quando ela aumenta (S); iv) ponto de inflexão da curva, um quando ela começa a decair (A); v) a taxa de incremento em S (ΔS) e vi) a taxa de decréscimo em A (ΔA). A equação do filtro é a que segue:

$$IV^* = wIV + (mIV - wIV) \left(\frac{1}{1 + \exp(-\Delta S(t-S))} + \frac{1}{1 + \exp(\Delta A(t-A))} - 1 \right) \quad 2.11$$

Julien e Sobrino (2010) recomendam que para os biomas com baixa variação de amplitude de IV ao longo do ano (menor que 0,1 unidade de IV), mIV e wIV pode ser fixado para o valor médio de NDVI ao longo do ano considerado.

2.7.4 Gaussiano assimétrico

Jönsson e Eklundh (2002) propõem o filtro Gaussiano assimétrico para extrair parâmetros fenológicos da vegetação diretamente da série temporal de NDVI. Neste filtro inicialmente é necessário estimar os parâmetros para ajuste da função local. A forma geral da função local é expressa pela equação 2.12 (JÖNSSON e EKLUNDH, 2002; 2004):

$$f(t) \equiv f(t; c_1, c_2, a_1, \dots, a_5) = c_1 + c_2 g(t; a_1, \dots, a_5) \quad 2.12$$

em que os parâmetros lineares c_1 e c_2 determinam a base e a amplitude, respectivamente. Neste filtro, o parâmetro a_1 determina a posição no tempo (t) dos valores de mínimo e de máximo. Já os parâmetros a_2 e a_3 determinam a largura e a curtose da função na metade direita da curva e a_4 e a_5 determinam a largura e a curtose na metade esquerda da curva. A fim de garantir formas suaves, consistente com o que em geral é observado nos dados temporais de IV, os parâmetros a_2, \dots, a_5 são limitados

em alcance. Por exemplo, a_3 e a_5 são maiores do que dois a fim de evitar um limite correspondente ao ponto t igual a_1 da função de Gauss. E o parâmetro g é definido pela equação 2.13:

$$g(t; a_1, \dots, a_5) = \begin{cases} \exp \left[- \left(\frac{t - a_1}{a_2} \right)^{a_3} \right], & \text{se } t > a_1 \\ \exp \left[- \left(\frac{a_1 - t}{a_4} \right)^{a_5} \right], & \text{se } t < a_1 \end{cases} \quad 2.13$$

A função local é apropriada para descrever o comportamento temporal entorno dos valores de mínimo e máximo. Desta forma, obtendo-se um conjunto de dados próximos a estes pontos ($t_i, X_i; i=n_1, \dots, n_2$), obtém-se estes parâmetros ao minimizar a função de mérito (equação 2.14):

$$\chi^2 = \sum_{i=n_1}^{n_2} \left[\frac{f(t; c_1, c_2, a_1, \dots, a_5) - X_i}{\sigma_i} \right]^2 \quad 2.14$$

em que χ^2 representa a distribuição qui-quadrado; σ_i representa a incerteza no ponto i que, se não for conhecida, assume-se como 1.

Entretanto, o ajuste dessa função não é muito bom nas bordas da curva. Desta forma deve-se ajustar estes parâmetros globalmente por meio da equação 2.15:

$$F(t) = \begin{cases} \alpha(t)fl(t) + [1 - \alpha(t)]fc(t), & \text{se } t_L < t < t_c \\ \beta(t)fc(t) + [1 - \beta(t)]fr(t), & \text{se } t_c < t < t_r \end{cases} \quad 2.15$$

em que $fl(t)$, $fc(t)$ e $fr(t)$ são os valores mínimos à esquerda, máximo central e mínimo à direita, respectivamente, obtidos a partir da função local. O parâmetro t_L , t_c e t_r representam os pontos de mínimo inicial a esquerda, máximo central e mínimo final a direita, definidos pela função global. Os parâmetros $\alpha(t)$ e $\beta(t)$ são funções de corte que em pequenos intervalos em torno de $(t_L+t_c)/2$ e $(t_c+t_r)/2$, respectivamente, e suavizam a função. Desta forma, esta função é flexível para seguir o comportamento complexo de uma série temporal de IV (JÖNSSON e EKLUNDH, 2002; 2004).

2.7.5 Séries de Fourier

As séries de Fourier ou Análise harmônica receberam este nome em homenagem a Jean-Baptiste Joseph Fourier, matemático e físico francês que iniciou a investigação sobre a decomposição de funções periódicas em séries trigonométricas convergentes chamadas séries de Fourier e a sua aplicação aos problemas da condução do calor. Atualmente esta técnica é aplicada as mais diversas áreas do conhecimento (MORETTIN, 1999; ROERINK *et al.*, 2000; MORETTIN e TOLOI, 2004).

As séries de Fourier permitem representar uma função complexa por uma somatória de ondas (termos) senoidais e cossenoidais, em que cada onda é definida por um valor único de amplitude e de fase. A amplitude corresponde à metade do valor em que a função é maximizada e a fase (ou ângulo de fase) é o deslocamento entre a origem e o pico da onda no intervalo de 0 até 2π , como pode ser visualizado na Figura 2.9a. Cada termo designa o número de ciclos completados por uma onda num determinado intervalo: o primeiro harmônico ou harmônico fundamental tem um período T igual ao período total em estudo; o segundo harmônico tem um período igual à metade do período do primeiro harmônico $T/2$, o terceiro harmônico $T/3$ e assim sucessivamente (na Figura 2.9b). A somatória dos termos produz uma curva complexa (na Figura 2.9c), em que cada componente (termo) representa um percentual do total da variância da série original (MORETTIN, 1999; JAKUBAUSKAS *et al.*, 2001; 2002; MORETTIN e TOLOI, 2004).

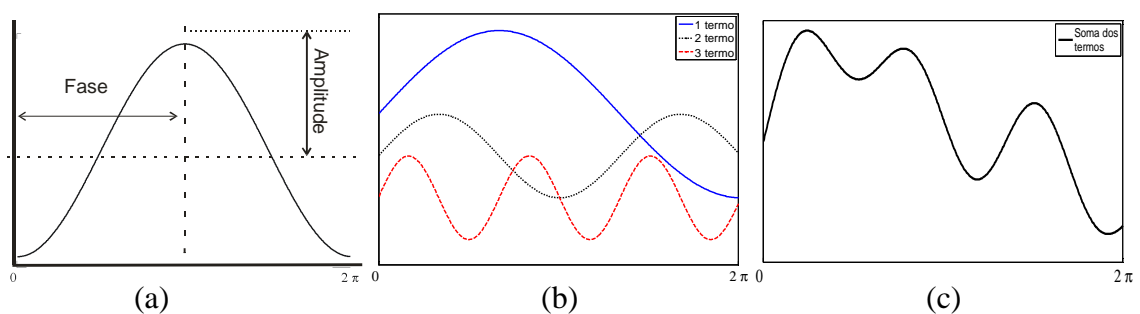


Figura 2.9 - Curva de cosseno representando o primeiro harmônico (a); curvas para os primeiros três harmônicos (b); curva resultante da somatória dos três harmônicos (c).

Uma série temporal de N amostras equidistantes, de uma variável y , pode ser representada por uma função harmônica. Esta função pode ser utilizada então para a estimativa de valores ao longo do tempo, permitindo a reconstrução da curva (WILKS,

1995; MORETTIN, 1999; JAKUBAUSKAS *et al.*, 2001; 2002; MORETTIN e TOLOI, 2004; DILMAGHANI *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2008). Neste caso, um valor da variável y , em uma data i pode ser estimado por meio da equação 2.16:

$$y_i = \bar{y} + \sum_{j=1}^{N/2} C_j \cos(\omega_j t - \phi_j) \quad 2.16$$

em que \bar{y} representa a média dos valores da série de dados, C_j a amplitude, ω_j a frequência, ϕ_j o ângulo de fase e t o tempo.

É possível escrever a equação anterior utilizando a função seno. No entanto, a função cosseno é geralmente utilizada, pois o ângulo de fase pode ser facilmente determinado como correspondendo ao tempo (t) no qual a função harmônica é maximizada (equação 2.17):

$$t = \frac{\phi_j N}{2\pi} \quad 2.17$$

A amplitude (C_j) é estimada por meio da equação 2.18:

$$C_j = \sqrt{A_j^2 + B_j^2} \quad 2.18$$

em que A_j e B_j são as componentes de cosseno e seno do vetor amplitude e são obtidas pelas equações 2.19 e 2.20, respectivamente:

$$A_j = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N y_t \cos\left(\frac{2\pi t}{N}\right) \quad 2.19$$

$$B_j = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N y_t \text{sen}\left(\frac{2\pi t}{N}\right) \quad 2.20$$

O ângulo de fase (ϕ_j) é definido por meio da equação 2.21:

$$\phi_j = \begin{cases} \tan^{-1} \frac{B_j}{A_j} \varphi, & \text{se } A_j > 0 \\ \tan^{-1} \frac{B_j}{A_j} \varphi \pm \pi, & \text{se } A_j < 0 \\ \frac{\pi}{2}, & \text{se } A_j = 0 \end{cases} \quad 2.21$$

Roerink *et al.* (2000) propõem o algoritmo *Harmonic Analysis of Time Series* (Hants) que tem por base as séries de Fourier. Em contraste com o padrão *Fast Fourier Transform* (FFT), o algoritmo Hants trabalha de forma iterativa. O algoritmo inicia com uma série temporal de dados IV. Os valores deste IV são utilizados como entrada na FFT e harmônicos relevantes. Normalmente os harmônicos que representam a média anual e a média semestral da série temporal são selecionados para recompor a série. Estes harmônicos podem ser selecionados a partir do espectro de Fourier, que é um gráfico que apresenta o número de ocorrência de cada frequência. Aplica-se a FFT inversa (IFFT) para obter os dados filtrados. Em seguida, é feita uma comparação à série original e filtrada, calculando-se a diferença entre a série filtrada e a original. Quaisquer pontos no tempo do IV original da série que estão abaixo do limiar definido pelo usuário são considerados ruídos e são substituídos com o valor do IV filtrado. No entanto, ao substituir os valores pode ocorrer a mudança na média de toda a série. Assim, é necessária uma próxima iteração, repetindo o processo até que não haja mais elementos fora do limiar estabelecido (Figura 2.10) (DILMAGHANI *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2008).

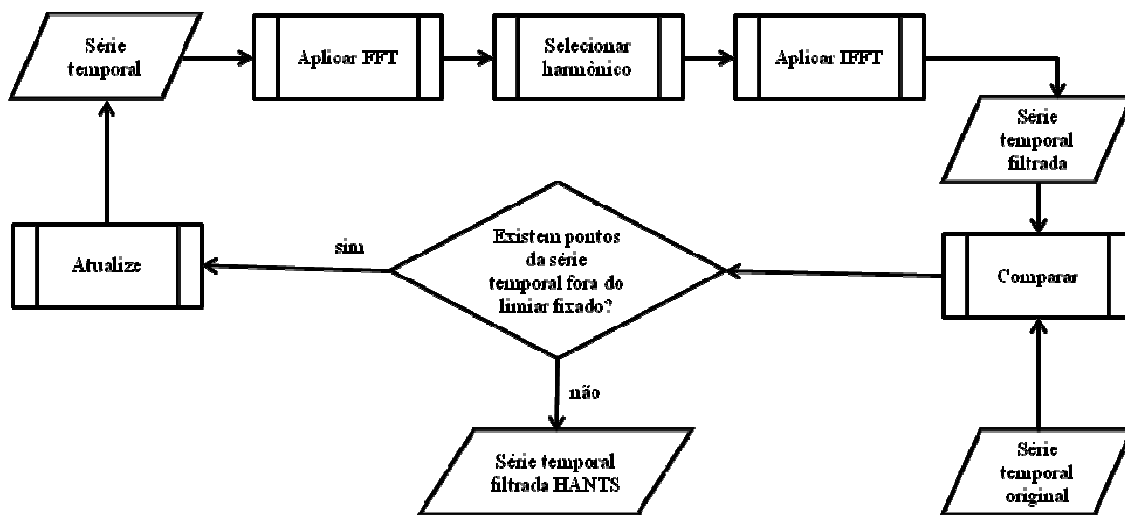


Figura 2.10 - Fluxograma representando o processo de filtragem utilizando o algoritmo Hants.

2.7.6 Wavelets

As Wavelet são definidas como ondas pequenas (ondeletes, em francês) com determinadas propriedades que as tornam adequadas a servirem de base para decomposição de outras funções (MORLET *et al.*, 1982a; 1982b). Através da decomposição de uma série temporal por Wavelet, por exemplo, é possível determinar os modos dominantes de variabilidade e de que forma estes modos se comportam no tempo (Meyer, 1992). O que as diferencia da transformada de Fourier é que a transformada Wavelet além da frequência, também considera a escala. Os algoritmos Wavelet processam dados em diferentes escalas e resoluções, permitindo que seja analisado tanto o geral quanto o específico (MORETTIN, 1999).

As funções Wavelet contínuas são comumente utilizadas para visualizar e analisar um sinal, enquanto que as Wavelet discretas são utilizadas para decompor e filtrar qualquer série temporal. A sua aplicabilidade neste aspecto advém do fato de que estas funções não provocam redundâncias de coeficientes entre escalas (Morettin, 1999). A transformada de Wavelet decompõe uma função definida no domínio do tempo em outra função, definida no domínio do tempo e no domínio da frequência e é definida pela equação 2.22:

$$w(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \quad 2.22$$

em que a e b são os parâmetros de escala ou dilatação e de translação, respectivamente, da Wavelet mãe (ψ). O símbolo * indica o conjugado complexo.

Um passo crítico na análise de Wavelet é a escolha arbitrária da função ψ . Segundo Farge (1992) esse problema é verificado na escolha arbitrária de outras transformadas tais como, Fourier, Marr (chapéu mexicano), Bessel, Legendre, etc. A escolha da ψ ainda constitui questão aberta na análise do sinal e está relacionada com o problema que se deseja estudar.

Para que uma função seja considerada como ψ ela tem que satisfazer as condições de admissibilidade (função integrável com média zero), de similaridade (ser a mesma função em qualquer escala), de inversão (permitir recuperar a série temporal a partir dos dados filtrados) e regularidade (as Wavelet devem ter domínio espacial finito e espaçado regularmente). A Figura 2.11 apresenta a forma gráfica da ψ de Daubechies 6 (DB6).

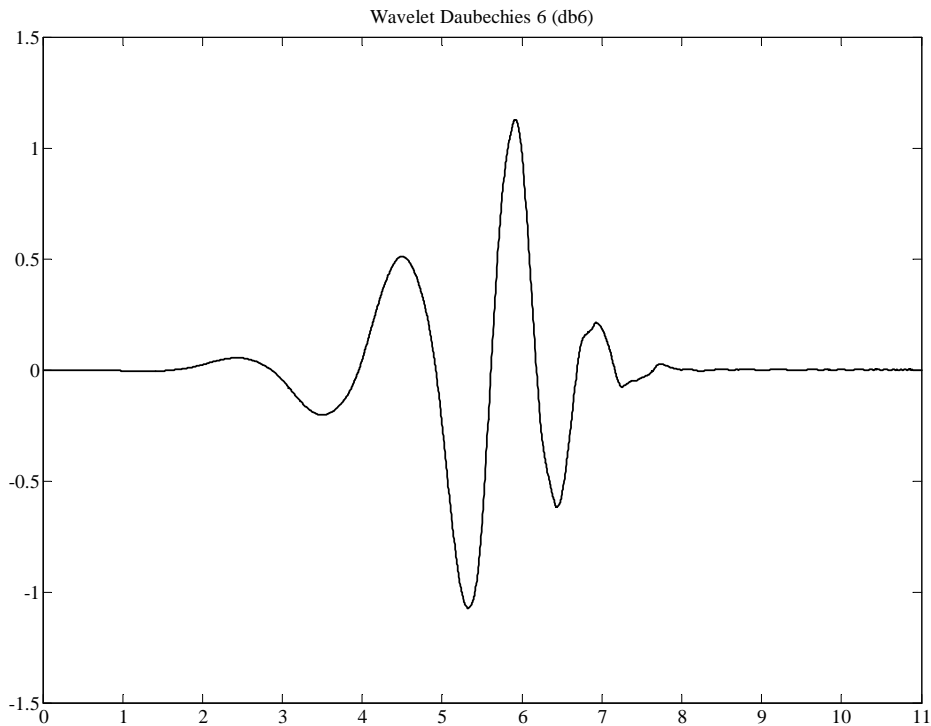


Figura 2.11 – Representação gráfica da Wavelet mãe (ψ) de DB6.

Assim, desde que sejam conhecidas as características gerais do sinal a ser investigado, a opção pela ψ deverá ser efetuada de tal forma que esta possua atributos similares aos do sinal tais como assimetria ou não, variação brusca ou suave no tempo.

2.8 Teste de modelos

Uma etapa importante ao formular um modelo é a sua validação. Esta etapa consiste em aplicar testes estatísticos para verificar a exatidão e a precisão do modelo. Dentre todos os testes, a análise de regressão é uma ferramenta que fornece indicativos a respeito do comportamento do modelo, tais como: o coeficiente de correlação de Pearson (r), o coeficiente de determinação (r^2); o erro médio quadrático (EMQ) e o comportamento dos resíduos (NETER *et al.*, 1996).

O r mede o grau de correlação linear entre duas variáveis e indica se as variáveis têm relação positiva ou negativa. A relação positiva significa que quando há incremento nos valores de uma variável, o mesmo também ocorre com o da outra variável. No caso da correlação ser negativa, significa que quando o valor de uma variável aumenta o da outra variável diminui. O r^2 indica o quanto da variância da variável dependente foi explicado pela variável independente. Estes dois coeficientes são adimensionais. O

EMQ indica o desvio padrão em torno da reta de regressão. A unidade do EMQ é igual à unidade da variável dependente. O comportamento dos resíduos indica se há necessidade de inclusão de alguma outra variável no modelo, se a reta é a melhor função ou se há outra função que pode ajustar melhor o comportamento dos dados e se há dependência temporal e/ou espacial (NETER *et al.*, 1996).

Para o caso de testes de modelos, sempre será utilizado um modelo de regressão linear simples, visto que é comparado o valor predito (variável dependente) pelo modelo (P) com o observado (variável independente) (O), conforme expressa a equação 2.23 (NETER *et al.*, 1996):

$$P = a + bO \quad 2.23$$

em que a representa o intercepto e b o coeficiente angular.

O que se deseja nesta função de regressão é que a tenha probabilidade de ser igual a zero, pois desta forma a função passa pela origem e que o b tenha probabilidade de ser igual a um, pois desta forma o valor estimado é igual ao valor encontrado no campo.

Associado à análise de regressão, Willmott *et al.* (1985) desenvolveram um teste para avaliar o ajuste do modelo com relação aos dados de campo, ou seja, medir o erro médio absoluto (EMA), medir o EMQ e decompor o EMQ em erro médio quadrático sistemático (EMQ_S) e erro médio quadrático aleatório (EMQ_A). Para isso os autores consideram que o vetor d é a diferença entre o j -ésimo valor predito (p) menos o j -ésimo valor observado (o), conforme equação 2.24:

$$d_j = p_i - o_i \quad 2.24$$

O erro médio pode ser descrito pela equação 2.25:

$$E^{\frac{1}{\gamma}} = \left[\frac{\left(\sum_{j=1}^N \omega_j |d_j|^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}}{\sum_{j=1}^N \omega_j} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad 0 < \gamma \quad 2.25$$

em que N representa o número total de elementos; ω é um escalar, quando ω representa uma amostragem no espaço ou no tempo o seu valor é igual a distância entre os elementos, em outros casos, ω assume o valor um. As estimativas de EMA e EMQ são dadas pela equação 2.26 e 2.27, respectivamente:

$$E^{\frac{1}{\gamma}} = EMA, \quad \text{se } \gamma = 1 \quad 2.26$$

$$E^{\frac{1}{\gamma}} = EMQ, \quad \text{se } \gamma = 2 \quad 2.27$$

Recentemente, Willmott e Matsuura, (2005) e Willmott *et al.* (2009) compararam estas duas medidas de erro, e concluíram que a métrica EMA é preferível, porque EMQ é sensível não apenas ao tamanho de erro, mas também à variabilidade do erro e ao número de pontos de dados. Então, recomendam o uso do EMA como uma medida mais natural da dispersão dos resíduos.

O índice de ajuste (WILLMOTT *et al.*, 1985) pode ser definido pela equação 2.28:

$$d_\gamma = 1 - \left[\frac{(\sum_{j=1}^N \omega_j |d_j|^\gamma)}{\sum_{j=1}^N \omega_j (|p_j - \bar{o}| + |o_j - \bar{o}|)^\gamma} \right], \quad 0 < \gamma \quad 2.28$$

em que \bar{o} representa a média ponderada dos valores observados, obtido por meio da equação 2.29:

$$\bar{o} = \frac{\sum_{j=1}^N \omega_j o_j}{\sum_{j=1}^N \omega_j} \quad 2.29$$

Willmott *et al.* (1985) informam que os valores de γ iguais a um ou dois são mais apropriados. Quando γ for igual a um, este valor irá se assemelhar à média e quando γ for igual a dois, assemelha-se à variância. O domínio desta função está entre zero e um. Valores próximos de zero indicam pouco ajuste entre os dados estimados e os dados observados. Por outro lado, valores próximos a um indicam um bom ajuste entre os dados observados e os dados estimados. Com isto, os autores alteraram o índice de ajuste de Willmott, (1981) para d_2 e estabeleceram o índice de ajuste modificado, d_1 .

A divisão do EMQ em EMQ_S e EMQ_A é realizada por meio da equação 2.30 e 2.31, respectivamente:

$$EMQ_S = \left[\frac{(\sum_{j=1}^N \omega_j |\hat{p}_j - o_j|^2)}{\sum_{j=1}^N \omega_j} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 2.30$$

$$EMQ_A = \left[\frac{(\sum_{j=1}^N \omega_j |\hat{p}_j - p_j|^2)}{\sum_{j=1}^N \omega_j} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 2.31$$

em que \hat{p} é o valor estimado pela equação 2.23, para o j -ésimo elemento. E desta forma tem-se a divisão completa do erro (equação 2.32):

$$EMQ^2 = EMQ_S^2 + EMQ_A^2 \quad 2.32$$

Para verificar qual é o intervalo de confiança e para reduzir a influência de valores anômalos nos parâmetros estimados, Willmott *et al.* (1985) propuseram o uso da técnica de reamostragem “*Bootstrap*” (EFRON, 1982). A técnica “*Bootstrap*” não assume a normalidade dos dados e pode ser aplicada em pequenas amostras. Cada nova amostra possui a probabilidade de $1/n$ de ser obtida. As amostras são escolhidas de forma aleatória e as estimativas recalculadas. Então, simula a curva função densidade de

probabilidade da variável e estima-se os valores de média, variância, mediana, assimetria e curtose, permitindo, assim, estabelecer o intervalo de confiança para as estimativas do modelo, que permitem a intercomparação dos resultados obtidos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos serão divididos em: i) materiais e métodos para definir os parâmetros no SMA para estimar a fenologia da soja; ii) materiais e métodos para desenvolver e validar as estimativas de datas de plantio, as estimativas de datas de mudança de fase de R1 para R3 e as estimativas das datas de R8 para a cultura da soja; iii) materiais e métodos para aplicação da metodologia como estudo de caso.

3.1 Área de estudo

A área selecionada para aplicar a metodologia foi o Estado do Paraná, cuja localização com as divisões regionais da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, os Núcleos Regionais (NR) são apresentadas na Figura 3.1.

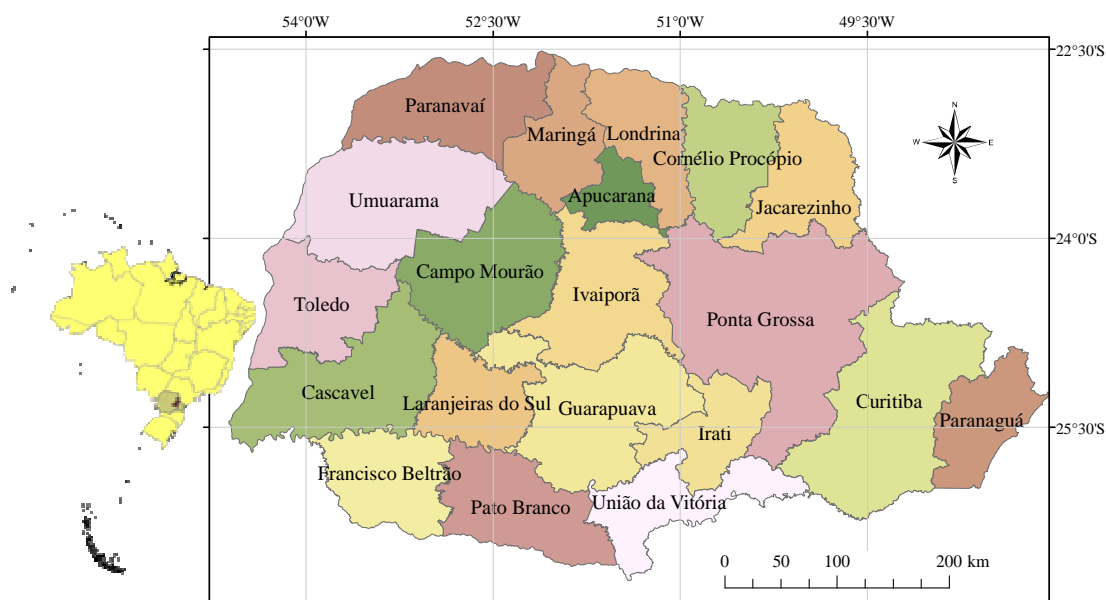


Figura 3.1 – Localização da área de estudo com a subdivisão por NR da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento.

Esta área de estudo foi escolhida devido à disponibilidade de dados de campo e agrometeorológicos. Além disto, o Paraná tem grande importância na agricultura brasileira e é um dos maiores produtores nacionais de soja. A área cultivada de soja variou na última década entre 3,9 e 4,3 milhões ha, com produtividade média em torno de 2.800 kg ha⁻¹. Os principais NR produtores de soja são Campo Mourão, Cascavel, Toledo, Ponta Grossa e Cornélio Procópio, responsáveis por 54% da produção de soja do estado (HUBNER, 2010).

Para desenvolver e validar a metodologia foram utilizados 376 talhões que, pelo menos em uma safra do período entre 2000/01 até 2007/08, tiveram a área ocupada com a cultura de soja. Estes talhões estão localizados na região dos Campos Gerais do Estado do Paraná, cujos centróides são apresentados na Figura 3.2.

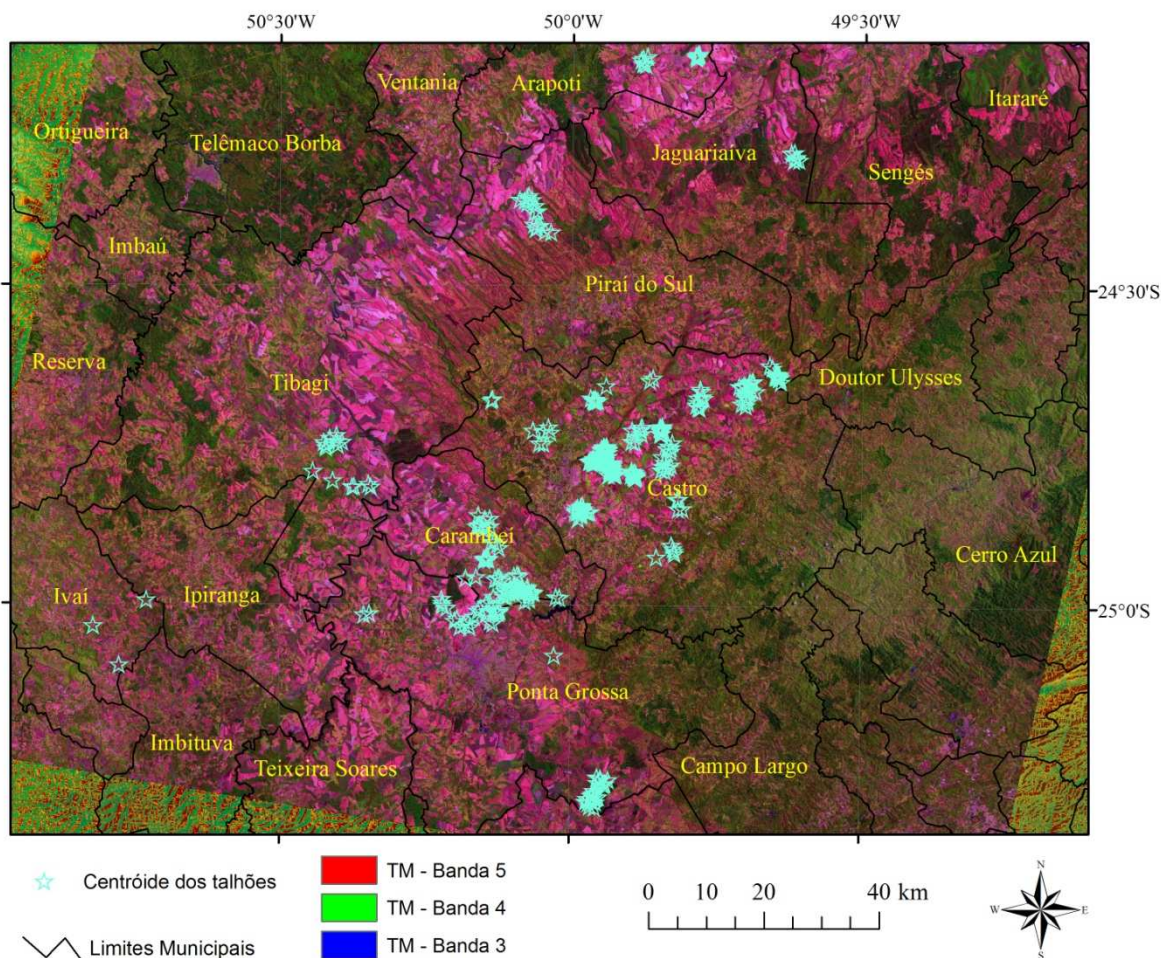


Figura 3.2 - Localização dos centróides dos talhões utilizados para desenvolver e validar a metodologia.

Os "Campos Gerais do Paraná" estão localizados principalmente no NR de Ponta Grossa, e é uma região de transição entre o segundo e o terceiro planalto paranaense composta por campos limpos e matas galerias ou áreas isoladas de floresta ombrófila, com presença da araucária. Está limitado sobre o segundo Planalto Paranaense, no reverso da Escarpa Devoniana, que o separa do Primeiro Planalto. O clima, segundo a Classificação climática de Köppen, é do tipo Cfb – Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente inferior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca. O verão é brando e no inverno ocorrem geadas

severas (MAACK, 1981). Por ser uma região de transição, há grande variação do tipo de solos, porém os principais são: Argissolos, Cambisolos, Latossolos e Litólicos (EMBRAPA, 2004), com capacidade de armazenamento de água que varia de 60 a 100 mm. Os talhões cultivados com soja, selecionados para este estudo têm relevo suave ondulado, com declividade máxima de 15%.

Para definir os parâmetros para estimar a fenologia por meio do SMA foram acompanhados 40 talhões de soja nos municípios de Castro, Ponta Grossa e Tibagi, no ano de 2002.

3.2 Materiais

3.2.1 Materiais para parametrização e estimativa dos estádios fenológicos da cultura da soja pelo modelo SMA

No ano de 2002 o plantio e desenvolvimento da soja em 20 talhões de soja do cultivar CD 206 e 20 talhões de soja do cultivar MSOY 5942 foram acompanhados. Também foram coletados dados de estações meteorológicas da FABC referentes ao mesmo período. Estes dados foram utilizados para parametrizar o SMA (FARIA *et al.*, 2007; FARIA *et al.*, 2009). A análise estatística foi realizada no software Matlab R2006a.

3.2.2 Materiais para desenvolver e validar as estimativas de datas de plantio, as estimativas de datas de mudança de fase de R1 para R3 e as estimativas das datas de R8 para a cultura da soja

Os talhões selecionados para este estudo foram fornecidos pela Fundação ABC (FABC) na projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM), *World Geographic System* (WGS) 84, fuso 22. Acompanha esta informação as datas de plantio e as variedades de soja cultivada em cada um dos talhões (Apendice 1). Inicialmente foram fornecidos dados referentes a 2.211 talhões. Estes talhões foram selecionados segundo is seguintes critérios: i) ter pelo menos um pixel Modis completamente contido pelos seus limites; ii) ter sido cultivado com soja em pelo menos um dos anos safra da serie temporal analisada (2000/01 a 2007/08). Com isto restaram 376 talhões.

Com base nestes locais, foi selecionado o Tile Modis H13V11. Para este Tile foi realizada a aquisição de imagens em composições de 8 dias. Ao todo foram adquiridas 430 imagens composição de 8 dias dos produtos MOD09A1 e MOD09Q1 para o

período compreendido entre o dia do ano (DOY) 55 de 2000 (dia 24/02/2000) ao DOY 169 de 2009 (dia 19/06/2009). Deste total, foram selecionadas as imagens contidas entre o período do fim da safra de inverno (início de setembro – DOY 248) até uma data posterior a colheita da soja (meados de junho – DOY 168).

Para todo o período considerado, o Simepar disponibilizou os dados meteorológicos referente às 36 estações meteorológicas existentes no Paraná.

Para estimar a fenologia da soja nos talhões selecionados foi utilizado o SMA (Faria *et al.*, 2007; Faria *et al.*, 2009) com os parâmetros definidos para os cultivares CD 206 e MSOY 5942. No SMA os dados agrometeorológicos das estações do Simepar, são interpolados em uma grade regular de 30 x 30 km, por meio do algoritmo de média ponderada pelo inverso do quadrado da distância, cujo centróide desta grade se tornou uma EMV. Em cada uma destas EMV, além dos dados agrometeorológicos interpolados, também foram armazenados as informações do tipo de solo, da Capacidade de Armazenamento de Água, bem como os parâmetros do solo (Faria e Madramootoo, 1996).

Como dados auxiliares foram utilizados uma imagem Landsat ETM+ do dia 11/10/2002, da órbita/ponto 221/77; dados de altimetria do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) (Rabus *et al.*, 2003).

O software Modis Reprojection Tool (MRT) foi utilizado para o pré-processamento das imagens Modis nas etapas de re-projeção e recorte da área de interesse. O software Arcgis 9.2 foi utilizado para a análise espacial e visualização dos dados. A análise numérica, filtragem e estatística dos dados foram realizadas no software Matlab R2006a.

3.2.3 Materiais para aplicação da metodologia como estudo de caso

Como a área selecionada para aplicação da metodologia está localizada no mesmo Tile, as mesmas 430 imagens composição de 8 dias dos produtos MOD09A1 e MOD09Q1 foram utilizadas para aplicação da metodologia. Esta aplicação foi realizada utilizando o software Matlab R2006a.

3.3 Métodos

3.3.1 Parametrização e estimativa dos estádios fenológicos da cultura da soja pelo modelo SMA

Para definir os parâmetros necessários para o cálculo da fenologia foram acompanhados 20 talhões de soja do cultivar CD 206 e 20 talhões de soja do cultivar MSOY 5942. Estes talhões tiveram a data de plantio e os estádios R1 e R8 (FEHR e CAVINESS, 1977) determinados por meio de acompanhamento a campo. Este trabalho foi realizado por técnicos da FABC.

Inicialmente, foram utilizados os parâmetros de temperatura, de sensibilidade hídrica e de sensibilidade ao fotoperíodo da cultura de soja apresentados por Hoogenboom *et al.* (1999). Estes parâmetros foram ajustados às características dos cultivares de forma iterativa, por meio de ajuste dos parâmetros de Temperatura de base (T_b), abaixo da qual não há desenvolvimento vegetativo, Temperatura ótima inicial (T_{o1}), acima da qual a taxa de desenvolvimento é igual a um; Temperatura ótima final (T_{o2}), temperatura a partir da qual a taxa de desenvolvimento decai e Temperatura máxima (T_m), acima da qual não há desenvolvimento vegetativo (ver Figura 2.2a); de sensibilidade hídrica (taxa de influência, se acelera ou retarda o processo), sensibilidade ao fotoperíodo para as seguintes fases de desenvolvimento: i) semeadura ao início da germinação; ii) início da germinação a emergência (VE); iii) emergência (VE) ao florescimento (R_1); iv) florescimento (R_1) a formação de vagem (R_3); v) vagem (R_3) a semente (R_5); vi) semente (R_5) a maturação fisiológica (R_7); vii) maturação fisiológica (R_7) a colheita. Seguindo os mesmos autores também foram definidos os parâmetros de profundidade da raiz e do índice de área foliar. Neste procedimento foram empregados dados das estações meteorológicas localizadas mais próximas a estes talhões. (Figura 3.3).

Produção

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100% (do ciclo vegetativo)
Sensibilidade Hídrica	0	0,04	0,09	0,13	0,18	0,23	0,24	0,21	0,16	0,08	0
Índice de Área Foliar	0	0,2	1,25	2,4	3,3	3,8	3,7	3,2	2,4	1,5	0,21
Profundidade da Raiz	0,05	0,17	0,33	0,5	0,67	0,83	1	1	1	1	1

Fenologia

nº	ref	descrição	condição para término
1	1	SEMEADURA A INICIO DE GERMINACAO	UMIDADE DO SOLO MAIOR QUE 5
2	1	INICIO DA GERMINACAO A EMERGENCIA	DIAS FOTOTÉRMICOS ACUMULADOS NO CICLO MAIOR QUE 4 (TB=7,TO1=28,TO2=35,TM=45) » SENSIB.HIDRICA, - 20 «
3	2	EMERGENCIA-FLORESCIMENTO	DIAS FOTOTÉRMICOS ACUMULADOS NO CICLO MAIOR QUE 37 (TB=7,TO1=28,TO2=35,TM=45) » SENSIB.HIDRICA, - 20 «
4	3	FLORESCIMENTO-VAGEM	DIAS FOTOTÉRMICOS ACUMULADOS NO CICLO MAIOR QUE 4 (TB=7,TO1=28,TO2=35,TM=45) » SENSIB.HIDRICA, - 20 « » SENSIB.FOTOPERIODO «
5	4	VAGEM-SEMENTE	DIAS FOTOTÉRMICOS ACUMULADOS NO CICLO MAIOR QUE 3 (TB=7,TO1=28,TO2=35,TM=45) » SENSIB.HIDRICA, + 20 « » SENSIB.FOTOPERIODO «
6	5	SEMENTE-MATURACAO FISIOLÓGICA	DIAS FOTOTÉRMICOS ACUMULADOS NO CICLO MAIOR QUE 50 (TB=7,TO1=28,TO2=35,TM=45) » SENSIB.HIDRICA, + 18 « » SENSIB.FOTOPERIODO « » SENSIB.GEADA «
7	6	MATURACAO FISIOLÓGICA-COLHEITA	DIAS FOTOTÉRMICOS ACUMULADOS NO CICLO MAIOR QUE 5 (TB=7,TO1=28,TO2=35,TM=45) » SENSIB.HIDRICA, + 30 «

Informações adicionais: Duração do ciclo: 103 DIAS FOTOTÉRMICOS, Total de fases: 7

Figura 3.3 - Parâmetros utilizados no SMA para estimar o desenvolvimento fenológico e produtividade relativa referente ao cultivar CD 206.

A análise de regressão foi utilizada para verificar se as fases fenológicas (R1 e R8) foram corretamente estimadas pelo modelo. Foi realizada a regressão simples entre as datas estimadas pelo modelo e as datas observadas a campo e calculado os valores de intercepto (“a”), coeficiente angular (“b”) e correlação (“r”). Também foram calculados os índices d1 e d2, bem como o EMQ e EMA. Para ter maior consistência nos resultados foi aplicado o método de reamostragem *bootstrap*, com 10.000 repetições, com reposição, calcular os intervalos de confiança e minimizar a influência de *outliers*.

Após definir estes parâmetros, empregou-se o SMA para estimar as fases fenológicas para parte dos talhões selecionados (163 talhões) cujos cultivares foram CD 206 e MSOY 5942, nas safras entre 2000/01 e 2007/08.

3.3.2 Extração dos dados Modis

As 430 imagens composição de 8 dias dos produtos MOD09A1 e MOD09Q1 foram recortadas e reprojctadas para a projeção UTM / WGS 84, que é a mesma projeção dos

376 talhões selecionados para o estudo. Todos os pixels da imagem foram reamostrados para 250 m, por meio do algoritmo de vizinho mais próximo. Este processamento foi realizado com o Software MRT.

Para cada talhão de soja (Apendice 1 e Figura 3.2) foram obtidos os valores de refletância das bandas 1, 2 e 3 bem como os valores de ângulo de visada do sensor e o DOY em que foi obtido o pixel. Para realizar este processamento, criou-se uma imagem binária (valores 0 e 1), com as mesmas dimensões (linhas e colunas) das composições Modis. Assim, os pixels de talhões que continham soja naquela data receberam o valor 1 e os demais receberam valor zero (0). Desta forma, criou-se uma imagem índice que foi utilizada para obter os dados de refletância.

3.3.3 Conversão dos valores de refletância em IV

Os valores de refletância obtidos das imagens Modis, conforme descrito no item anterior, foram utilizados para obter os IV EVI, NDVI e EVI2, cujas fórmulas e autores são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – IV utilizados nesta pesquisa com respectivas formulações e autores.

IV	Formulação*	Autores
<i>Enhanced Vegetation Index (EVI)</i>	$EVI = G \cdot \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + C_1 \cdot \rho_V - C_2 \cdot \rho_A + L)}$	Huete <i>et al.</i> (1997)
<i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i>	$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)}$	Rouse Jr. <i>et al.</i> (1973)
<i>Two band Enhanced Vegetation Index (EVI2)</i>	$EVI2 = G \cdot \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + 2,4 \cdot \rho_V + 1)}$	Jiang <i>et al.</i> (2008)

* ρ_{IV} = refletância no infravermelho próximo; ρ_V = refletância no vermelho; L = ajuste da linha do solo (1); G = fator de ganho (2,5); C_1 e C_2 são coeficientes de resistência de aerossóis, dados por 6 e 7,5 respectivamente; ρ_A = refletância no azul;

Na seleção destes três IVs foi levado em conta o critério de que o EVI e NDVI fazem parte do conjunto de produtos Modis distribuídos gratuitamente. Em outras palavras, o usuário pode acessar a imagem EVI ou NDVI, com correção geométrica e atmosférica gratuitamente. Com relação ao EVI, em locais com presença de nuvem, gelo ou neve, o cálculo deste IV gera um valor anômalo. Até a versão 4 de processamento do produto

MOD13 (índices de vegetação), estes valores anômalos eram substituídos por um valor calculado por meio do Savi (HUETE, 1988). A partir da versão 5 do produto MOD13, o Savi foi substituído pelo EVI2. Por isto resolveu-se incorporar o EVI2 a esta pesquisa.

3.3.4 Seleção de filtros

Como foi comentado anteriormente, constata-se a presença de ruídos, nas séries temporais e estes precisam ser eliminados ou minimizados. Esse procedimento é feito por meio de aplicação de filtros. Para selecionar o filtro mais adequado a ser aplicado nas séries temporais de IV, foram criadas 30 séries temporais de valores de IVs, com tamanho de 30 pixels ao nadir e sem ruído, observados nas imagens de 8 dias. Esses 30 pixels foram selecionados nas imagens obtidas no período entre o fim da safra de inverno (início de setembro) até uma data posterior à colheita da soja (meados de junho) e durante os seis anos safras de 2000/01 a 2006/07.

Essas séries temporais de IVs geraram 30 curvas temporais de IV, que foram consideradas como ideais. A partir dessas curvas foram simuladas outras 90 curvas, com três níveis de ruído, 10%, 40% e 70%, conforme sugerido por (HIRD e MCDERMID, 2009). Os níveis de ruído significam a quantidade de pontos da série temporal (número de datas) selecionadas aleatoriamente em que os valores tidos como ideais foram substituídos por valores de pixels com presença de ruídos.

Nesta série com ruídos foram testados os seguintes filtros: 4253H twice; Savitzky–Golay; função duplo-logística; gaussiano assimétrico; Hants; e Wavelets . A seleção dos quatro primeiros filtros se deu porque os resultados obtidos por Hird e Mcdermid (2009) que mostraram que estes filtros não diferiam significativamente. Já a seleção dos dois últimos filtros foi com base nos resultados relatados por Sakamoto *et al.*, (2005).

Com relação a Wavelet, as funções de Wavelet mãe (ψ) testadas para a filtragem da série temporal foram: Daubechies 6 (DB6) e Daubechies 8 (db8); Symlets 2 (sym2), Symlets 3 (sym3), Symlets 4 (sym4), Symlets 5 (sym5) e Symlets 6 (sym6); Coiflets 2 (coif2), Coiflets 3 (coif3) e Coiflets 4 (coif4); Discreta de Meyer (dmeyer); Biortogonal 1.3 (bior1.3) e Biortogonal 1.5 (bior1.5). Para estas Wavelet foi utilizado apenas 2 níveis de decomposição pois se desejava eliminar as maiores frequências, sem alterar significativamente o formato da curva.

Os filtros Wavelet e Hants exigem que os dados de entrada tenham o número de dias do período a ser filtrado na potência de 2. Desta maneira, os dados utilizados foram interpolados linearmente para 256 elementos (dias do período) o que corresponde a 2^8 .

Para avaliar o desempenho dos filtros empregou-se a análise de regressão, através do uso do *bootstrap* para minimizar a influência dos *outlier* e estimar os intervalos de confiança. Neste procedimento utilizou 10.000 repetições com reposição. Com isto, foram calculados os valores de intercepto (“a”), coeficiente angular (“b”) e correlação (“r”), bem como os índices d1 e d2, e o EMQ e EMA.

3.3.5 Estimativa das datas de plantio, as estimativas de datas de mudança de fase de R1 para R3 e as estimativas das datas de R8 para a cultura da soja

Para estimar a data de plantio, a data de mudança de fase de R1 para R3 e a data de R8 para a cultura da soja, devem ser observadas algumas características regionais de cultivo, uma vez que isto reflete no comportamento espectral das áreas com soja. A região de estudo é pioneira no uso da técnica de plantio direto da soja. Atualmente toda a soja cultivada nesta área é implantada com este tipo de manejo. Assim, no período que antecede ao plantio, o solo encontra-se encoberto pela palhada da cultura de inverno. Desta forma o comportamento espectral das áreas de controle é característico de palha.

Após o plantio, inicia-se o processo de germinação e, aos poucos, o comportamento espectral da palhada vai sendo substituído pelo da cultura. Este incremento deve iniciar de 5 a 15 dias após o plantio, quando a cultura começa a fase vegetativa. Na medida em que ocorre o crescimento da cultura espera-se um aumento significativo no IV até a fase reprodutiva, momento em que os valores do IV atingem um máximo. Após esta fase, a translocação de nutriente é maior da folha para a semente. Este fato provoca um leve declínio dos valores do IV até a fase R7, quando tem início o processo de maturação. Na maturação há um rápido decaimento dos valores do IV, que indica que a cultura pode ser colhida (TUCKER *et al.*, 1979).

Com base nas informações descritas nos dois parágrafos anteriores, foi estabelecido que para estimar a data de plantio da soja deve ser considerado o ponto de mínimo da inflexão da curva da série temporal, que no caso do Paraná, ocorre entre os meses de outubro e dezembro. Da mesma maneira, para estimar as datas de mudança de fase de

R1 para R3 foi utilizado o ponto de máximo da inflexão da curva, entre os meses de dezembro e fevereiro. As datas de R8 foram estimadas em função de dois parâmetros. O primeiro parâmetro utilizado foi o ponto de máximo, estabelecido na estimativa das datas de mudança de fase de R1 para R3. O segundo foi o ponto de mínimo, a partir deste ponto, que indica solo exposto. A data de colheita foi estimada como sendo 70% do número de dias entre estes 2 períodos, contados a partir da data de máximo.

Como não se teve informação da data de florescimento e colheita, da soja a campo, estes parâmetros foram estimados tomando como base a data de mudança de R1 para R3 como sendo a data de Máximo Desenvolvimento Vegetativo (MDV) e a data de R8 como sendo a data de colheita. Estas datas foram obtidas por meio do modelo SMA.

Para estimar a data de plantio, de MDV (R1-R3) e de colheita (R7-R8) dos 376 talhões de soja utilizados para testar a metodologia, a partir dos perfis temporais do pixel central de cada talhão, foram obtidos, inicialmente, os valores dos três IV selecionados, da banda 3 (459–479 μm), do ângulo de visada do sensor, e do DOY do pixel da composição, no período de setembro a junho do ano seguinte. Conforme recomendação de Sakamoto *et al.* (2005), todos os pixels que apresentaram valores de refletância superiores a 10% nas imagens da banda 3 e ângulo de visada do sensor maior de 30° (>350 m de lado) foram eliminados da série temporal. Este procedimento visou minimizar os efeitos atmosféricos e de borda na refletância proveniente do pixel num dado talhão de soja, em cada data de observação.

A imagem composição de 8 dias (MOD09) é formada pelos melhores pixels do período, que nem sempre corresponde ao DOY que identifica a imagem. Em outras palavras, o valor de refletância de um dado pixel da imagem pode ter sido selecionado no primeiro dia de observação, enquanto que para o pixel vizinho o valor de refletância selecionado pode ter sido referente ao oitavo dia do período. Para contornar esta situação, Thayn e Price (2008) recomendam utilizar as datas em que o pixel foi selecionado, ao invés da data da composição, que se refere ao período de 8 dias para sua formação. A informação da data na qual o pixel foi selecionado foi disponibilizada a partir da versão 5 de processamento dos dados Modis. No entanto, estes procedimentos fizeram com que os dados ficassem irregularmente espaçados no tempo e, algumas datas de aquisição foram inválidas e excluídas da análise.

Para resolver o problema de dados irregularmente espaçados no tempo e, como é necessário que o número de elementos (dias) seja expressos na potência de 2 para aplicar os filtros Wavelet e de Hants, os dados foram interpolados linearmente no tempo, obtendo-se assim 256 elementos (2^8), em escala diária, da mesma maneira que foi realizado para a seleção dos filtros.

No caso da estimativa das datas de MDV e de colheita foram utilizados somente os talhões que foram cultivados com os cultivares CD 206 e MSOY 5942, que tiveram as fases fenológicas parametrizadas no modelo SMA.

Da mesma maneira que foi feito para avaliar o desempenho dos filtros, aqui também para avaliar as estimativas da data de plantio, do MDV e de colheita empregou-se a análise de regressão, com o uso do *bootstrap* para minimizar a influência dos *outliers* utilizando 10.000 repetições com reposição. Desta maneira, foram calculados os valores do intercepto (“a”), do coeficiente angular (“b”) e de correlação (“r”), bem como os índices d1 e d2, e o EMQ e o EMA.

Uma vez estabelecida a metodologia, isto é, o melhor IV e o melhor filtro para estimar a data de plantio, de MDV e colheita, esta abordagem metodológica foi aplicada em todo o Estado do Paraná com os mesmos objetivos. Para realizar esta estimativa foram utilizados os mapas com a espacialização das áreas de soja no Estado, obtido utilizando a metodologia de Gusso *et al.* (2009), para as safras 2001/02 até a safra 2008/09. É importante salientar que nestes mapas foi aplicado um filtro de erosão, com janela 3X3, utilizando à mediana. Desta maneira, foi retirada a maioria dos pixels com probabilidade de possuírem outro uso além de soja. E com isso também foram selecionados apenas os pixels centrais dos talhões mapeados e eliminados os pixels isolados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parametrização dos estádios fenológicos da soja

Os valores de temperatura utilizados no modelo para cálculo da quantidade de dias fototérmicos, para ambos os cultivares foram de $T_b=7\text{ }^\circ\text{C}$, $T_{o1}=28\text{ }^\circ\text{C}$, $T_{o2}=35\text{ }^\circ\text{C}$, $T_m=45\text{ }^\circ\text{C}$. Valores similares são apresentados por Piper *et al.* (1996); Hoogenboom *et al.* (1999); Ruíz-Nogueira *et al.* (2001) e por Setiyono *et al.* (2007). Também foram ajustados os valores de condições para término da fase e são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Condições para mudança de fase vegetativa para as cultivares CD 206 e MSOY 5942

Descrição das fases	Condição para término	Sensibilidade ao fotoperíodo	Sensibilidade hídrica
CD 206			
Semeadura ao início da germinação	Umidade do solo > 5%	Não	Não
Início da germinação à emergência (VE)	Dias fototérmicos acumulados >4	Não	Sim (taxa -20%)
Emergência (VE) ao florescimento (R1)	Dias fototérmicos acumulados >37	Sim	Sim (taxa -20%)
Florescimento (R1) à formação de vagem (R3)	Dias fototérmicos acumulados >4	Sim	Sim (taxa -20%)
Vagem (R3) a semente (R5)	Dias fototérmicos acumulados >3	Sim	Sim (taxa +20%)
Semente (R5) à maturação fisiológica (R7)	Dias fototérmicos acumulados >50	Sim	Sim (taxa +18%)
Maturação fisiológica (R7) a colheita	Dias fototérmicos acumulados >5	Não	Sim (taxa +30%)
MSOY 5942			
Semeadura ao início da germinação	Umidade do solo > 5%	Não	Não
Início da germinação à emergência (VE)	Dias fototérmicos acumulados >4	Não	Sim (taxa -20%)
Emergência (VE) ao florescimento (R1)	Dias fototérmicos acumulados >35	Não	Sim (taxa -30%)
Florescimento (R1) à formação de vagem (R3)	Dias fototérmicos acumulados >4	Não	Sim (taxa -20%)
Vagem (R3) à semente (R5)	Dias fototérmicos acumulados >3	Não	Sim (taxa +20%)
Semente (R5) à maturação fisiológica (R7)	Dias fototérmicos acumulados >45	Não	Sim (taxa +20%)
Maturação fisiológica (R7) à colheita	Dias fototérmicos acumulados >5	Não	Sim (taxa +30%)

A Tabela 4.2 apresenta os desvios obtidos entre as datas estimadas utilizando os parâmetros contidos na Tabela 4.1 no SMA e as datas observadas, bem como as datas de plantio e o número de dias observados a campo e simulados pelo SMA para os estádios R1 e R8. A amplitude para o estágio R1 foi de ± 7 dias e para o estágio R8 foi de ± 14 dias. Entretanto para a maioria dos desvios os valores estão variando entre 0 e 3 dias, para ambos os estádios.

Tabela 4.2 – Número de talhões, localização, cultivares utilizadas, data de plantio e números de dias observados e simulados pelo SMA para os estádios R1 e R8.

Nº de talhões	Localização	Cultivares	Data de plantio	Estádio	Número de dias		Desvios
					Observados	Simulados	
4	Castro	CD 206	5/11/2002	R1	48	48	0
4	Castro	CD 206	26/12/2002	R1	45	45	0
4	Castro	MSOY 5942	5/11/2002	R1	48	49	1
4	Castro	MSOY 5942	26/12/2002	R1	48	46	-2
4	Ponta Grossa	CD 206	5/11/2002	R1	48	50	2
4	Ponta Grossa	MSOY 5942	5/11/2002	R1	42	47	5
4	Tibagi	CD 206	31/10/2002	R1	56	52	-4
4	Tibagi	CD 206	2/12/2002	R1	48	48	0
4	Tibagi	MSOY 5942	31/10/2002	R1	45	48	3
4	Castro	CD 206	5/11/2002	R8	131	134	3
4	Castro	CD 206	26/12/2002	R8	131	128	-3
4	Castro	MSOY 5942	5/11/2002	R8	155	141	-14
4	Castro	MSOY 5942	26/12/2002	R8	141	132	-9
4	Ponta Grossa	CD 206	5/11/2002	R8	148	142	-6
4	Ponta Grossa	MSOY 5942	5/11/2002	R8	126	128	2
4	Tibagi	CD 206	31/10/2002	R8	133	134	1
4	Tibagi	CD 206	2/12/2002	R8	121	121	0
4	Tibagi	MSOY 5942	31/10/2002	R8	148	147	-1
4	Tibagi	MSOY 5942	2/12/2002	R8	133	132	-1

Os histogramas apresentados na Figura 4.1 com os valores mais freqüentes dos parâmetros da regressão (intercepto – a; coeficiente angular – b; e correlação – r) entre os valores observados e simulados foram obtidos por meio da técnica *bootstrap*. É possível observar que há a probabilidade do “a” (Figura 4.1a) ser igual a zero (0), o que indica que o modelo está estimando corretamente a data de emergência da cultura. Também pode ser observado na Figura 4.1b que não há probabilidade do “b” ser igual a zero (0), o que indica que a regressão foi significativa. Por outro lado, pode-se também observar que existe probabilidade do coeficiente “b” ser igual a um (1). Isto indica que os valores estimados pelo modelo são estatisticamente iguais aos valores observados no campo. As maiores freqüências de ocorrências encontram-se próximas a 0,95, ou seja, na maioria das vezes o modelo subestimou em 5% as datas. Os valores de “r” foram, na maioria das vezes, superior a 0,99, conforme pode ser observado na Figura 4.1c. Este resultado indica que o modelo conseguiu ajustar em 98% a variância dos dados.

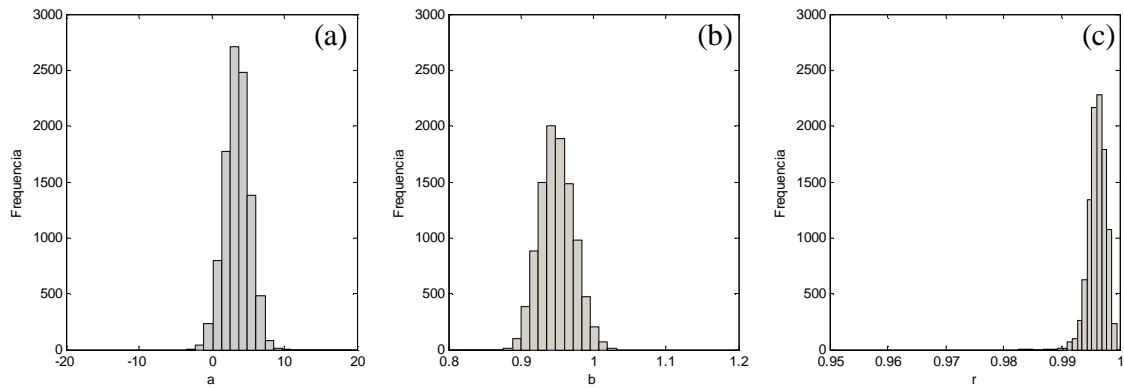


Figura 4.1 – Histogramas resultantes da técnica *bootstrap* com os parâmetros da regressão; a) intercepto (a); b) coeficiente angular (b) e; c) coeficiente de correlação (r) resultante da análise de regressão entre os dados acompanhados em campo e a calibração do modelo.

A Figura 4.2 contém os histogramas do erro médio absoluto (EMA), de erro médio quadrático (EMQ) e dos índices d1 e d2 resultantes da técnica de *bootstrap*. Observa-se que os valores médios do EMA (Figura 4.2a) situam-se entre quatro a cinco dias, com um range de variação de 3 a 8 dias. Já os valores médios de EMQ (Figura 4.2b) situam-se entre seis e sete dias, com uma variação que vai de quatro a nove dias. Os índices de ajuste d1 e d2 (Figura 4.2c e Figura 4.2d) variaram de 0,80 a 0,95, e 0,97 a 0,99, respectivamente. Estes valores indicam um bom ajuste entre as datas estimadas e as observadas a campo. Resultados semelhantes foram obtidos por Piper *et al.* (1996) que trabalhou com 13 cultivares na África do Sul, por Setiyono *et al.* (2007) que avaliou 21 cultivares de soja nos Estados Unidos e por Streck *et al.* (2009) que avaliou 10 cultivares de soja, no Rio Grande do Sul.

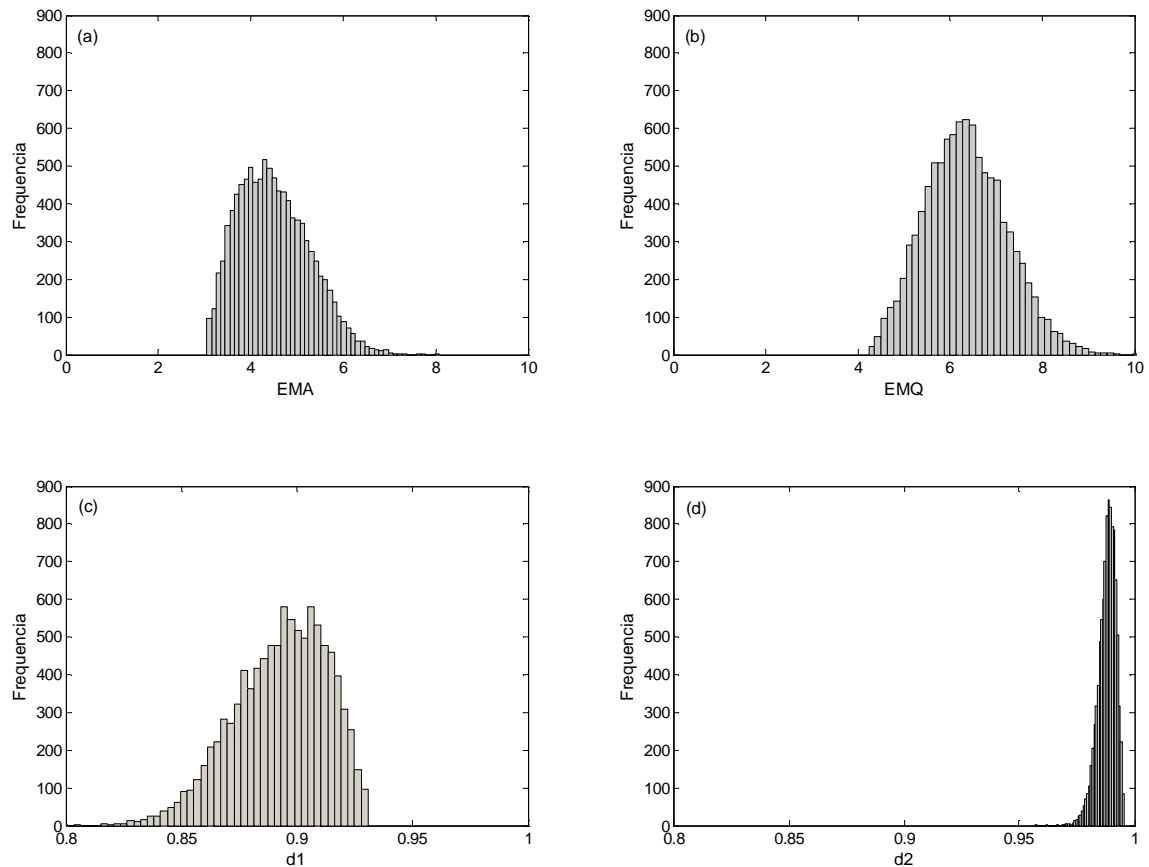


Figura 4.2 – Histogramas resultantes da técnica *bootstrap*: (a) erro médio absoluto - EMA; (b) erro médio quadrático - EMQ; (c) índices de ajuste modificado (d1) e (d) índice de ajuste (d2) ; para validar a calibração do modelo.

4.2 Teste dos filtros

A Figura 4.3 apresenta os valores médios e os respectivos desvios padrões para a série temporal de EVI, NDVI e EVI2 consideradas como padrão. Observa-se na Figura 4.3 que os menores desvios padrões estão associados ao período de 28/10 a 29/11, ressaltando a pouca variabilidade dos dados nesta época devido ao preparo do solo para o plantio. Neste período as curvas de todos os IV apresentam comportamento similar. O desvio padrão aumenta com o desenvolvimento da cultura durante o mês de dezembro o que pode ser ocasionado pela variação na data de plantio. No início do mês de janeiro, quando a cultura cobre quase por completo o solo, observa-se uma redução nos valores do desvio padrão. Com o desenvolvimento da cultura, variabilidade do ciclo e entrada em senescência, novamente ocorre o aumento do desvio padrão até o início de abril, quando o solo novamente encontra-se exposto, devido à colheita. É interessante ressaltar que as curvas médias do EVI e EVI2 apresentam comportamento muito

similar, com pequenas distinções principalmente nos valores próximos a 0,2 e 0,6 (extremos), concordando com o exposto por Jiang *et al.* (2008). Entretanto, apesar destas variações as duas curvas não diferiram estatisticamente ($\alpha=0,05$). Como os valores destes dois índices não diferiram estatisticamente, optou-se então pela utilização do EVI e do NDVI que são os dados que a Nasa oferece de maneira rotineira.

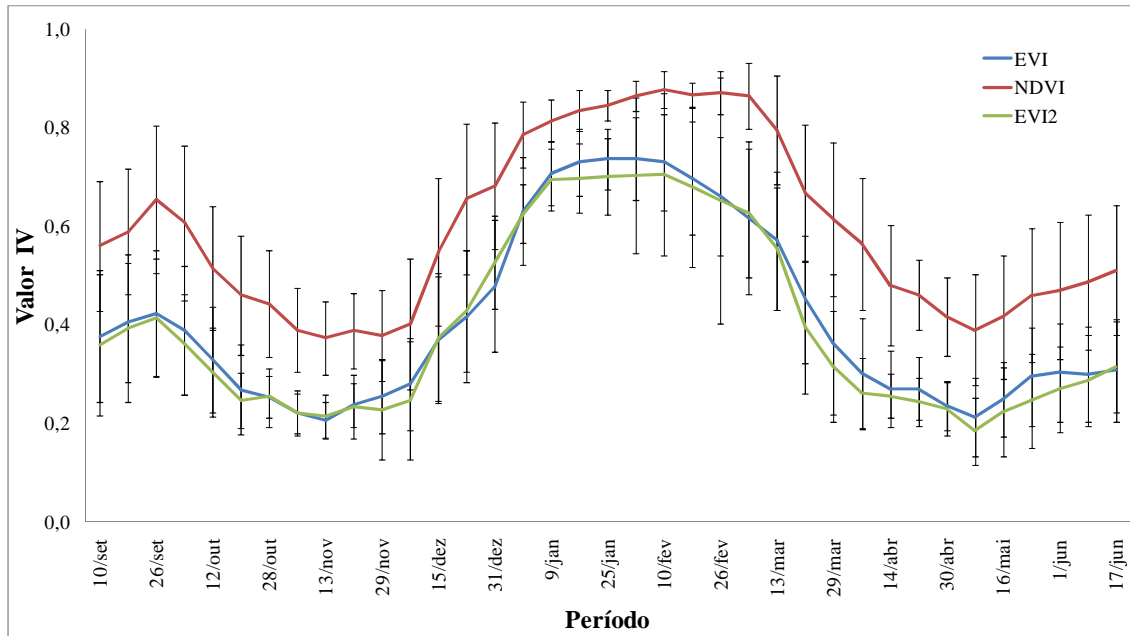


Figura 4.3 – Curvas padrões de EVI, NDVI e EVI2 com respectivos desvios padrões utilizadas para testar os filtros.

Uma vez definido os dois IVs e para exemplificar a influência de ruído nas séries temporais desses índices, em diferentes proporções, na Figura 4.4 são apresentadas quatro (4) curvas de uma série temporal de valores de EVI, em que uma delas corresponde à curva dos valores temporais do EVI, tida como ideal, isto é, sem ruído e as demais curvas representam uma simulação de ruídos em 10%, 40% e 70% das datas. Estes dados com a inserção dos ruídos foram utilizados para avaliar o desempenho dos diferentes filtros. Nota-se que a curva dos valores do EVI com 10% é muito próxima da curva considerada ideal.

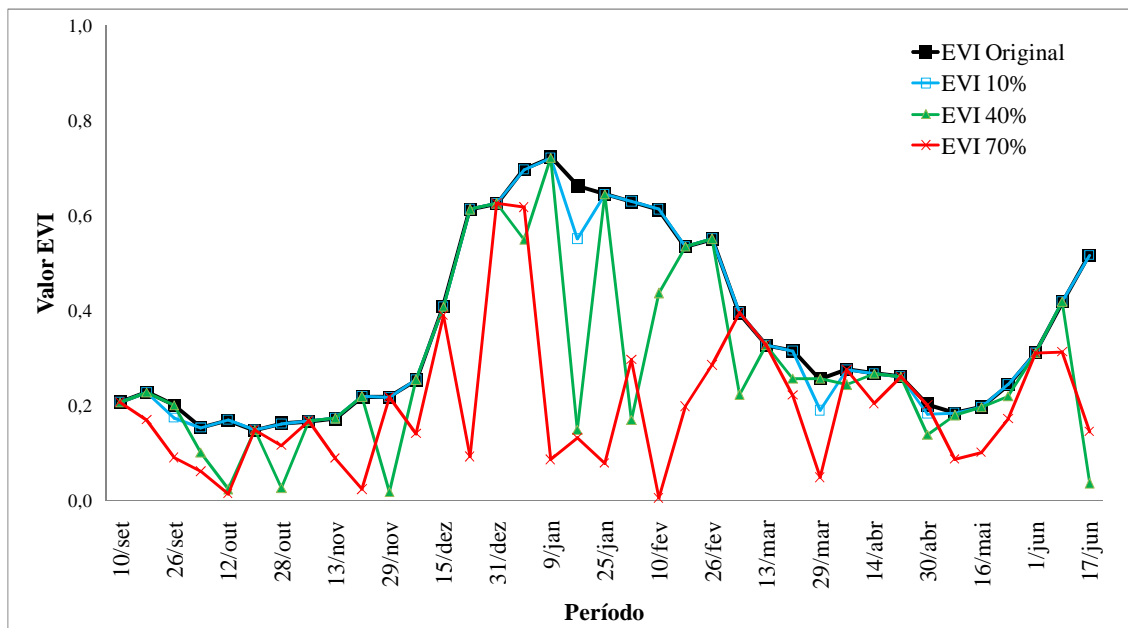


Figura 4.4 – Exemplo de uma curva da série temporal do EVI e demais curvas resultantes com a inserção de ruídos em 10% das datas (EVI 10%), 40% das datas (EVI 40%) e 70% das datas (EVI 70%).

Para remover os ruídos da série temporal foram testados os filtros: 4253H twice; filtro de Savitzky–Golay; função duplo-logística; gaussiano assimétrico; Hants e Wavelets. Para melhor visualizar e entender os resultados da filtragem, a análise do desempenho destes filtros foi realizada considerando apenas um nível de ruído por vez, ou seja, a comparação entre a curva de valores temporais original e a curva com ruído de 10%. Posteriormente, a comparação entre a curva dos dados originais e a simulada com 40% e, finalmente entre a curva original e a simulada com 70% de ruído.

4.2.1 Resultados da filtragem para a série temporal de valores de NDVI, EVI e EVI2 com simulação de 10% de ruídos

A Tabela 4.3 apresenta os resultados obtidos com a aplicação dos diferentes filtros sobre a série temporal dos valores dos IV, com 10% de ruído. Nesta Tabela pode-se observar que nenhum filtro teve os coeficientes lineares (a) iguais a zero e coeficientes angulares (b) iguais a um, testados a um nível de 1% de significância. Os filtros cujos coeficientes lineares ficaram mais próximos de zero foram: o 4253H twice (0,0121), o DB6 (dec2) (0,0186) e o bior1.5 (dec2) (0,0195). Os filtros cujos coeficientes angulares ficaram mais próximos da unidade (1) foram: o 4253H twice (0,9476), o Hants (0,9383) e o DB6 (dec2) (0,9140). Dentre estes filtros os que apresentaram maiores valores de r e d1

entre os dados filtrados e os originais foram: o 4253H twice, o Hants e o sym5 (dec2). No entanto, os melhores resultados para o índice d2 foram obtidos pelos filtros 4253H twice, Hants e Savitzky–Golay.

Com relação às medidas de dispersão os filtros que tiveram menor EMQ foram: 4253H twice (0,0540), DB6 (dec2) (0,0619) e sym4 (dec2) (0,0733). Os menores valores de EMA foram observados para os filtros 4253H twice (0,0368), Hants (0,0472), Coif2 (dec2) (0, 0560) e sym4 (dec2) (0, 0560). O filtro que apresentou melhores resultados foi o 4253H twice. No entanto, os filtros Hants e Wavelet-DB6 também podem ser utilizados para filtrar uma série temporal com baixo nível de ruídos, no caso até 10%.

Tabela 4.3 – Resultados do teste de redução de ruídos pelos filtros selecionados, com 10% de datas com inserção de ruídos

Filtros	Parâmetros da regressão				Correlação e índice de ajuste						Medidas de dispersão			
	a (inf)	a (sup)	b (inf)	b (sup)	r (inf)	r (sup)	d1 (inf)	d1 (sup)	d2 (inf)	d2 (sup)	EMQ (inf)	EMQ (sup)	EMA (inf)	EMA (sup)
4253H twice	0,0121	0,0123	0,9471	0,9476	0,9772	0,9774	0,8991	0,8992	0,9839	0,9839	0,0540	0,0541	0,0368	0,0369
gaussiano assimétrico	0,0730	0,0732	0,8885	0,8890	0,9516	0,9518	0,8074	0,8076	0,9563	0,9564	0,0849	0,0850	0,0666	0,0667
Hants	0,0258	0,0261	0,9377	0,9383	0,9619	0,9621	0,8690	0,8691	0,9786	0,9786	0,0619	0,0619	0,0472	0,0472
duplo-logística	0,0786	0,0788	0,8813	0,8818	0,9492	0,9494	0,7950	0,7952	0,9514	0,9515	0,0891	0,0892	0,0704	0,0704
Savitzky–Golay	0,0550	0,0553	0,9096	0,9101	0,9562	0,9564	0,8380	0,8381	0,9684	0,9685	0,0733	0,0734	0,0567	0,0567
bior1.3 (dec2)	0,0276	0,0279	0,8928	0,8935	0,9225	0,9229	0,8026	0,8028	0,9464	0,9465	0,0952	0,0953	0,0706	0,0707
bior1.5 (dec2)	0,0195	0,0198	0,9114	0,9121	0,9327	0,9330	0,8204	0,8206	0,9540	0,9541	0,0896	0,0897	0,0651	0,0652
coif2 (dec2)	0,0200	0,0203	0,9117	0,9122	0,9589	0,9591	0,8430	0,8432	0,9659	0,9660	0,0764	0,0765	0,0560	0,0560
coif3 (dec2)	0,0202	0,0204	0,9114	0,9120	0,9590	0,9592	0,8427	0,8428	0,9659	0,9660	0,0764	0,0764	0,0561	0,0561
coif4 (dec2)	0,0201	0,0204	0,9114	0,9120	0,9592	0,9594	0,8428	0,8430	0,9660	0,9661	0,0763	0,0763	0,0560	0,0561
DB6 (dec2)	0,0186	0,0188	0,9135	0,9140	0,9597	0,9599	0,8428	0,8430	0,9661	0,9662	0,0764	0,0765	0,0563	0,0563
db8 (dec2)	0,0198	0,0200	0,9101	0,9106	0,9598	0,9600	0,8413	0,8415	0,9653	0,9653	0,0770	0,0771	0,0566	0,0566
dmeyer (dec2)	0,0202	0,0205	0,9109	0,9114	0,9596	0,9597	0,8415	0,8417	0,9659	0,9659	0,0764	0,0764	0,0565	0,0565
sym2 (dec2)	0,0280	0,0283	0,8918	0,8924	0,9484	0,9486	0,8221	0,8224	0,9571	0,9572	0,0843	0,0844	0,0626	0,0627
sym3 (dec2)	0,0205	0,0207	0,9093	0,9098	0,9578	0,9580	0,8392	0,8394	0,9646	0,9646	0,0778	0,0779	0,0573	0,0573
sym4 (dec2)	0,0196	0,0198	0,9124	0,9130	0,9592	0,9594	0,8432	0,8434	0,9661	0,9662	0,0763	0,0763	0,0560	0,0560
sym5 (dec2)	0,0196	0,0199	0,9127	0,9133	0,9603	0,9605	0,8451	0,8452	0,9668	0,9668	0,0755	0,0756	0,0553	0,0553
sym6 (dec2)	0,0196	0,0198	0,9111	0,9117	0,9590	0,9592	0,8425	0,8427	0,9654	0,9655	0,0770	0,0771	0,0563	0,0564
bior1.3 (dec3)	0,0893	0,0898	0,7541	0,7551	0,8338	0,8345	0,6812	0,6815	0,8690	0,8692	0,1330	0,1331	0,1019	0,1020
bior1.5 (dec3)	0,0730	0,0735	0,7888	0,7897	0,8436	0,8443	0,7077	0,7080	0,8856	0,8858	0,1282	0,1283	0,0971	0,0972
coif2 (dec3)	0,0681	0,0685	0,7898	0,7905	0,9001	0,9004	0,7159	0,7162	0,9007	0,9009	0,1176	0,1177	0,0919	0,0920
coif3 (dec3)	0,0519	0,0522	0,8475	0,8482	0,9323	0,9326	0,7839	0,7842	0,9425	0,9426	0,0936	0,0937	0,0726	0,0727
coif4 (dec3)	0,0565	0,0569	0,8146	0,8153	0,9159	0,9162	0,7375	0,7378	0,9159	0,9161	0,1106	0,1107	0,0867	0,0867

Continua...

Tabela 4.3 - Conclusão

Filtros	Parâmetros da regressão				Correlação e índice de ajuste						Medidas de dispersão			
	a (inf)	a (sup)	b (inf)	b (sup)	r (inf)	r (sup)	d1 (inf)	d1 (sup)	d2 (inf)	d2 (sup)	EMQ (inf)	EMQ (sup)	EMA (inf)	EMA (sup)
DB6 (dec3)	0,0611	0,0615	0,8085	0,8091	0,9087	0,9091	0,7354	0,7356	0,9128	0,9130	0,1119	0,1120	0,0869	0,0870
db8 (dec3)	0,0548	0,0552	0,8194	0,8202	0,9165	0,9168	0,7425	0,7428	0,9184	0,9186	0,1094	0,1095	0,0853	0,0854
dmeyer (dec3)	0,0453	0,0456	0,8629	0,8636	0,9383	0,9385	0,7971	0,7973	0,9494	0,9495	0,0890	0,0890	0,0690	0,0691
sym2 (dec3)	0,0863	0,0867	0,7589	0,7597	0,8809	0,8813	0,6937	0,6940	0,8838	0,8840	0,1235	0,1235	0,0963	0,0964
sym3 (dec3)	0,0650	0,0654	0,8135	0,8144	0,9151	0,9154	0,7496	0,7499	0,9229	0,9231	0,1052	0,1053	0,0817	0,0818
sym4 (dec3)	0,0547	0,0550	0,8353	0,8361	0,9280	0,9283	0,7713	0,7716	0,9350	0,9351	0,0985	0,0986	0,0761	0,0761
sym5 (dec3)	0,0593	0,0596	0,8216	0,8223	0,9183	0,9186	0,7538	0,7541	0,9252	0,9253	0,1045	0,1046	0,0815	0,0816
sym6 (dec3)	0,0552	0,0555	0,8247	0,8254	0,9213	0,9216	0,7525	0,7528	0,9247	0,9249	0,1053	0,1054	0,0819	0,0819

inf = Limite inferior do intervalo de confiança ($\alpha=99\%$) estimado por *Bootstrap*.

sup = Limite superior do intervalo de confiança ($\alpha=99\%$) estimado por *Bootstrap*.

4.2.2 Resultados da filtragem para a série temporal de valores de NDVI, EVI e EVI2 com simulação de 40% de ruídos

Ao simular uma série temporal de IV com 40% das datas com ruídos, observou uma alteração nos resultados dos filtros, como pode ser observado na Tabela 4.4. Com este nível de ruído, nenhum dos filtros apresentou coeficiente linear igual a zero ($\alpha=99\%$). Os filtros que apresentaram valores de coeficientes lineares mais próximos de zero foram: Hants (0,0016), 4253H twice (0,0125) e DB6 (dec2) (0,0156). Em relação aos coeficientes angulares, nenhum deles apresentou valor igual à unidade ($\alpha=99\%$). Os que apresentaram valores mais próximos de um (1) foram: o Hants (0,9280), o Savitzky–Golay (0,8700) e o duplo-logística (0,8410). Ao se comparar estes resultados com os obtidos para 10% das datas com ruídos, observa-se que estes valores dos coeficientes ficaram ainda mais distantes do desejável ($a=0$ e $b=1$).

Para este nível de ruídos, os filtros que tiveram maiores valores de correlação (r) e ajuste (índices $d1$ e $d2$) foram: o Hants, o Savitzky–Golay e o duplo-logística, cujos valores de correlação foram 0,9413; 0,9364 e 0,9252, respectivamente. Já para o índice $d1$ os valores foram: 0,7999 (Savitzky–Golay); 0,7959 (Hants) e 0,7786 (duplo-logística). Para o índice $d2$ os valores obtidos foram: 0,9488 (Hants); 0,9482 (Savitzky–Golay) e 0,9397 (duplo-logística). As menores medidas de dispersão (EMQ e EMA) foram obtidas pelos filtros Savitzky–Golay (0,0910 e 0,0694), duplo-logística (0,0955 e 0,0747) e Hants (0,0963 e 0,0755), respectivamente. De acordo com os resultados obtidos pode-se afirmar que os filtros Hants, Savitzky–Golay e duplo-logística tiveram desempenho similar e foram mais indicados para filtrar as séries temporais com 40% das datas.

Tabela 4.4 – Resultados do teste de redução de ruídos pelos filtros selecionados, com 40% de datas com inserção de ruídos

Filtros	Parâmetros da regressão				Correlação e índice de ajuste						Medidas de dispersão			
	a (inf)	a (sup)	b (inf)	b (sup)	r (inf)	r (sup)	d1 (inf)	d1 (sup)	d2 (inf)	d2 (sup)	EMQ (inf)	EMQ (sup)	EMA (inf)	EMA (sup)
4253H twice	0,0125	0,0129	0,8298	0,8308	0,8993	0,8999	0,6738	0,6742	0,8566	0,8569	0,1556	0,1558	0,1197	0,1198
gaussiano assimétrico	0,0561	0,0564	0,8374	0,8381	0,9179	0,9183	0,7752	0,7755	0,9339	0,9340	0,0999	0,1000	0,0762	0,0763
Hants	0,0016	0,0019	0,9273	0,9280	0,9411	0,9413	0,7957	0,7959	0,9487	0,9488	0,0963	0,0964	0,0755	0,0756
duplo-logística	0,0580	0,0583	0,8404	0,8410	0,9249	0,9252	0,7784	0,7786	0,9396	0,9397	0,0955	0,0955	0,0747	0,0747
Savitzky–Golay	0,0393	0,0396	0,8694	0,8700	0,9362	0,9364	0,7996	0,7999	0,9481	0,9482	0,0910	0,0911	0,0694	0,0694
bior1.3 (dec2)	0,0232	0,0236	0,7767	0,7777	0,8548	0,8554	0,6075	0,6079	0,7985	0,7988	0,1831	0,1833	0,1446	0,1448
bior1.5 (dec2)	0,0158	0,0161	0,7933	0,7942	0,8727	0,8732	0,6137	0,6140	0,8087	0,8090	0,1799	0,1800	0,1437	0,1438
coif2 (dec2)	0,0163	0,0166	0,7928	0,7936	0,8969	0,8973	0,6175	0,6179	0,8148	0,8151	0,1756	0,1758	0,1409	0,1411
coif3 (dec2)	0,0164	0,0168	0,7925	0,7935	0,8965	0,8970	0,6174	0,6177	0,8148	0,8151	0,1757	0,1758	0,1410	0,1411
coif4 (dec2)	0,0164	0,0168	0,7927	0,7936	0,8963	0,8968	0,6173	0,6176	0,8146	0,8149	0,1756	0,1757	0,1409	0,1410
DB6 (dec2)	0,0156	0,0160	0,8325	0,8474	0,8899	0,8904	0,6162	0,6166	0,8128	0,8131	0,1772	0,1773	0,1417	0,1419
db8 (dec2)	0,0161	0,0164	0,7920	0,7929	0,8948	0,8952	0,6145	0,6148	0,8122	0,8125	0,1768	0,1769	0,1421	0,1423
dmeyer (dec2)	0,0165	0,0169	0,7921	0,7930	0,8953	0,8958	0,6163	0,6166	0,8139	0,8142	0,1760	0,1761	0,1413	0,1414
sym2 (dec2)	0,0238	0,0241	0,7749	0,7758	0,8774	0,8780	0,6111	0,6114	0,8018	0,8021	0,1800	0,1802	0,1421	0,1423
sym3 (dec2)	0,0169	0,0173	0,7904	0,7913	0,8901	0,8906	0,6157	0,6160	0,8118	0,8120	0,1773	0,1774	0,1416	0,1418
sym4 (dec2)	0,0159	0,0162	0,7935	0,7944	0,8953	0,8958	0,6173	0,6176	0,8148	0,8151	0,1759	0,1760	0,1411	0,1412
sym5 (dec2)	0,0158	0,0161	0,7942	0,7950	0,8977	0,8981	0,6181	0,6185	0,8156	0,8159	0,1754	0,1755	0,1408	0,1410
sym6 (dec2)	0,0163	0,0166	0,7926	0,7935	0,8888	0,8893	0,6166	0,6169	0,8124	0,8127	0,1770	0,1772	0,1414	0,1416
bior1.3 (dec3)	0,0761	0,0766	0,6578	0,6588	0,7955	0,7962	0,5620	0,5622	0,7282	0,7285	0,1959	0,1961	0,1497	0,1498
bior1.5 (dec3)	0,0578	0,0582	0,6966	0,6976	0,8084	0,8092	0,5729	0,5732	0,7495	0,7498	0,1936	0,1938	0,1500	0,1502
coif2 (dec3)	0,0573	0,0577	0,6890	0,6899	0,8586	0,8591	0,5668	0,5670	0,7449	0,7452	0,1937	0,1938	0,1516	0,1517
coif3 (dec3)	0,0419	0,0422	0,7425	0,7434	0,8832	0,8837	0,6039	0,6042	0,7940	0,7944	0,1764	0,1765	0,1391	0,1392
coif4 (dec3)	0,0467	0,0471	0,7126	0,7134	0,8741	0,8746	0,5738	0,5741	0,7594	0,7597	0,1907	0,1908	0,1508	0,1510

Continua ...

Tabela 4.4 - Conclusão

Filtros	Parâmetros da regressão				Correlação e índice de ajuste						Medidas de dispersão			
	a (inf)	a (sup)	b (inf)	b (sup)	r (inf)	r (sup)	d1 (inf)	d1 (sup)	d2 (inf)	d2 (sup)	EMQ (inf)	EMQ (sup)	EMA (inf)	EMA (sup)
DB6 (dec3)	0,0486	0,0490	0,7115	0,7124	0,8662	0,8667	0,5773	0,5776	0,7607	0,7610	0,1897	0,1898	0,1489	0,1491
db8 (dec3)	0,0444	0,0448	0,7186	0,7194	0,8752	0,8756	0,5766	0,5769	0,7638	0,7641	0,1896	0,1897	0,1502	0,1503
dmeyer (dec3)	0,0362	0,0365	0,7555	0,7563	0,8917	0,8922	0,6104	0,6107	0,8024	0,8027	0,1742	0,1743	0,1378	0,1379
sym2 (dec3)	0,0686	0,0690	0,6730	0,6739	0,8357	0,8363	0,5707	0,5710	0,7404	0,7408	0,1921	0,1923	0,1473	0,1474
sym3 (dec3)	0,0570	0,0574	0,7051	0,7060	0,8672	0,8676	0,5861	0,5863	0,7686	0,7689	0,1831	0,1832	0,1430	0,1431
sym4 (dec3)	0,0461	0,0464	0,7279	0,7287	0,8809	0,8814	0,5928	0,5931	0,7815	0,7818	0,1808	0,1810	0,1428	0,1429
sym5 (dec3)	0,0460	0,0464	0,7250	0,7259	0,8726	0,8731	0,5904	0,5907	0,7759	0,7763	0,1836	0,1838	0,1441	0,1442
sym6 (dec3)	0,0484	0,0487	0,7145	0,7154	0,8770	0,8775	0,5810	0,5812	0,7664	0,7667	0,1869	0,1871	0,1474	0,1475

inf = Limite inferior do intervalo de confiança ($\alpha=99\%$) estimado por *Bootstrap*.

sup = Limite superior do intervalo de confiança ($\alpha=99\%$) estimado por *Bootstrap*.

4.2.3 Resultados para a série temporal de valores de NDVI, EVI e EVI2 com simulação de 70% de ruídos

Ao simular uma série temporal de valores de IV com 70% das datas com ruídos (Tabela 4.5) observou novamente que para nenhum dos filtros testados o valor do coeficiente linear foi igual a zero ($\alpha=99\%$). No entanto, os resultados da filtragem que apresentaram valores do coeficiente “a” mais próximo de zero foram: o 4253H twice (0,0044); o bior1.5 (dec2) (0,0070) e o sym5 (dec2) (0,0072). Para o coeficiente angular “b” os resultados mais próximo da unidade ($\alpha=99\%$) foram obtidos com os filtros Hants (0,8456); o Savitzky–Golay (0,7994) e o duplo-logística (0,7687). Ao comparar estes resultados com os obtidos para a série temporal simulada com 40% das datas com ruídos percebe-se que neste caso os valores ficaram ainda mais distantes do desejável ($a=0$ e $b=1$). Mesmo assim, os filtros que tiveram os melhores coeficientes angulares continuaram sendo os mesmos três supracitados, cujos valores da correlação “r” foram, 0,8941; 0,8940 e 0,8828, respectivamente. Com relação ao ajuste (índices d1 e d2) os resultados da filtragem que obtiveram maiores coeficientes foram com o duplo-logística (0,6560; 0,8407), com o Savitzky–Golay (0,6540; 0,8453) e com o gaussiano assimétrico (0,6405; 0,8201). Como também foram os que apresentaram os menores valores de dispersão (EMQ, EMA), ou seja: duplo-logística (0,1537; 0,1184), Savitzky–Golay (0,1570; 0,1234) e gaussiano assimétrico (0,1644; 0,1253). Mais uma vez constata-se similaridade do desempenho dos filtros entre 40 e 70% de datas com ruídos.

Tabela 4.5 – Resultados do teste de redução de ruídos pelos filtros selecionados, com 70% de datas com inserção de ruídos

Filtros	Parâmetros da regressão				Correlação e índice de ajuste						Medidas de dispersão			
	a (inf)	a (sup)	b (inf)	b (sup)	r (inf)	r (sup)	d1 (inf)	d1 (sup)	d2 (inf)	d2 (sup)	EMQ (inf)	EMQ (sup)	EMA (inf)	EMA (sup)
4253H Twice	0,0044	0,0048	0,7063	0,7074	0,8211	0,8219	0,4746	0,4748	0,6685	0,6688	0,2578	0,2580	0,2196	0,2198
gaussiano assimétrico	0,0481	0,0484	0,7539	0,7548	0,8624	0,8631	0,6401	0,6405	0,8197	0,8201	0,1644	0,1645	0,1253	0,1254
Hants	(0,0135)	(0,0131)	0,8448	0,8456	0,8936	0,8941	0,5966	0,5969	0,8172	0,8175	0,1849	0,1850	0,1568	0,1569
duplo-logística	0,0474	0,0477	0,7680	0,7687	0,8823	0,8828	0,6556	0,6560	0,8403	0,8407	0,1537	0,1538	0,1184	0,1185
Savitzky–Golay	0,0275	0,0278	0,7987	0,7994	0,8935	0,8940	0,6537	0,6540	0,8450	0,8453	0,1570	0,1572	0,1234	0,1235
bior1.3 (dec2)	0,0151	0,0155	0,6763	0,6772	0,8071	0,8079	0,4679	0,4682	0,6527	0,6530	0,2622	0,2623	0,2213	0,2215
bior1.5 (dec2)	0,0070	0,0074	0,6941	0,6952	0,8181	0,8188	0,4683	0,4685	0,6591	0,6594	0,2619	0,2621	0,2232	0,2234
coif2 (dec2)	0,0077	0,0081	0,6935	0,6944	0,8404	0,8411	0,4688	0,4690	0,6622	0,6625	0,2596	0,2597	0,2222	0,2223
coif3 (dec2)	0,0078	0,0082	0,6931	0,6941	0,8399	0,8406	0,4687	0,4689	0,6619	0,6622	0,2596	0,2598	0,2222	0,2224
coif4 (dec2)	0,0079	0,0082	0,6933	0,6941	0,8398	0,8404	0,4688	0,4690	0,6620	0,6623	0,2596	0,2597	0,2221	0,2223
DB6 (dec2)	0,0081	0,0085	0,6918	0,6928	0,8365	0,8372	0,4672	0,4675	0,6603	0,6605	0,2604	0,2605	0,2227	0,2229
db8 (dec2)	0,0076	0,0080	0,6917	0,6926	0,8388	0,8394	0,4669	0,4671	0,6598	0,6600	0,2609	0,2610	0,2234	0,2236
dmeyer (dec2)	0,0084	0,0087	0,6921	0,6929	0,8395	0,8401	0,4684	0,4686	0,6613	0,6616	0,2596	0,2598	0,2221	0,2222
sym2 (dec2)	0,0136	0,0140	0,6788	0,6798	0,8231	0,8238	0,4677	0,4679	0,6539	0,6542	0,2615	0,2617	0,2218	0,2220
sym3 (dec2)	0,0100	0,0103	0,6875	0,6884	0,8346	0,8352	0,4677	0,4679	0,6590	0,6592	0,2605	0,2606	0,2223	0,2224
sym4 (dec2)	0,0080	0,0083	0,6927	0,6936	0,8403	0,8409	0,4686	0,4688	0,6620	0,6622	0,2596	0,2598	0,2222	0,2223
sym5 (dec2)	0,0072	0,0076	0,6945	0,6954	0,8398	0,8404	0,4688	0,4690	0,6626	0,6628	0,2596	0,2598	0,2223	0,2224
sym6 (dec2)	0,0085	0,0089	0,6913	0,6924	0,8334	0,8341	0,4679	0,4681	0,6600	0,6603	0,2603	0,2605	0,2223	0,2225
bior1.3 (dec3)	0,0573	0,0577	0,5809	0,5818	0,7473	0,7482	0,4680	0,4682	0,6138	0,6140	0,2648	0,2650	0,2135	0,2137
bior1.5 (dec3)	0,0452	0,0457	0,6067	0,6077	0,7612	0,7620	0,4651	0,4653	0,6234	0,6237	0,2651	0,2653	0,2168	0,2170
coif2 (dec3)	0,0424	0,0428	0,6049	0,6057	0,8012	0,8019	0,4614	0,4616	0,6199	0,6201	0,2678	0,2679	0,2211	0,2213
coif3 (dec3)	0,0312	0,0315	0,6478	0,6488	0,8256	0,8262	0,4752	0,4754	0,6487	0,6489	0,2559	0,2561	0,2128	0,2130
coif4 (dec3)	0,0342	0,0346	0,6232	0,6241	0,8163	0,8170	0,4611	0,4613	0,6277	0,6280	0,2671	0,2672	0,2227	0,2229

Continua

Tabela 4.5 - Conclusão

Filtros	Parâmetros da regressão				Correlação e índice de ajuste						Medidas de dispersão			
	a (inf)	a (sup)	b (inf)	b (sup)	r (inf)	r (sup)	d1 (inf)	d1 (sup)	d2 (inf)	d2 (sup)	EMQ (inf)	EMQ (sup)	EMA (inf)	EMA (sup)
DB6 (dec3)	0,0366	0,0370	0,6213	0,6222	0,8065	0,8072	0,4634	0,4636	0,6285	0,6288	0,2655	0,2657	0,2202	0,2204
db8 (dec3)	0,0325	0,0329	0,6283	0,6291	0,8173	0,8180	0,4617	0,4619	0,6304	0,6307	0,2663	0,2665	0,2224	0,2226
dmeyer (dec3)	0,0251	0,0254	0,6605	0,6615	0,8353	0,8359	0,4748	0,4750	0,6543	0,6545	0,2558	0,2559	0,2144	0,2146
sym2 (dec3)	0,0534	0,0538	0,5876	0,5886	0,7774	0,7782	0,4670	0,4672	0,6168	0,6171	0,2645	0,2647	0,2145	0,2147
sym3 (dec3)	0,0411	0,0415	0,6215	0,6224	0,8099	0,8106	0,4725	0,4727	0,6349	0,6352	0,2593	0,2595	0,2134	0,2136
sym4 (dec3)	0,0320	0,0324	0,6402	0,6411	0,8253	0,8259	0,4709	0,4711	0,6422	0,6424	0,2594	0,2595	0,2161	0,2163
sym5 (dec3)	0,0364	0,0368	0,6289	0,6298	0,8139	0,8145	0,4695	0,4697	0,6362	0,6364	0,2609	0,2611	0,2159	0,2160
sym6 (dec3)	0,0331	0,0334	0,6306	0,6316	0,8209	0,8215	0,4649	0,4651	0,6334	0,6337	0,2640	0,2641	0,2202	0,2204

inf = Limite inferior do intervalo de confiança ($\alpha=99\%$) estimado por *Bootstrap*.

sup = Limite superior do intervalo de confiança ($\alpha=99\%$) estimado por *Bootstrap*.

Os resultados de Hird e Mcdermid (2009) apontam como sendo os melhores filtros o duplo-logística, o gaussiano assimétrico e o 4253H twice, nesta ordem, pois apresentaram o menor EMQ. O trabalho de Xiaoliang *et al.* (2007) não oferece uma medida de dispersão ou de desempenho dos filtros utilizados que permita comparar com o presente trabalho. Entretanto os autores apontam para a facilidade do uso da técnica de Wavelet e de FFT em função das bibliotecas das mesmas estarem disponíveis em IDL ou no Matlab. Esta facilidade também foi observada neste trabalho.

De maneira geral pode-se notar que os filtros 4253H twice, Wavelet-DB6, Hants, Savitzky–Golay e duplo-logística apresentaram resultados superiores aos demais filtros. Por esta razão, estes filtros foram selecionados para filtrar a série histórica de dados Modis, para a estimativa da data de plantio, de MDV e de colheita da soja.

4.3 Estimativa da data de plantio, máximo desenvolvimento vegetativo (MDV) e colheita da soja

Na Figura 4.5 é apresentado um exemplo da curva da série temporal dos valores de EVI, referentes ao pixel central do talhão de soja número 27, com os valores de refletância da banda 3 e do ângulo de visada. Um detalhe interessante que pode ser observado nesta figura é que a data do pixel que formou a imagem referente à composição 361 e à composição 1, que deveriam ser diferentes, referem-se ao mesmo DOY, o dia 3. Ou seja, para estas duas composições (361 e 1) foi utilizado o mesmo valor. Por causa disto, uma destas informações foi eliminada antes de realizar a interpolação. A diferença média entre as datas que formaram a série temporal, para o pixel central do talhão 27, situa-se próxima de 8 dias. No entanto, a diferença de datas quando este pixel foi observado a data deste pixel na composição 313 e na 321 foi de quatorze dias, pois as informações que deveriam ter sido obtidas no DOY 321, foram substituídas por informações obtidas no DOY 327, ou seja, 14 dias de diferença. A aplicação das restrições com relação à banda 3, sugeridas por Sakamoto *et al.* (2005), e do ângulo de visada menor que 30 graus, mais a eliminação dos pixels pertencentes à mesma data, sugeridas por Thayn e Price (2008) fez com que 18% de todos os dados nas composições de 8 dias fossem considerados inválidos.

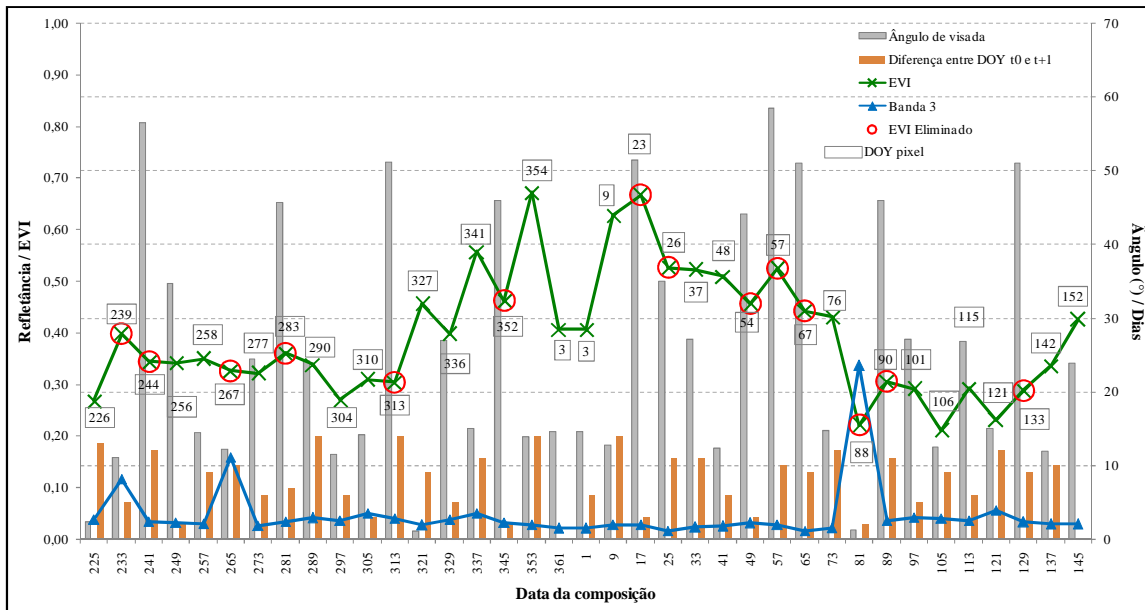


Figura 4.5 – Exemplo dos dados utilizados para eliminar valores anômalos tomando por base os valores de refletância da banda 3 e do ângulo de visada. Também são apresentados os valores do DOY de obtenção do pixel, número de dias entre cada pixel utilizado para formar a imagem, EVI e EVI eliminado da análise, correspondente ao talhão 27.

Na Figura 4.6 é apresentado o mesmo perfil temporal do talhão 27, posterior à aplicação das restrições com relação à banda 3 (SAKAMOTO *et al.*, 2005), e do ângulo de visada menor que 30 graus, mais a eliminação dos pixels pertencentes à mesma data (THAYN e PRICE, 2008), juntamente com um exemplo da filtragem em que foram utilizados os cinco filtros para remover valores anômalos nos dados de EVI. Nesta figura pode-se observar que apesar da redução da variação do IV ocasionada pelas restrições, continuaram a ocorrer valores anômalos. Nota que os filtros de Hants, Savitzky-Golay e 4253H twice tendem a manter o formato original da curva (EVI sem interpolar). No entanto, o filtro 4253H twice deslocou a curva no tempo. Como o objetivo do trabalho é estimar as datas de plantio, do MDV e da colheita, este deslocamento ocasionaria aumento do erro nestas estimativas. Por esta razão, este filtro (4253H twice) foi excluído desta pesquisa. O filtro de Wavelet – DB6 foi sensível às grandes variações nos dados de EVI, o que pode ser observado pela amenização da curva ao longo do tempo. O filtro duplo-logística gerou uma curva média dos dados, sem destacar os pontos de mínimo e de máximo.

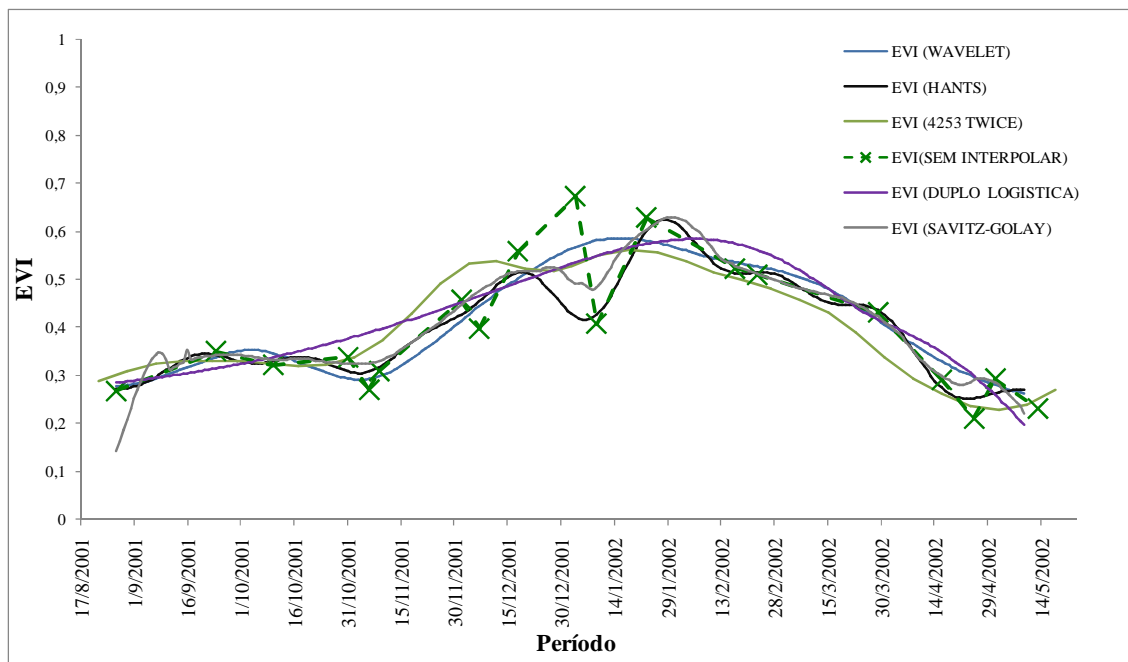


Figura 4.6 – Exemplo de perfil temporal (talhão 27) com o IV EVI posterior à aplicação das restrições, com o uso dos filtros de Wavelet – DB6, Hants, 4253H twice, duplo-logística e Savitzky-Golay.

As datas de MDV e de colheita foram estimadas utilizando o modelo SMA. Tomando como exemplo o talhão de soja 51, obteve-se os valores das datas de MDV e de colheita, obtidas por meio do SMA, juntamente com a curva da série temporal dos valores do EVI, filtrado por Wavelet-DB6, conforme pode ser visualizado na Figura 4.7. Nesta Figura pode-se observar que a mudança de estágio de R1 para R3 (Florescimento para a Vagem) ocorre quando a curva atingiu o ápice (próximo a 0,6). Estes resultados são corroborados pelos resultados apresentados por Tucker *et al.* (1979) e por Sakamoto *et al.* (2010).

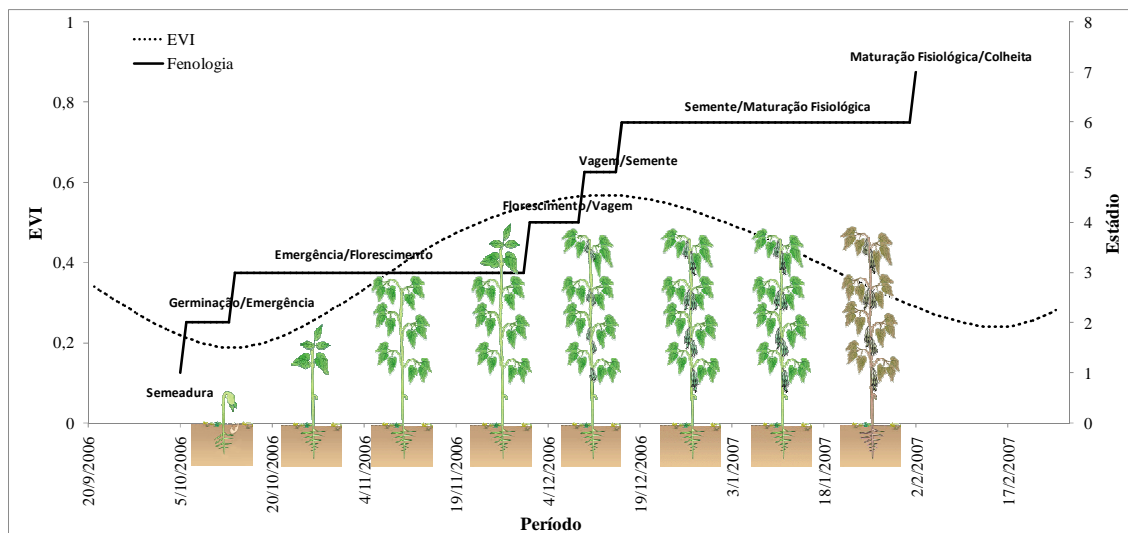


Figura 4.7 – Exemplo de perfil temporal (talhão 51) com o EVI, filtrado com Wavelet – DB6, e estádios fenológicos estimados para este talhão, para a data de plantio de 01/10/2006, para a variedade CD 206, cultivada neste talhão.

4.3.1 Estimativa da data de plantio por meio da série temporal de EVI

A Figura 4.8 apresenta os resultados do *bootstrap* aplicado à análise de regressão para as estimativas dos coeficientes: “a”, “b” e “r” entre as datas de plantio de soja, obtidas a campo e as estimadas a partir da série temporal de valores do EVI, filtrada pelos os filtros: Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6. Os resultados mostram que houve uma regressão significativa independente do filtro utilizado, pois em nenhum deles os valores do coeficiente “b” foram iguais a zero. Os valores de (r) variaram de 0,84 a 0,97, o que mostra também que existe correlação entre as estimativas e os dados de campo. No entanto, os melhores resultados foram obtidos quando os dados foram filtrados pelo duplo-logística e pelo Wavelet – DB6, pois apresentaram probabilidades do coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” e ser igual a um (1), o que indica que as datas de plantio, estimadas a partir da série temporal, filtrada por estes dois filtros, e as datas observadas a campo foram estatisticamente iguais. Para estes dois filtros, os coeficientes de correlação (r) variaram entre de 0,84 a 0,90 e 0,96 a 0,98, respectivamente. Os outros dois filtros tiveram comportamento similar entre si, com os valores de “a” variando em torno de 30 dias (com probabilidade quase nula de ser igual a zero) e os valores de “b” em torno de 0,90 (com probabilidade quase nula de ser igual à um). Estas correlações são similares às encontradas por (TUCKER *et al.*, 1979), que utilizou medidas radiométricas de campo para acompanhar o desenvolvimento da soja.

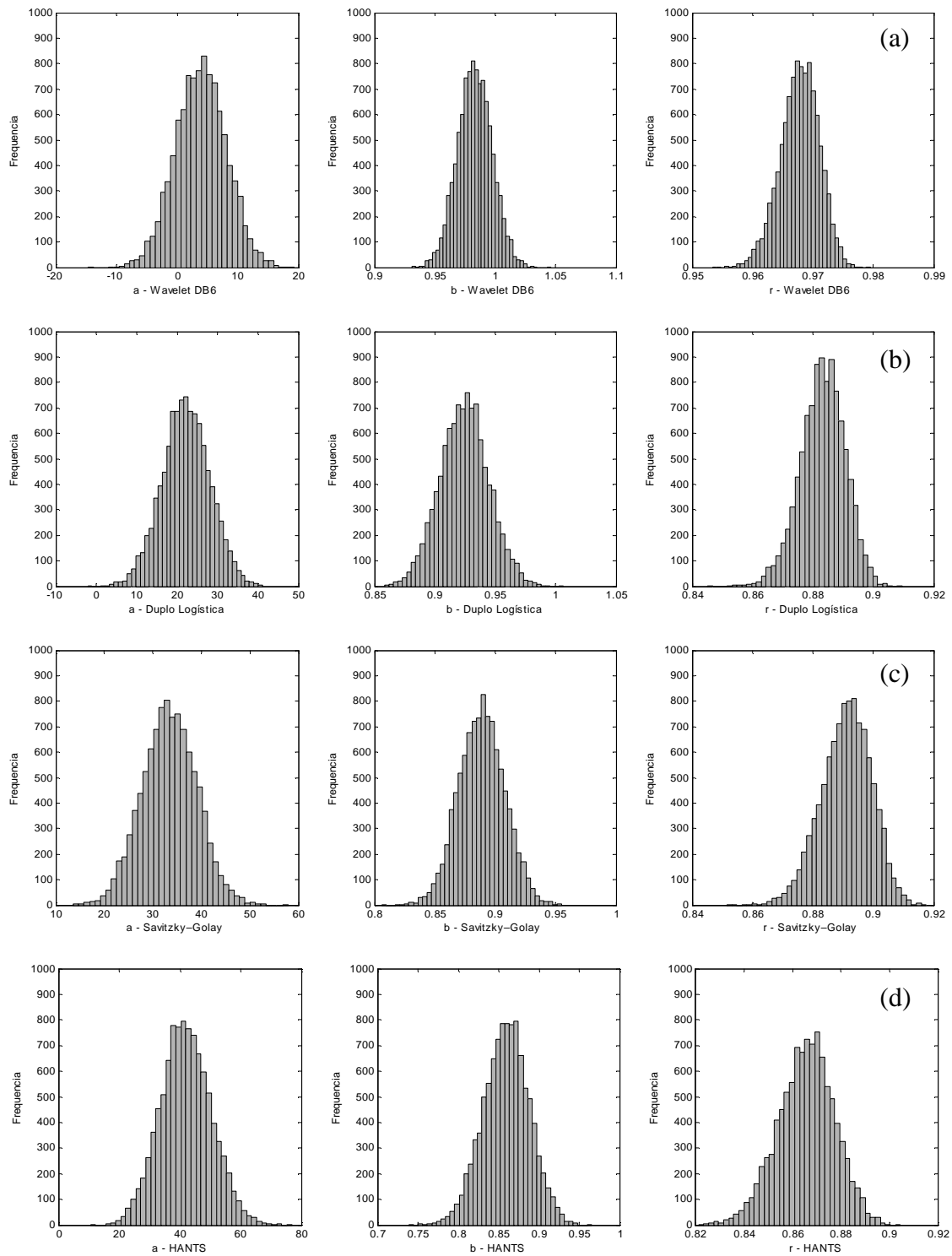


Figura 4.8 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de plantio de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao EVI.

Na Tabela 4.6 podem ser visualizados os limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) para o Erro Médio Quadrático (EMQ), o Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices d1 e

d2, obtidos através da análise de regressão entre as datas de plantio estimadas através da série temporal de valores do EVI e as datas observadas a campo, informadas pela FABC. Os menores valores de EMQ e EMA foram obtidos utilizando a filtragem por Wavelets – DB6, cujos valores ficaram em torno de 8 a 9 dias. Os índices d1 (0,67 a 0,72) e d2 (0,83 a 0,87) indicam boa agregação entre as datas estimadas e as datas reais de plantio. Para estimar a data de plantio de arroz, Sakamoto *et al.* (2005) obtiveram valores de EMQ que variaram de 12 a 17 dias, de acordo com o filtro utilizado na série temporal do EVI. Sakamoto *et al.* (2010) ao estimar o estágio V1 para a cultura da soja obtiveram EMQ de 6 dias.

Tabela 4.6 – Valores do Erro Médio Quadrático (EMQ), do Erro Médio Absoluto (EMA) e dos índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de plantio de soja datas observadas em campo e estimada por meio da série temporal de valores de EVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.

Filtro	Limite do intervalo de confiança ^a	EMQ	EMA	d1	d2
Hants	Inferior	11,84	10,58	0,65	0,72
	Superior	12,51	11,34	0,74	0,77
Duplo-logística	Inferior	10,17	9,29	0,74	0,78
	Superior	10,66	9,81	0,80	0,81
Savitzky-Golay	Inferior	9,89	9,06	0,74	0,79
	Superior	10,37	9,57	0,79	0,85
Wavelet-DB6	Inferior	9,41	8,57	0,67	0,83
	Superior	9,86	9,07	0,72	0,87

^a Limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) com valores estimados pelo *Bootstrap*.

4.3.2 Estimativa da data de plantio por meio da série temporal de NDVI

A Figura 4.9 apresenta os resultados do *bootstrap* aplicado à análise de regressão para as estimativas dos coeficientes: “a”, “b” e “r” entre as datas de plantio de soja, obtidas a campo e os valores estimados, quando a série temporal de valores do NDVI foi filtrada pelos filtros: Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6. Os resultados mostram que a regressão foi significativa independente do filtro utilizado, pois em nenhum deles os valores do coeficiente “b” foi igual a zero. Os valores de (r) variaram de 0,84 a 0,97, o que mostra também que existe correlação entre as estimativas e os dados de campo. No entanto, pode-se afirmar que os melhores resultados foram obtidos para os filtros duplo-logística e Wavelet – DB6, pois apresentaram probabilidades do

coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” e ser igual a um (1), similares aos resultados encontrados por Henderson e Badhwar (1984). Estes resultados indicam que as datas de plantio, estimadas pela série temporal filtrada por estes dois filtros, com as informações de campo são estatisticamente iguais. Os valores dos coeficientes de correlação (r) variaram entre 0,84 a 0,90 e 0,96 a 0,98, respectivamente. Os outros dois filtros tiveram comportamento similar entre si, com “a” variando em torno de 30 (com probabilidade quase nula de ser igual a zero) e de “b” em torno de 0,90 (com probabilidade quase nula de ser igual a um).

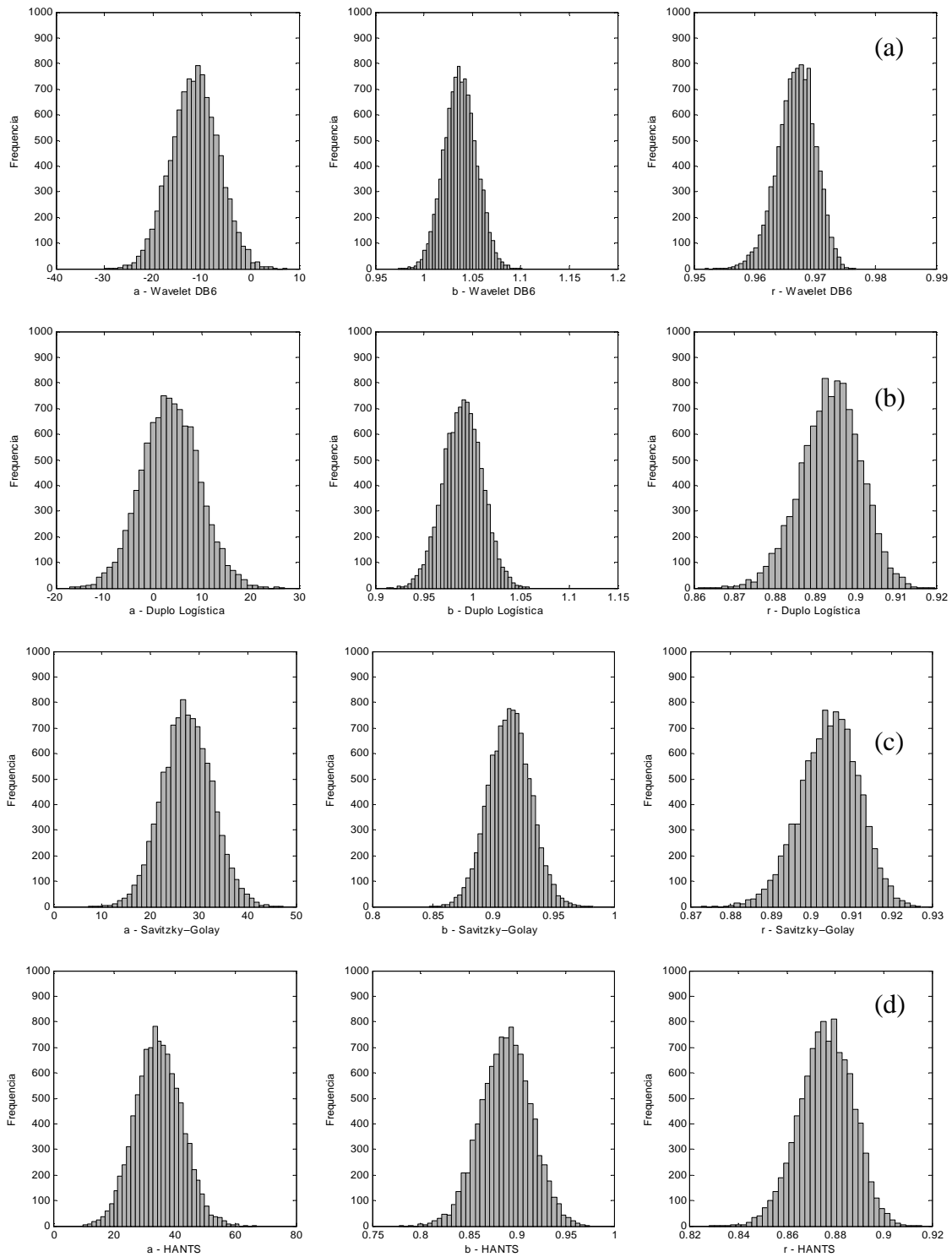


Figura 4.9 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de plantio de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao NDVI.

A Tabela 4.7 apresenta os limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) para o EMQ, o EMA e os índices d1 e d2, obtidos pela análise de regressão entre as datas de plantio de soja estimadas utilizando a série temporal de valores de NDVI, filtrada pelos filtros: Hants, Duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet-DB6 e as datas observadas a campo, informadas pela FABC. Os menores valores de EMQ e EMA foram obtidos, quando se utilizou o Wavelets – DB6 para filtrar a série de valores do NDVI. Neste caso, os valores de erro ficaram em torno de 9 a 10 dias, similares aos encontrados por (Boschetti *et al.*, 2009) que estimaram a data de plantio do arroz utilizando NDVI. Os índices d1 e d2 indicam boa agregação entre as datas estimadas e as datas observadas em campo, com valores entre 0,68 a 0,73 e 0,81 a 0,87, respectivamente.

Tabela 4.7 – Valores do Erro Médio Quadrático (EMQ), Erro Médio Absoluto (EMA) e dos índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de plantio de soja observadas em campo e estimada por meio da série temporal de valores de NDVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.

Filtro	Limite do intervalo de confiança ^a	EMQ	EMA	d1	d2
Hants	Inferior	11,61	10,43	0,67	0,73
	Superior	12,30	11,15	0,76	0,77
Duplo-logística	Inferior	10,19	9,24	0,73	0,77
	Superior	10,69	9,79	0,80	0,81
Savitzky-Golay	Inferior	9,56	8,79	0,76	0,81
	Superior	10,03	9,29	0,80	0,87
Wavelet-DB6	Inferior	9,61	8,87	0,68	0,81
	Superior	10,05	9,35	0,73	0,87

^a Limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) com valores estimados pelo *Bootstrap*.

De maneira geral a filtragem por Wavelet – DB6 apresentou resultados similares quando aplicado ao NDVI e ao EVI, com coeficiente “a” estatisticamente igual a zero, coeficiente “b” estatisticamente igual a um e correlações superiores a 0,95. Os erros (EMQ e EMA) nas estimativas das datas de plantio, situam-se na casa de 9 a 10 dias. Estes resultados estão de acordo com os observados por Tucker *et al.* (1979); Henderson e Badhwar (1984); Sakamoto *et al.* (2005); Boschetti *et al.* (2009); e por Sakamoto *et al.* (2010).

A Figura 4.10 apresenta o diagrama de dispersão entre as datas de plantio informadas pela FABC e as estimadas através da série temporal de valores de NDVI filtrados por

Wavelet – DB6. Pode-se observar que a grande maioria das estimativas encontra-se entre as linhas de oito dias de erro. Apenas duas observações tiveram erros superiores a 16 dias. Também pode ser observada a tendência das observações de se encontrarem próximas à linha de 1 para 1, confirmando as estimativas apresentadas pelos histogramas (Figura 4.9).

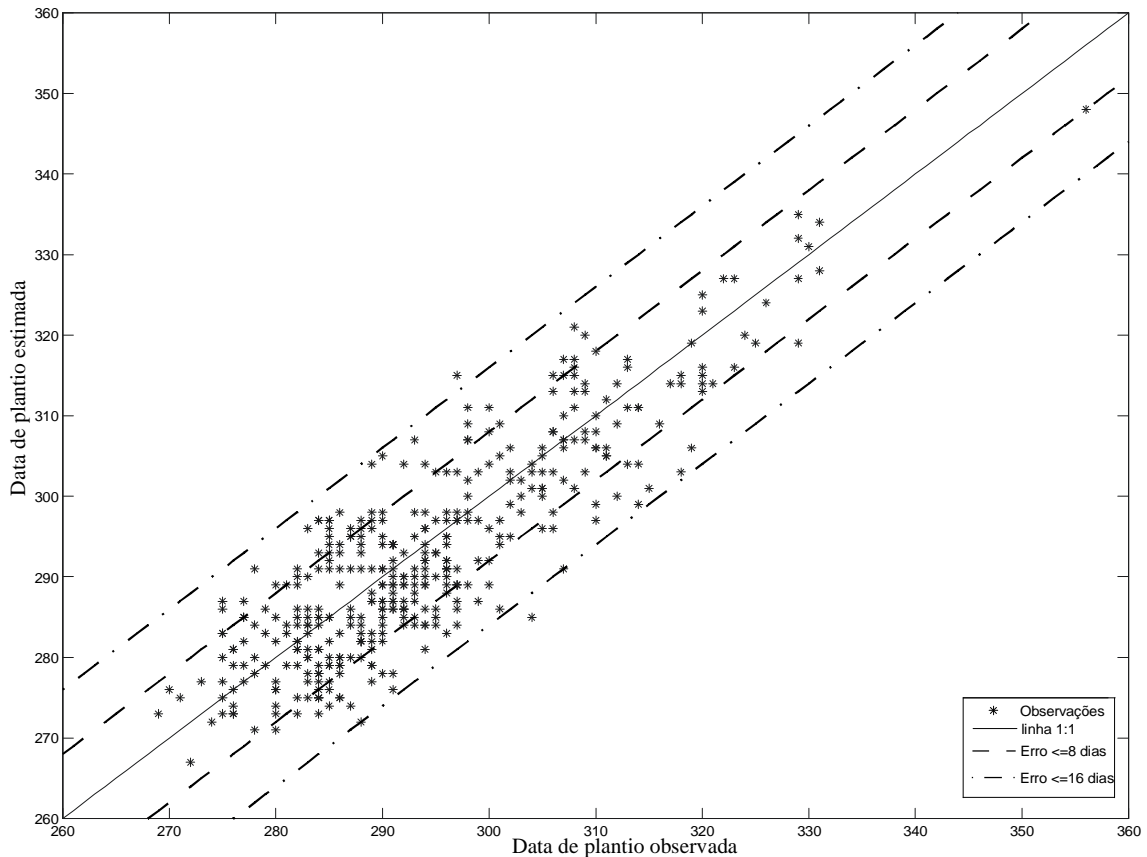


Figura 4.10 – Diagrama de dispersão entre as datas de plantio informadas pela FABC e as estimadas pela série temporal de NDVI filtrada por Wavelet – DB6.

4.3.3 Estimativa da data de MDV por meio da série temporal de EVI

A Figura 4.11 apresenta os resultados do *bootstrap* aplicado à análise de regressão para as estimativas dos coeficientes: “a”, “b” e “r” entre os valores das datas de MDV da soja estimadas pelo modelo SMA e as obtidas por meio da série temporal de valores de EVI, filtrado por Wavelet – DB6, duplo-logística, Savitzky-Golay e Hants. De modo geral, observou a existência de uma regressão significativa entre a data estimada pelo modelo e a data observada em campo, independente do filtro utilizado para filtrar a série temporal. Foram observados a probabilidade do coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” ser igual a um (1), permitindo afirmar que as datas de MDV estimadas

pelo SMA e as obtidas por meio da série temporal do EVI são estatisticamente iguais. Também pode ser observado que as correlações entre os dados estimados e os observados são superiores a 0,80, com destaque para os resultados obtidos quando se utilizou o filtro Wavelet-DB6, cujas correlações são superiores a 0,90.

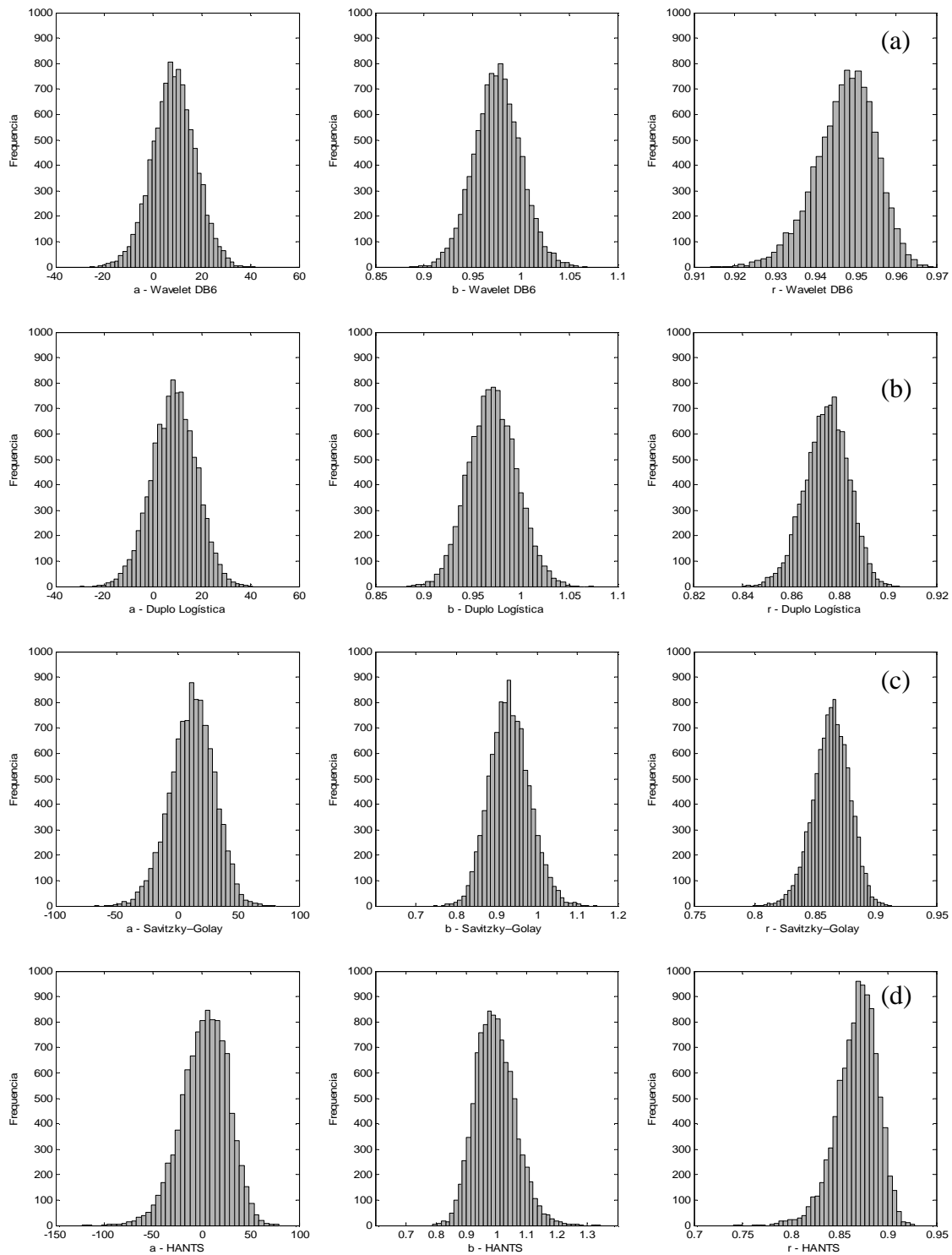


Figura 4.11 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de MDV de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao

EVI.

A Tabela 4.8 apresenta os limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) para o EMQ, o EMA e os índices d1 e d2, obtidos pela análise de regressão entre as datas de MDV estimadas por meio da série temporal de valores do EVI e as datas estimadas pelo SMA. Os efeitos dos filtros geraram estimativas com EMA e EMQ inferiores a 6 dias, com destaque para os dados filtrados pelo Wavelet-DB6, que estimou a data de MDV com 3 a 4 dias de erro. Os índices d1 e d2 indicam boa agregação entre as datas do MDV estimadas pelo SMA, com as informadas pela FABC, com variação entre 0,55 e 0,92, novamente com destaque para a filtragem por Wavelet-DB6 cujos valores de d1 variaram entre 0,80 e 0,86 e de d2 entre 0,87 e 0,92.

Tabela 4.8 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ), Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de MDV de soja estimadas pelo SMA e estimada por meio da série temporal de valores de EVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.

Filtro	Limite do intervalo de confiança ^a	EMQ	EMA	d1	d2
Hants	Inferior	5,76	4,56	0,54	0,67
	Superior	7,47	6,24	0,79	0,79
Duplo-logística	Inferior	6,82	5,74	0,66	0,70
	Superior	7,45	6,40	0,75	0,74
Savitzky-Golay	Inferior	6,49	5,15	0,65	0,76
	Superior	7,70	6,46	0,77	0,81
Wavelet-DB6	Inferior	3,62	2,97	0,80	0,87
	Superior	4,26	3,66	0,86	0,92

^a Limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) com valores estimados pelo *Bootstrap*.

4.3.4 Estimativa da data de MDV por meio da série temporal de NDVI

A Figura 4.12 apresenta os resultados do *bootstrap* aplicado à análise de regressão para as estimativas dos coeficientes: “a”, “b” e “r” entre os valores estimados para o MDV pelo modelo SMA e os obtidos utilizando o IV NDVI, aplicando os filtros: Wavelet – DB6, duplo-logística, Savitzky-Golay e Hants. Independentemente do filtro utilizado, todas as regressões foram significativas. As séries temporais de NDVI com todos os filtros apresentaram probabilidade do coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” ser igual a um (1), permitindo afirmar que as datas estimadas pelo SMA e utilizando o NDVI são estatisticamente iguais. Também pode ser observado que as

correlações entre os dados estimados e os observados são superiores a 0,80, com destaque a Wavelet-DB6, cujas correlações são superiores a 0,90.

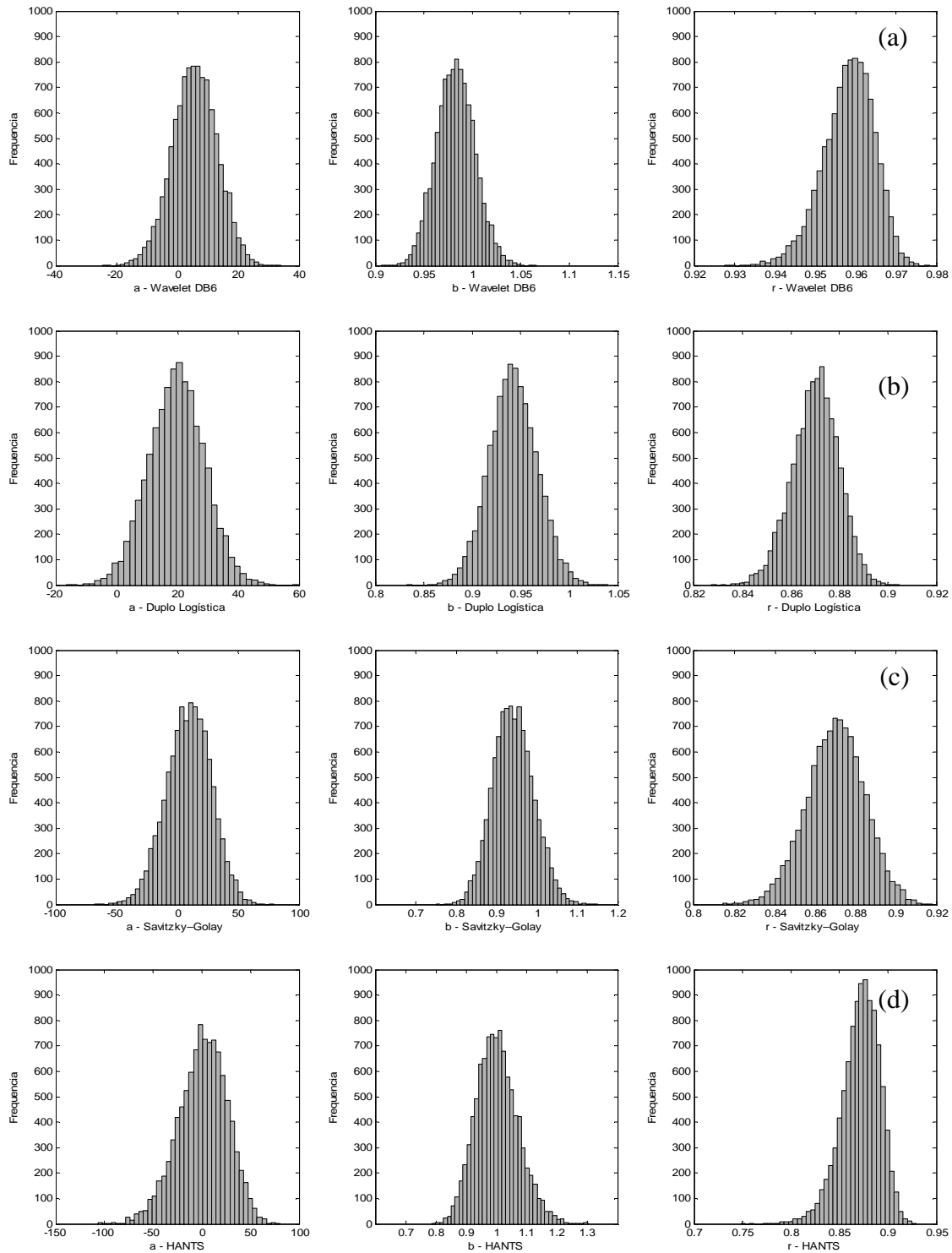


Figura 4.12 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a) e angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de MDV de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados ao NDVI.

A Tabela 4.9 apresenta os limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) para o EMQ, o EMA e os índices d1 e d2, obtidos pela análise de regressão entre as datas de MDV estimadas por meio da série temporal de valores do NDVI e as datas de MDV estimadas pelo SMA. Os resultados mostram que o efeito da filtragem produziram estimativas do EMA e do EMQ inferiores há 8 dias, com destaque para a filtragem por Wavelet-DB6 que estimou a data de MDV com 3 a 4 dias de erro. Ao comparar as datas de MDV estimadas pelo SMA com as estimadas pela série temporal de valores do NDVI nota-se que os índices os valores dos índices d1 e d2 indicaram boa agregação entre as datas de MDV e variou entre 0,55 a 0,92, novamente com destaque para a filtragem por Wavelet-DB6 cujos valores para d1 variaram entre 0,81 e 0,86 e d2 entre 0,87 e 0,93.

Tabela 4.9 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ) e Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as as datas de MDV estimadas pelo SMA e as datas de MDV de soja estimada por meio da série temporal de valores de NDVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.

Filtro	Limite do intervalo de confiança ^a	EMQ	EMA	d1	d2
Hants	Inferior	5,78	4,27	0,52	0,71
	Superior	7,72	6,17	0,80	0,82
Duplo-logística	Inferior	6,83	5,58	0,65	0,69
	Superior	7,51	6,28	0,75	0,74
Savitzky-Golay	Inferior	5,69	4,38	0,70	0,80
	Superior	7,03	5,62	0,83	0,85
Wavelet-DB6	Inferior	3,56	2,90	0,81	0,87
	Superior	4,21	3,59	0,86	0,93

^a Limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) com valores estimados pelo *Bootstrap*.

Os melhores resultados para a estimativa da data de MDV foram obtidos quando a série foi filtrada por Wavelet-DB6, independente do IV. Em todas as análises de regressão, para esta técnica de filtragem, os valores estimados pela técnica de *Bootstrap* tiveram coeficientes significativos sendo que o intercepto tem probabilidade de ser igual a zero e inclinação da reta tem probabilidade de ser igual a 1. As correlações entre as datas estimadas pela filtragem por Wavelet-DB6 e pelo SMA foram superiores a 0,9. Os valores de EMA e EMQ variaram de três a quatro dias, similares ao obtidos por Tucker *et al.* (1979); Henderson e Badhwar (1984); Sakamoto *et al.* (2010). A Figura 4.13

apresenta o diagrama de dispersão entre as datas de MDV estimadas pelo SMA e as datas de MDV estimadas utilizando filtragem por Wavelet – DB6 aplicados ao EVI. Nesta figura pode ser observado que a grande maioria das estimativas apresenta dispersão menor que oito dias. Também pode ser observada a tendência das estimativas se encontrarem próximas a linha de 1 para 1, confirmando as tendências apresentadas pelos histogramas (Figura 4.11)

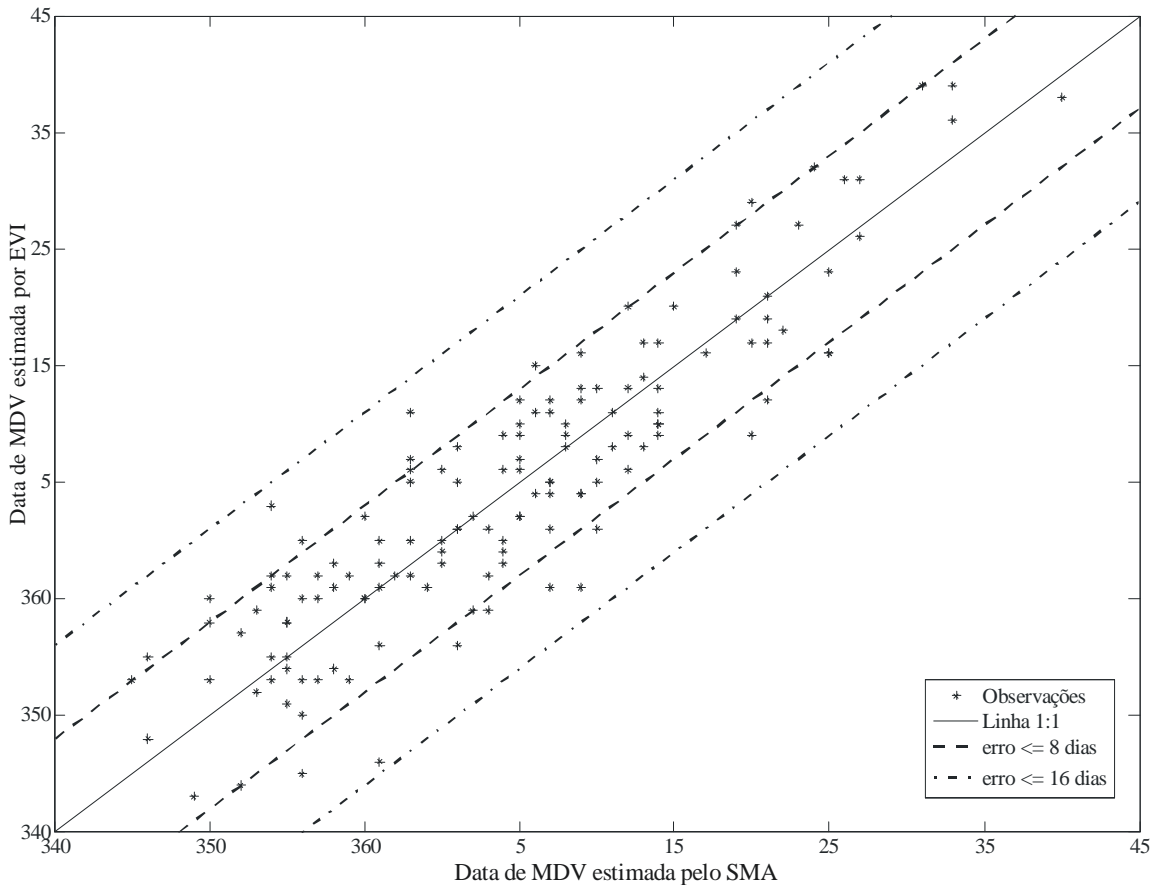


Figura 4.13 – Diagrama de dispersão entre as datas de MDV estimadas pelo SMA e as datas estimadas pela série temporal de EVI filtrada por Wavelet – DB6.

4.3.5 Estimativa da data de colheita por meio da série temporal de EVI

A Figura 4.14 apresenta resultado do *bootstrap* aplicado à análise de regressão entre os valores estimados para a data de colheita da soja pelo modelo SMA e as datas estimada por meio da série temporal de valores do EVI, filtrado por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6 com as estimativas dos coeficientes: “a”, “b” e “r”. Independentemente do filtro todos os resultados apresentaram regressão significativa entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e por meio da série temporal de EVI. No

entanto, apenas o filtro Wavelet-DB6 apresentou probabilidade do coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” ser igual a um (1), permitindo afirmar que as datas estimadas pelo SMA e, através da série temporal de EVI foram estatisticamente iguais. Também pode ser observado que as correlações entre as datas estimadas pelo SMA e as estimadas por meio da série temporal de EVI, filtrada pelo Wavelet-DB6, apresentaram valores superiores a 0,90. Já, para os demais filtros a probabilidade do coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” ser igual a um (1) é muito pequena, o que permite afirmar que as datas de colheita estimadas por meio da série temporal de EVI e as estimadas pelo SMA são diferentes. As correlações entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e pelo EVI filtrado por Hants e Savitzky-Golay variaram em torno de 0,70 e por duplo-logística em torno de 0,40.

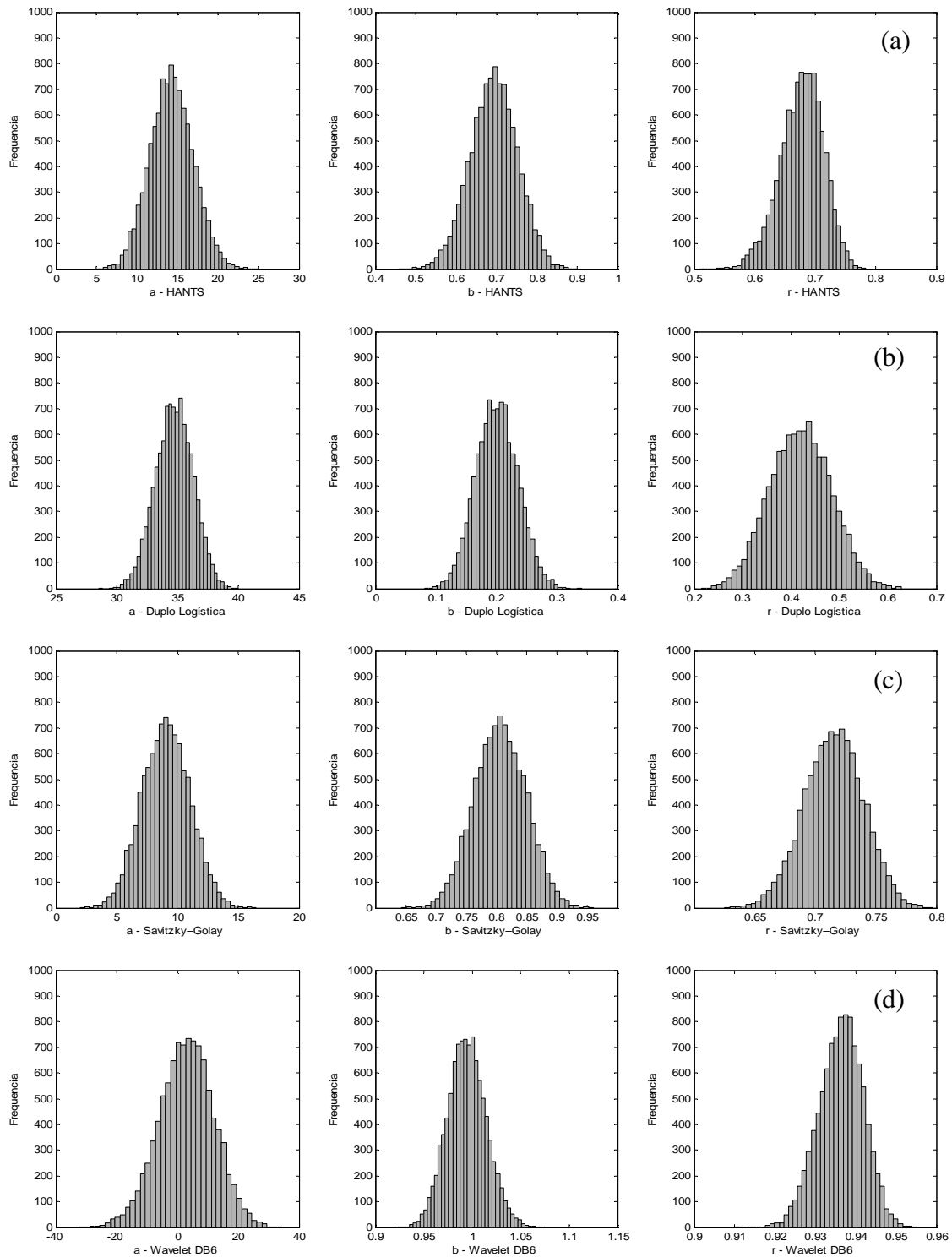


Figura 4.14 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a), angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de colheita de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros: a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6 aplicados no

EVI.

A Tabela 4.10 apresenta os limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) para o EMQ, o EMA e os índices d1 e d2, obtidos pela análise de regressão entre datas de colheita estimadas utilizando IV EVI e as estimadas pelo SMA, para os talhões selecionados. Os menores EMA e EMQ foram obtidos pela filtragem por Wavelet-DB6 que estimou a data de colheita com 10 a 12 ou de 13 a 14 dias de erro, respectivamente, similares aos obtidos por Sakamoto *et al.* (2010). Os índices d1 e d2 indicam boa agregação entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e por EVI filtrado por Wavelet-DB6, cujos valores para d1 variaram entre 0,81 a 0,84 e d2 variaram entre 0,85 a 0,89. As estimativas por EVI utilizando os demais filtros tiveram EMA e EMQ superiores há 14 e 18 dias, respectivamente e índices d1 e d2 que demonstram pequena agregação entre as estimativas.

Tabela 4.10 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ), Erro Médio Absoluto (EMA) e índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e as datas de colheita de soja estimada por meio da série temporal de valores de EVI filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6.

Filtro	Limite do intervalo de confiança ^a	EMQ	EMA	d1	d2
Hants	Inferior	17,77	13,90	0,47	0,36
	Superior	20,20	16,39	0,58	0,62
Duplo-logística	Inferior	27,10	25,08	0,26	0,47
	Superior	28,69	26,94	0,30	0,73
Savitzky-Golay	Inferior	21,52	16,89	0,58	0,34
	Superior	23,68	19,23	0,64	0,52
Wavelet-DB6	Inferior	12,44	9,85	0,81	0,85
	Superior	14,10	11,49	0,84	0,89

^a Limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) com valores estimados pelo *Bootstrap*.

4.3.6 Estimativa da data de colheita por meio da série temporal de valores do IV NDVI

A Figura 4.15 apresenta os resultados do *bootstrap* aplicado à análise de regressão para as estimativas dos coeficientes “a”, “b” e “r” entre as estimativas de data de colheita da soja pelo modelo SMA e as estimadas por meio da série temporal de NDVI, filtrada por Hants, duplo-logística, Savitzky-Golay e Wavelet – DB6. Mais uma vez nota-se que independente do filtro empregado todos os resultados apresentaram regressão significativa entre a data de colheita estimada pelo SMA e a data estimada pela série

temporal de NDVI. Entretanto, somente os resultados obtidos através da série temporal filtrada pelo Wavelet apresentaram probabilidade do coeficiente “a” ser igual a zero (0) e do coeficiente “b” ser igual a um (1), o que permite afirmar que as datas estimadas pelo SMA e pela série temporal de NDVI foram estatisticamente iguais. Também pode ser observado que as correlações para os dados filtrados pelo Wavelet foram superiores a 0,90.

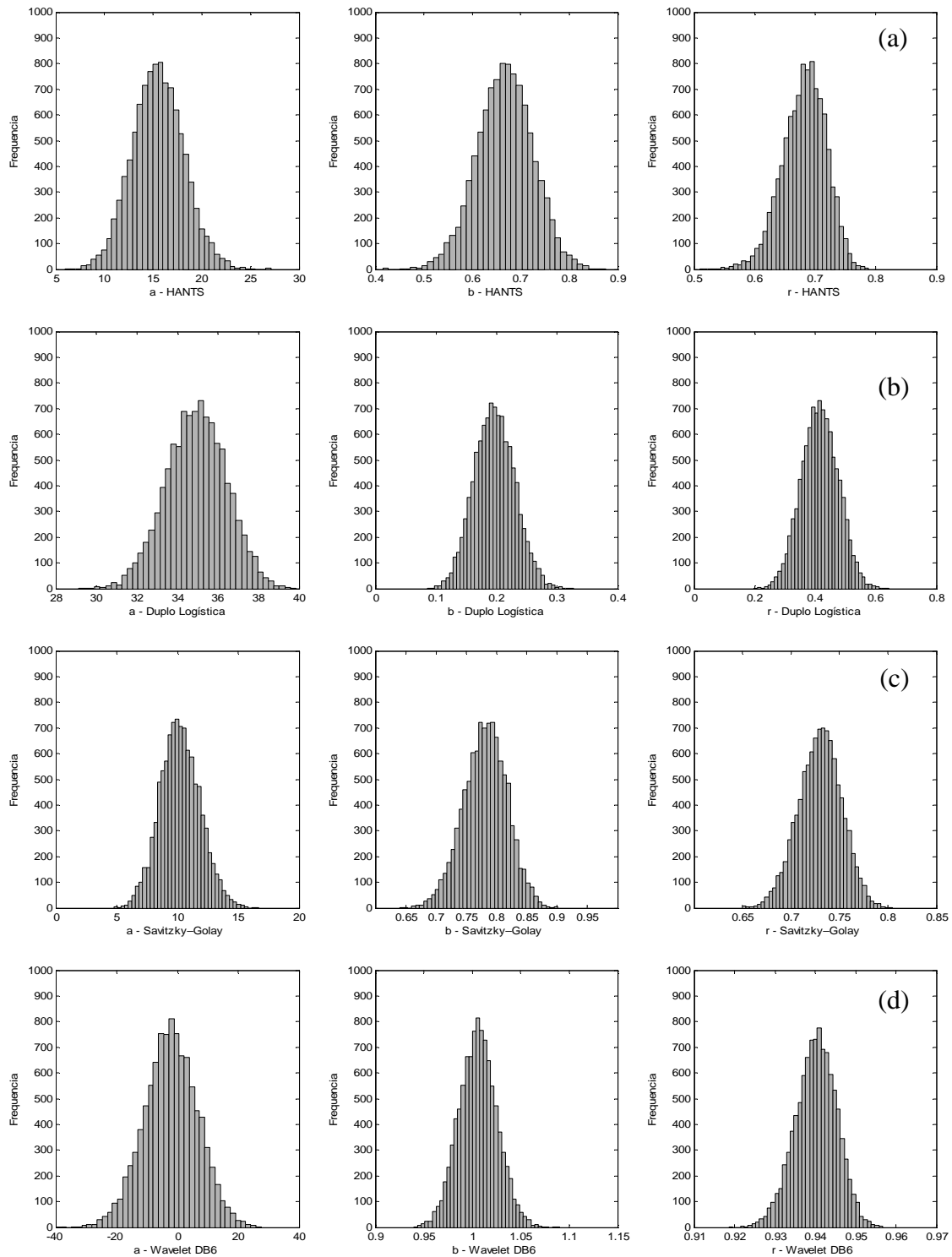


Figura 4.15 – Histogramas dos valores estimados pelo *bootstrap* para os coeficientes linear (a), angular (b) e correlação (r) resultantes da análise de regressão entre as datas de colheita de soja estimadas pelo SMA e as datas de colheita da soja estimadas pelos filtros a) Hants; b) duplo-logística; c) Savitzky-Golay e d) Wavelet – DB6, aplicados ao NDVI.

A Tabela 4.11 apresenta os limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) para o EMQ, o EMA e os índices d1 e d2, obtidos pela análise de regressão entre as datas de colheitas da soja estimadas por meio da série temporal de NDVI e as datas estimadas pelo SMA. A série temporal filtrada pelo Wavelet-DB6 gerou estimativas com EMA variando entre 11 e 13 dias e EMQ variando entre 13 e 15 dias. Os índices d1 e d2 indicam boa agregação entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e os estimados por NDVI, cujos valores ficaram entre 0,80 e 0,90. As estimativas das datas de colheitas quando se utilizou dos outros filtros apresentaram valores de EMA e de EMQ superiores a 14 dias e índices d1 e d2 que demonstram pequena agregação entre as estimativas.

Tabela 4.11 – Valores de Erro Médio Quadrático (EMQ) e Erro Médio Absoluto (EMA) e os índices de Wilmott d1 e d2, resultantes da regressão linear entre as datas de colheita de soja estimada por meio da série temporal de valores de NDVI filtrada pelos diferentes filtros e as datas de colheita estimadas pelo SMA.

Filtro	Limite do intervalo de confiança ^a	EMQ	EMA	d1	d2
Hants	Inferior	18,01	14,35	0,46	0,34
	Superior	20,43	16,78	0,57	0,61
Duplo-logística	Inferior	27,02	24,96	0,27	0,47
	Superior	28,58	26,81	0,30	0,72
Savitzky-Golay	Inferior	20,21	15,94	0,58	0,41
	Superior	22,34	18,17	0,64	0,57
Wavelet-DB6	Inferior	13,27	10,81	0,80	0,83
	Superior	14,97	12,45	0,83	0,88

^a Limites do intervalo de confiança ($\alpha=0,05$) com valores estimados pelo *Bootstrap*.

Os melhores resultados para a estimativa da data de colheita foram obtidos quando a série temporal foi filtrada pelo Wavelet-DB6, independentemente do IV. Para esta filtragem a técnica de *Bootstrap* apresentou coeficientes estatisticamente significativos, com valores do intercepto “a” com probabilidade de ser igual a zero e inclinação “b” da reta com probabilidade de ser igual a 1 para todas as análises de regressão. Os valores das correlações entre as datas de colheitas estimadas por meio da série temporal, filtrada por Wavelet-DB6, e as datas estimadas pelo SMA foram superiores a 0,9. Os valores de EMA e EMQ variaram de nove a quinze dias, similares ao obtidos por Sakamoto *et al.* (2010), com d1 e d2 superiores a 0,8. A Figura 4.16 apresenta o diagrama de dispersão entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e as datas estimadas por meio da série

temporal de EVI, filtrada pelo Wavelet – DB6. Estes resultados são análogos aos demais resultados que utilizam o filtro Wavelet – DB6. Nesta Figura pode ser observado aumento da variabilidade, quando comparado as outras estimativas apresentadas nas Figura 4.10 e Figura 4.13. Para várias estimativas das datas de colheita tiveram estimativas com erros superiores a 16 dias.

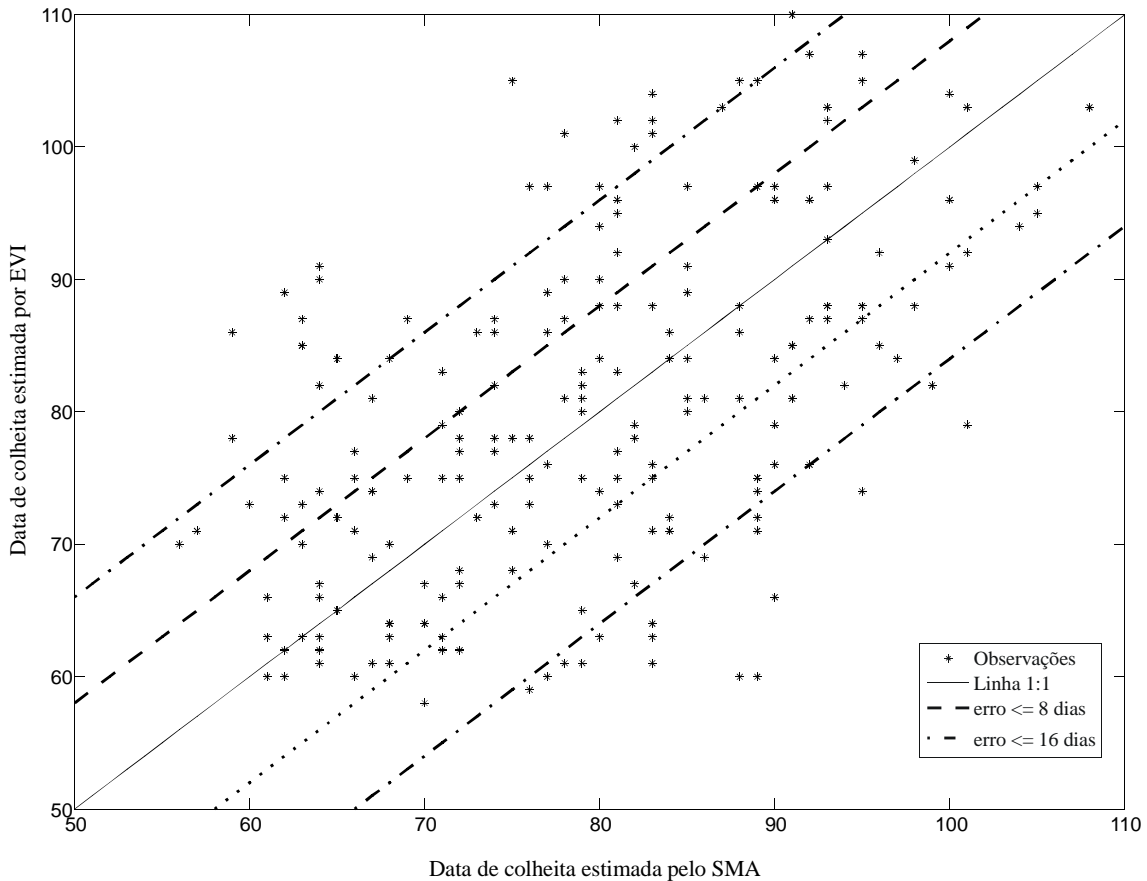


Figura 4.16 – Diagrama de dispersão entre as datas de colheita estimadas pelo SMA e as datas de colheita estimadas pelo EVI utilizando filtragem por Wavelet – DB6.

Os resultados da estimativa de datas de plantio, MDV e colheita, obtidos a partir dos pontos de inflexão dos perfis temporais de IV vêm a corroborar com os resultados relatados por Fischer (1994), que indicava a importância destes pontos para acompanhar o desenvolvimento fenológico de cultivos agrícolas. O ponto de inflexão para estimativa da data de plantio, quando a derivada da curva temporal de IV torna-se positiva representa o ganho de biomassa por parte da cultura, que será utilizada para a fase reprodutiva. Quando o perfil temporal atinge o ápice, normalmente associado a fase do florescimento e início de enchimento de grãos, a partir do qual a planta inicia a

translocação de nutrientes para a semente. Isto faz com que a derivada da curva temporal de IV torne-se negativa, iniciando decréscimo dos valores de IV.

Ao comparar os resultados das datas de plantio, de MDV e de colheita, obtidas por meio da série temporal de NDVI e do EVI, ambas filtradas pelo Wavelet-DB6, não foi observada diferença significativa entre eles. No entanto, considerando que o NDVI apresenta uma série histórica bem maior do que o EVI, remonta desde o tempo do AVHRR (Huete et al., 2002), optou-se então por utilizá-lo para estimar as datas de plantio, de MDV e de colheita da soja do Estado do Paraná filtrada pelo Wavelet-DB6.

4.4 Estimativa da data de plantio, de MDV e da colheita da soja para todo o Estado do Paraná

Neste item, é apresentado o resultado da aplicação da metodologia para a área cultivada com soja no Estado do Paraná utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet-DB6 para as safras 2001/02 a 2007/08.

4.4.1 Estimativa da data de plantio da soja em todo Estado do Paraná

As datas de plantio da soja, estimadas a partir da série temporal de valores de NDVI, para as safras 2001/02 a 2008/09, em cada um dos Núcleos Regionais (NR) da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB), são apresentadas na Figura 4.17. Ao analisar os Box-plots das datas de plantio nesta Figura, pode-se afirmar que, nestas safras a maioria dos talhões de soja foi plantada entre os DOY 280 e 320. Este resultado é similar as datas de plantio da soja relatadas por Hubner (2010) para o Estado do Paraná. Nesta figura é possível verificar a variação interanual das datas de plantio, por núcleo regional, que, dentre outros fatores, está intimamente relacionada com a variabilidade de ocorrência de chuvas. Este resultado corrobora com o descrito por Sakamoto *et al.* (2010) a respeito da variação interanual da data de plantio. Cabe ressaltar que para os núcleos regionais com pouca área cultivada com soja, como por exemplo, o núcleo regional de Paranaguá, os resultados apresentaram grande variabilidade nas estimativas das datas de plantio.

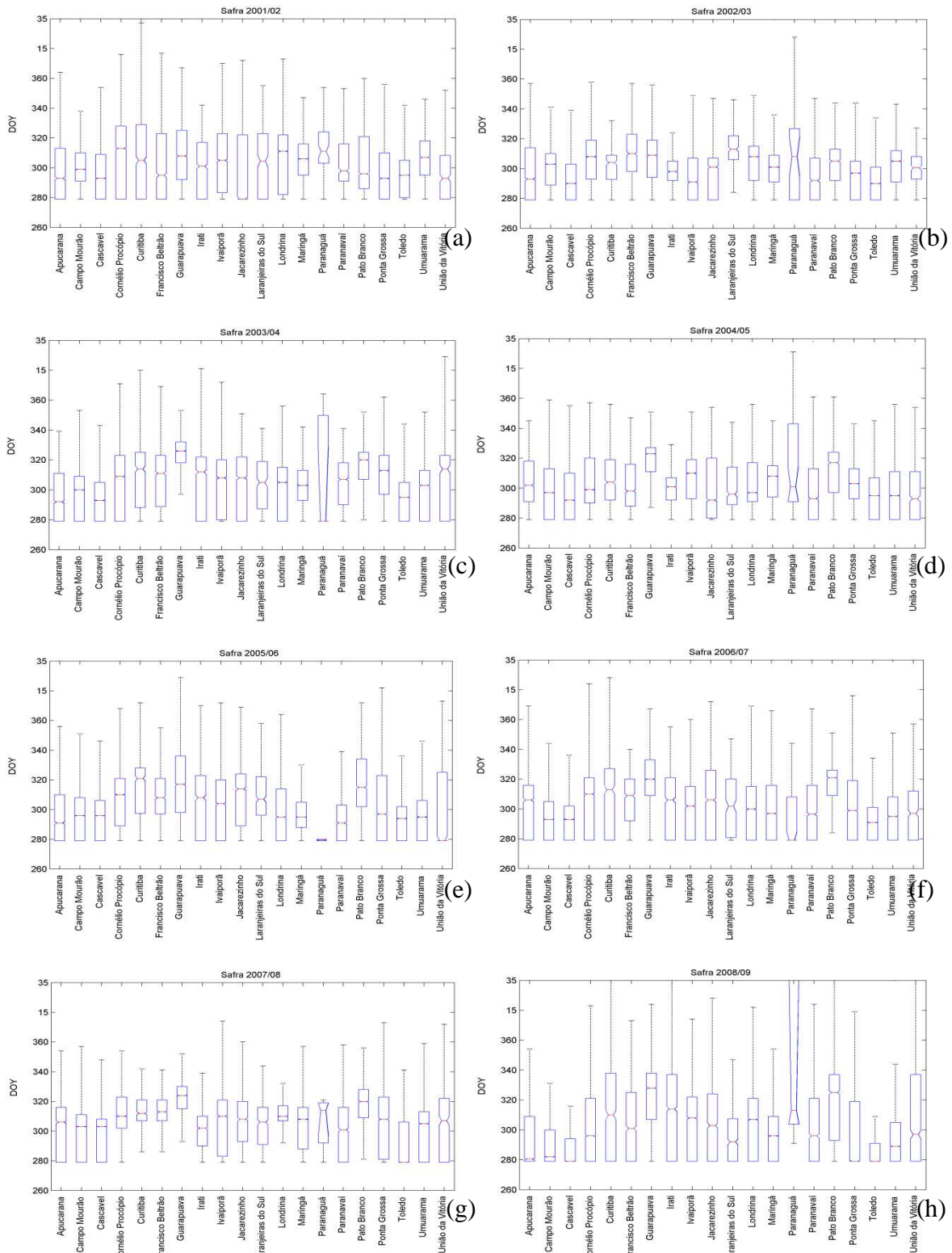


Figura 4.17 – Box-plot contendo a variação temporal da data de plantio de soja, por núcleo regional da SEAB: a) safra 2001/02; b) safra 2002/03; c) safra 2003/04; d) safra 2004/05; e) safra 2005/06; f) safra 2006/07; g) safra 2007/08; h) safra 2008/09;

A Figura 4.18 apresenta o resultado da aplicação da metodologia de estimativa da data de plantio para todo o Estado do Paraná. No detalhe (Figura 4.18) encontra-se uma ampliação da área, na qual pode ser observada a variação espacial das datas de plantio.

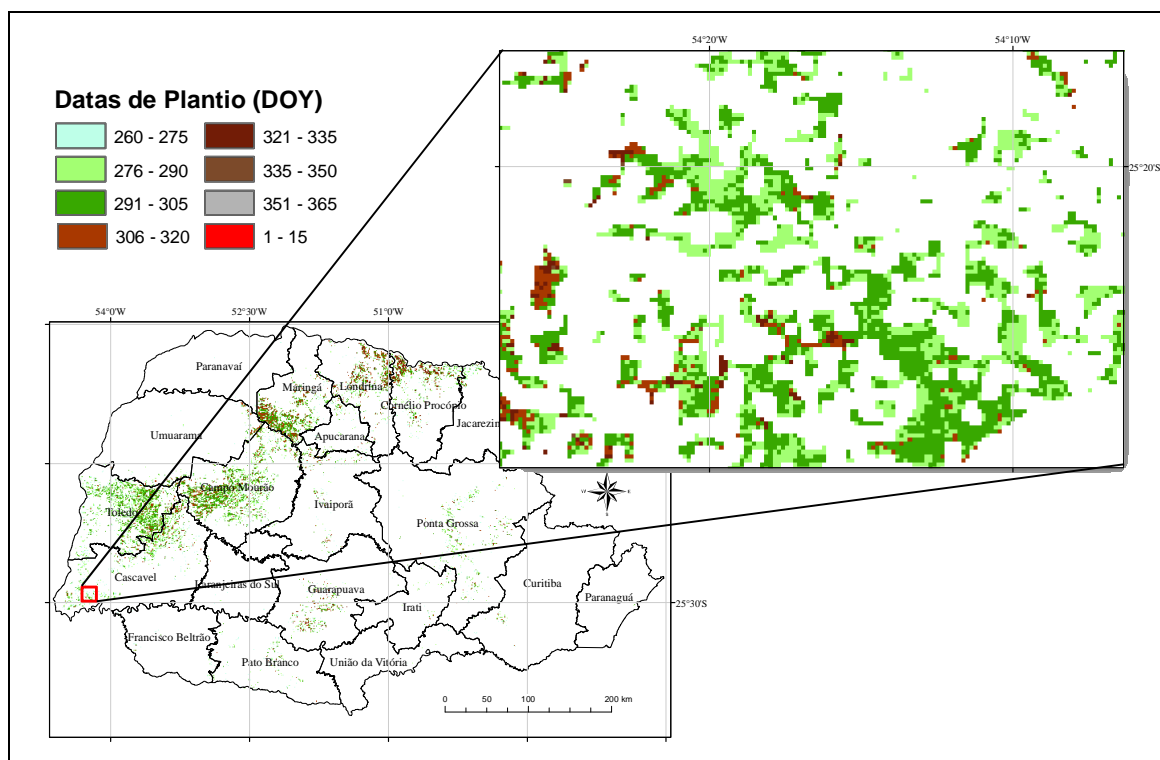


Figura 4.18 – Estimativa da data de plantio de soja para a safra 2001/02: a) Estado do Paraná, com a divisão regional da SEAB e b) detalhe com ampliação da área; utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet – DB6.

4.4.2 Estimativa da data de MDV da soja em todo Estado do Paraná

As datas de MDV da soja estimadas para as safras de 2001/02 a 2008/09, em cada uma dos núcleos regionais da SEAB, são apresentadas na Figura 4.19. Ao analisar os Box-plots das datas de MDV, nota-se que houve grande variabilidade espacial na estimativa da data de MDV. Esta variabilidade é de se esperar uma vez que ela é, em última análise, conseqüência da variabilidade da data de plantio, somado ao ciclo do cultivar e outros fatores. As medianas da data de MDV da soja localizam-se no mês de janeiro, sendo que os Núcleos regionais de Campo Mourão, Cascavel e Toledo apresentaram as medianas antes do mês de janeiro. A amplitude das datas de MDV da soja situa-se em torno de um mês, o que possibilita inferir que esta variabilidade procura evitar quebras de safras provocadas por estresses ambientais tais como veranicos e altas temperaturas durante o florescimento/enchimento de grãos.

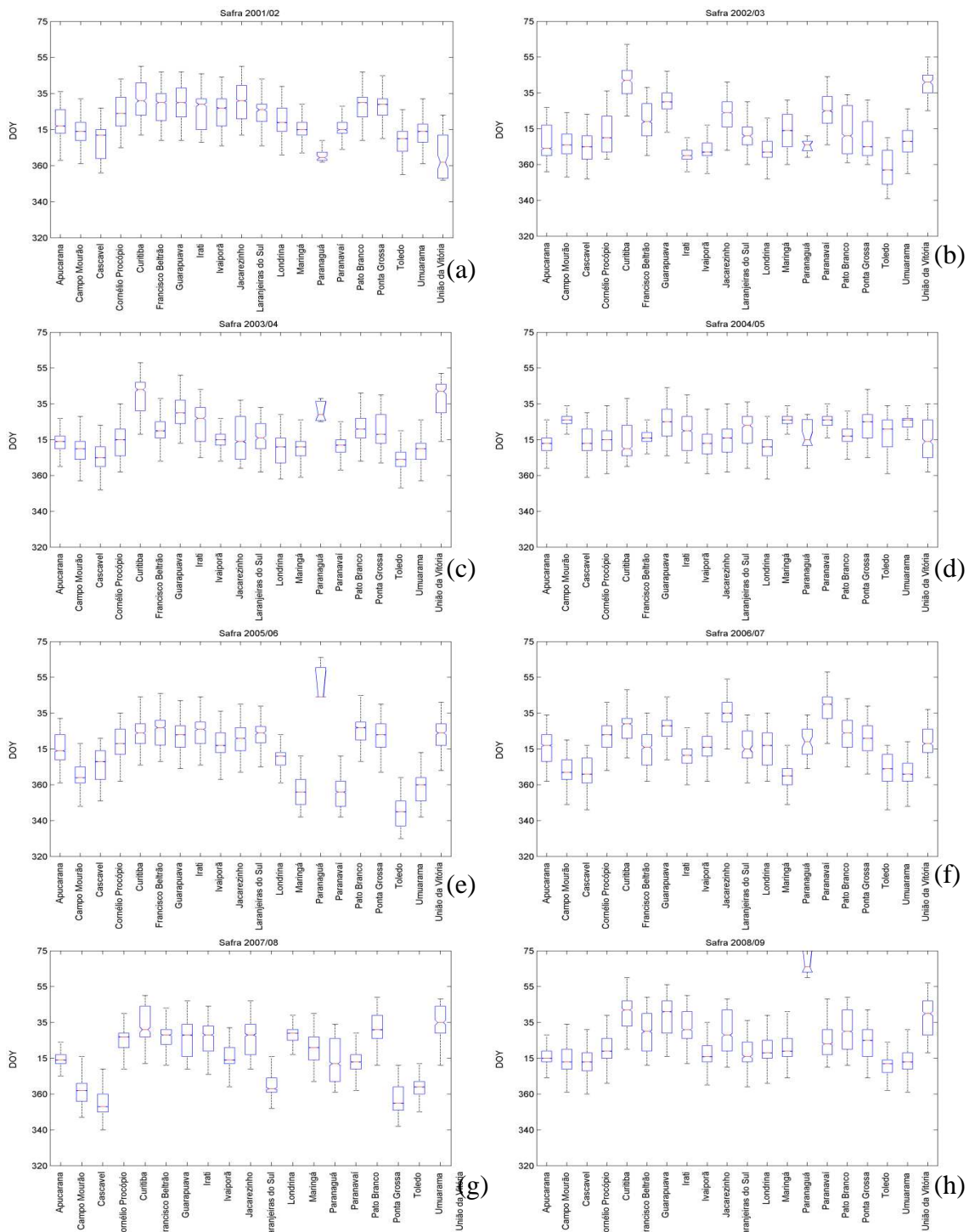


Figura 4.19 – Box-plot contendo a variação temporal da data de MDV da soja, por núcleo regional da SEAB: a) safra 2001/02; b) safra 2002/03; c) safra 2003/04; d) safra 2004/05; e) safra 2005/06; f) safra 2006/07; g) safra 2007/08; h) safra 2008/09;

A Figura 4.20 apresenta a distribuição espacial das estimativas de datas de MDV da soja para o Estado do Paraná, na safra 2001/02 utilizando a série temporal de NDVI filtrada por Wavelet-DB6.

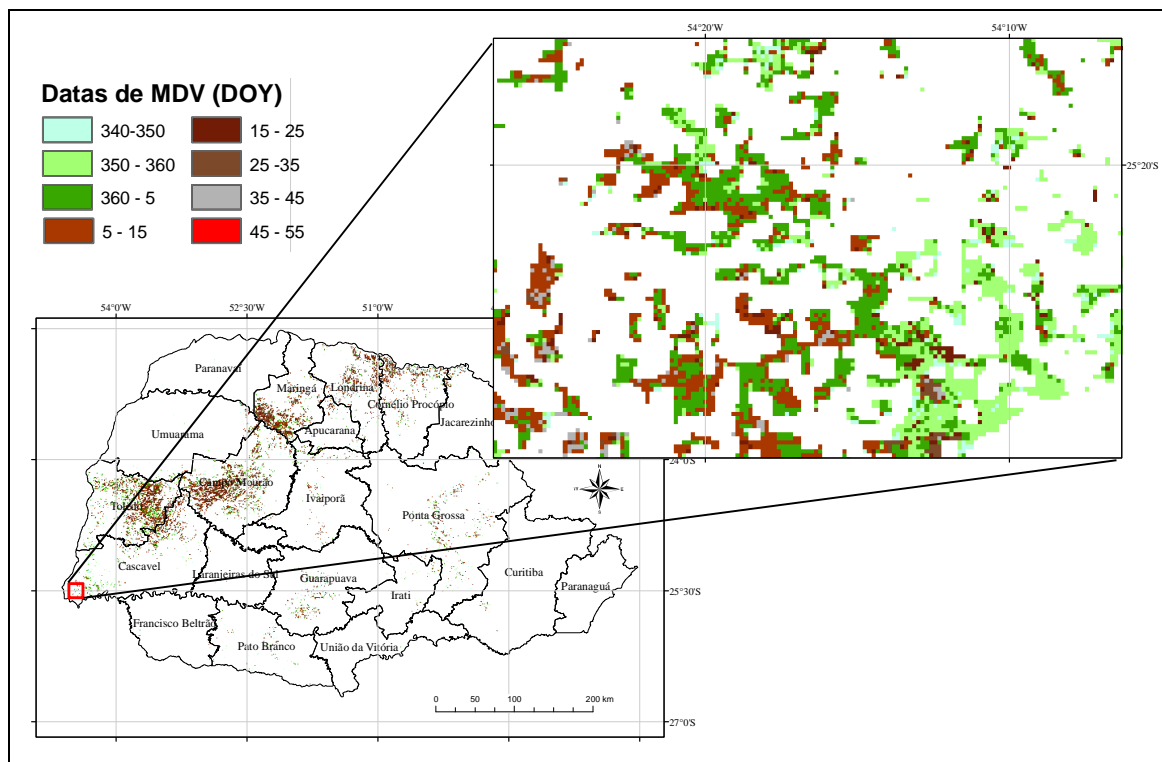


Figura 4.20 – Estimativa da data de MDV de soja para a safra 2001/02: a) Estado do Paraná, com a divisão regional da SEAB e b) detalhe com ampliação da área; utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet – DB6.

4.4.3 Estimativa da data de colheita da soja em todo Estado do Paraná

As datas de colheita da soja estimadas para as safras de 2001/02 a 2008/09, em cada uma dos núcleos regionais da SEAB, são apresentadas na Figura 4.21. Ao analisar os Box-plots das datas de colheita da soja, pode-se afirmar que houve grande variabilidade espacial por safra e por NR. Constatou que a concentração da colheita deu-se a partir de meados de fevereiro até meados de abril, concordando com as informações relatadas por Hubner (2010). Os Núcleos regionais de Campo Mourão, Cascavel e Toledo quase sempre têm as datas medianas de colheita antes dos demais locais. A amplitude das datas de colheita da soja situa-se em torno de um mês, o que possibilita inferir de que os agricultores plantam em datas diferentes e cultivares de diferentes ciclos e desta maneira procuram evitar quebras de safras provocadas por estresses ambientais tais como veranicos e altas temperaturas durante o florescimento/enchimento de grãos, bem como chuvas durante a colheita.

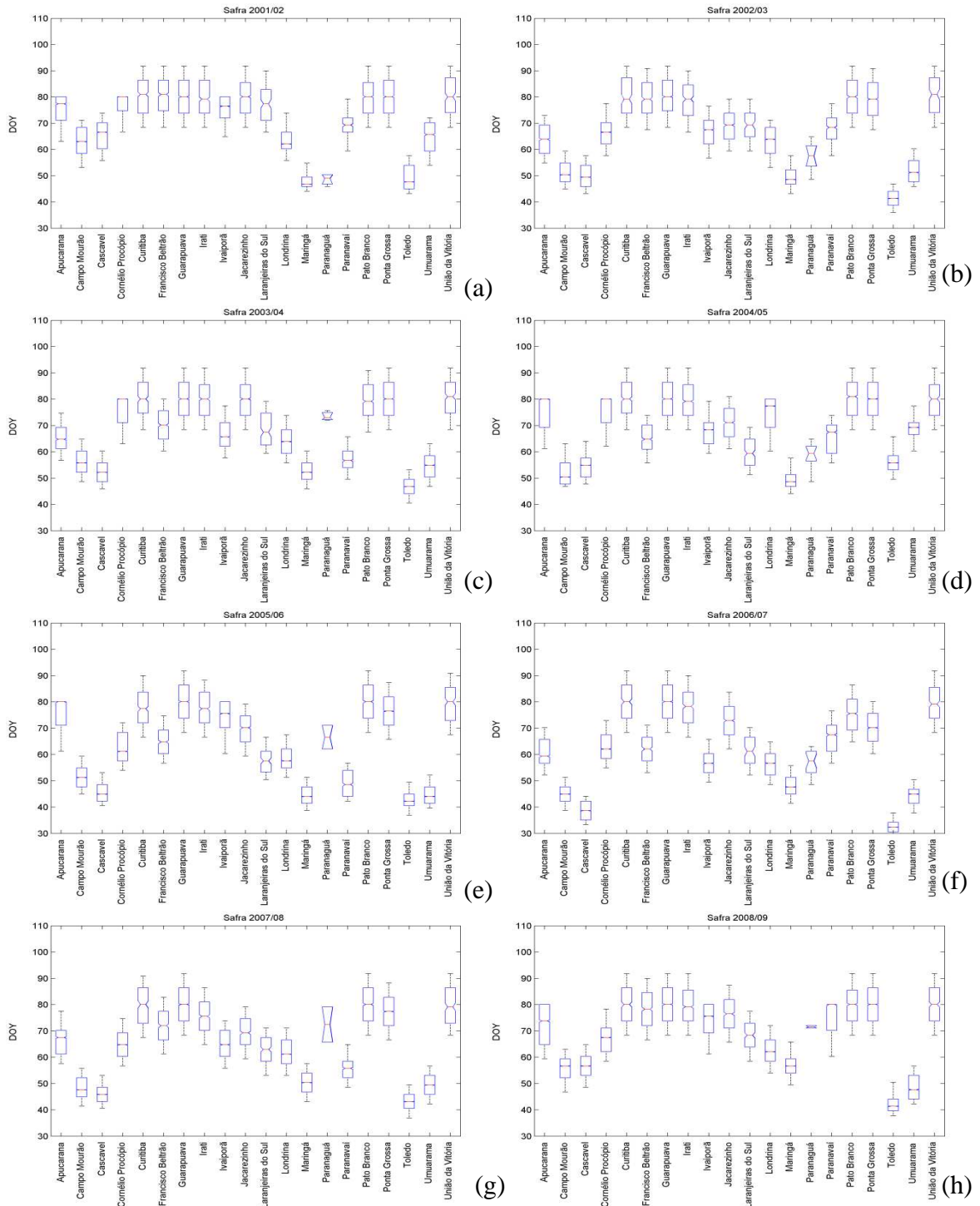


Figura 4.21 – Box-plot contendo a variação temporal da data de colheita da soja, por núcleo regional da SEAB: a) safra 2001/02; b) safra 2002/03; c) safra 2003/04; d) safra 2004/05; e) safra 2005/06; f) safra 2006/07; g) safra 2007/08; h) safra 2008/09;

A Figura 4.22 apresenta a distribuição espacial das datas de colheita da soja por NR, para todo o Estado do Paraná, para a safra 2001/02, estimadas a partir da série temporal de NDVI filtrada pelo Wavelet-DB6.

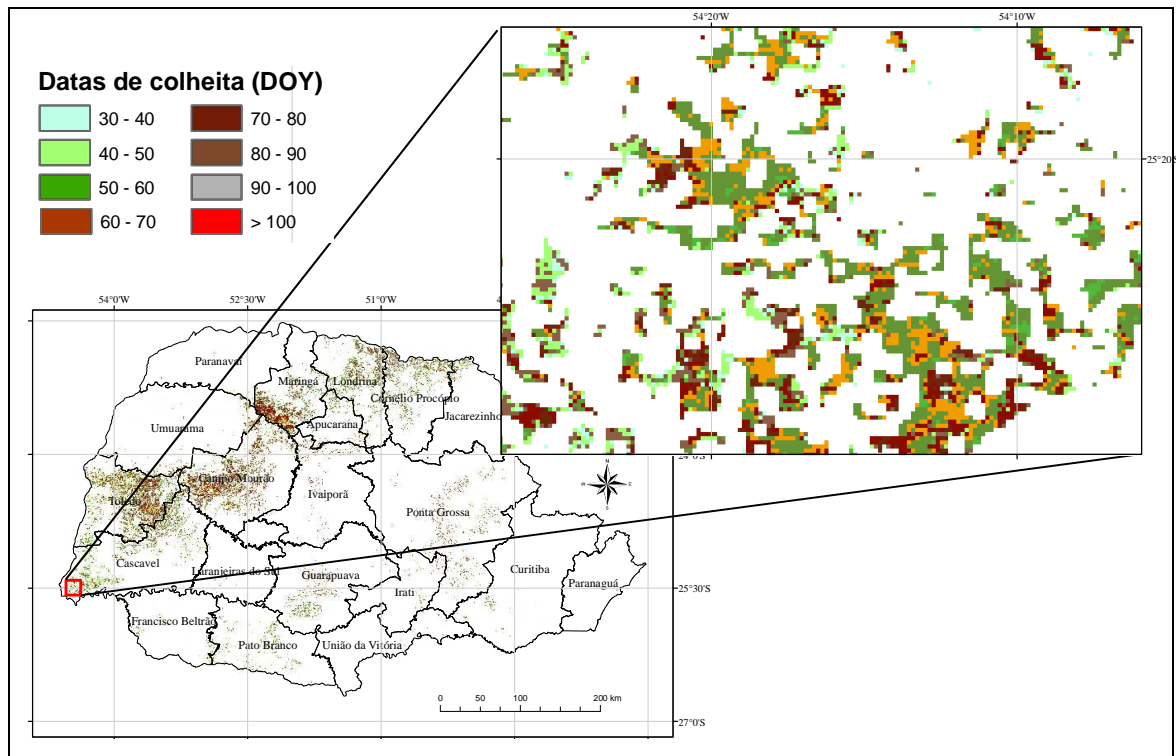


Figura 4.22 – Estimativa da data de colheita de soja para a safra 2001/02: a) Estado do Paraná, com a divisão regional da SEAB e b) detalhe com ampliação da área; utilizando a série temporal de NDVI filtrado por Wavelet – DB6.

5 CONCLUSÕES

- Com base nos resultados apresentados pode-se afirmar que a série temporal de dados Modis foi possível estimar as datas de plantio, MDV e colheita da soja.
- Foi possível eliminar os pixels anômalos da série temporal com a utilização dos parâmetros de refletância da banda 3 maior do que 10%, ângulo de visada do sensor maior do que 30° e a data da obtenção do pixel.
- A amplitude de dias para formar uma composição, na teoria é de 8 dias. No entanto, houve caso em que esta diferença variou entre 0 a 14 dias. Por isso é importante analisar os dados em função da data em que o pixel foi selecionado.
- O filtro que apresentou melhor resultado foi o Wavelet-DB6, para as estimativas de datas de plantio, de MDV e de colheita da soja.
- Não houve diferença significativa entre as estimativas utilizando série temporal de EVI ou NDVI.
- A aplicação desta metodologia para todo o Estado do Paraná estimou resultados similares aos relatados pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Desta maneira recomenda-se que esta metodologia seja aplicada em outras regiões.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMI, M.; RIZZI, R.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T. FERREIRA, C. C. Amostragem probabilística estratificada por pontos para estimar a área cultivada com soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.585-592. 2010.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO. 1998. 301 p. (paper 56)
- BADHWAR, G. D. Crop emergence date determination from spectral data **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v.46, n.3, p.369-377. 1980.
- BADHWAR, G. D.; THOMPSON, D. R. Estimating Emergence Date of Spring Small Grains Using Landsat Spectral Data. **Agronomy Journal**, v.75, n.1, January 1, 1983, p.75-78. 1983.
- BAIER, W. Note on the terminology of crop--weather models. **Agricultural Meteorology**, v.20, n.2, p.137-145. 1979.
- BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment**, v.35, n.2-3, 1991, p.161-173. 1991.
- BARNES, W. L.; PAGANO, T. S.; SALOMONSON, V.V. Prelaunch characteristics of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on EOS-AM1. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.36, n.4, p.1088-1100. 1998.
- BECK, P. S. A.; ATZBERGER, C.; HØGDA, K.A.; JOHANSEN, B. SKIDMORE, A.K. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. **Remote Sensing of Environment**, v.100, n.3, p.321-334. 2006.
- BERKA, L. M. S.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa de área plantada com soja através de imagens Landsat em municípios do norte do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 27-31. CD-ROM, Online. ISBN 85-17-00017-X. (INPE-16093-PRE/10696). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.18.36>>. Acesso em: 20 set. 2010.
- BOSCHETTI, L.; FLASSE, S.P.; BRIVIO, P.A. Analysis of the conflict between omission and commission in low spatial resolution dichotomic thematic products: The Pareto Boundary. **Remote Sensing of Environment**, v.91, n.3-4, p.280-292. 2004.
- BOSCHETTI, M.; STROPPIANA, D.; BRIVIO, P.A.; BOCCHI, S. Multi-year monitoring of rice crop phenology through time series analysis of MODIS images. **International Journal of Remote Sensing**, v.30, n.18, p.4643-4662. 2009.
- BRADLEY, B. A.; JACOB, R. W.; HERMANCE, J. F.; MUSTARD, J. F. A curve fitting procedure to derive inter-annual phenologies from time series of noisy satellite NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v.106, n.2, p.137-145. 2007.

CERQUEIRA, E. O.; POPPI, R. J.; KUBOTA, L. T.; MELLO, C. Utilização de filtro de transformada de Fourier para a minimização de ruídos em sinais analíticos. **Química Nova**, v.23, p.690-698. 2000.

DAUGHTRY, C. S. T.; COCHRAN, J. C.; HOLLINGER, S. E. Estimating Silking and Maturity Dates of Corn for Large Areas. **Agronomy Journal**, v.76, n.3, May 1, 1984, p.415-420. 1984.

DAUGHTRY, C. S. T.; WALTHALL, C. L.; KIM, M. S.; De COLSTOUN, E. B.; MCMURTREY, J. E. Estimating Corn Leaf Chlorophyll Concentration from Leaf and Canopy Reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v.74, n.2, p.229-239. 2000.

DILMAGHANI, S.; HENRY, I. C.; SOONTHORNNONDA, P.; CHRISTENSEN, E.R.; HENRY, R.C. Harmonic Analysis of Environmental Time Series with Missing Data or Irregular Sample Spacing. **Environmental Science & Technology**, v.41, n.20, p.7030-7038. 2007.

DORAISWAMY, P. C.; HATFIELD, J. L.; JACKSON, T. J.; AKHMEDOV, B.; PRUEGER, J. STERN, A. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.92, n.4, p.548-559. 2004.

DORIGO, W. A.; ZURITA-MILLA, R.; DE WIT, A.J.W; BRAZILE, J.; SINGH, R.; SCHAEPMAN, M. E. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.9, n.2, p.165-193. 2007.

EFRON, B. **The Jackknife, the Bootstrap, and Other Resampling Plans**. Philadelphia: Society for Industrial Mathematics 1982. 92 p.

EL HAJJ, M.; BÉGUÉ, A.; GUILLAUME,S.; MARTINÉ, J.F. Integrating SPOT-5 time series, crop growth modeling and expert knowledge for monitoring agricultural practices — The case of sugarcane harvest on Reunion Island. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p.2052-2061. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. 2004. (Escala: 1:600.000)

ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAO Statistical Databases & Data-sets**. Disponível em:<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20/01/2010

FARGE, M. Wavelet Transforms and their Applications to Turbulence. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v.24, n.1, p.395-458. 1992.

- FARIA, R. T.; CARAMORI, P.H.; CHIBANA, E.Y.; BRITO, L.R.S. CLIMA - Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.2, p.372-387. 2003.
- FARIA, R. T.; CHIBANA, E.Y.; GOMES, C.D.; RIBAS, A.F.; DEPPE, F.A.; ADAMI, M. PREVSAFRAS - versão 1.0, um sistema computacional para estimativa de safras agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA. 02-05 jul. 2007, 2007.
- FARIA, R. T.; CHIBANA, E.Y.; MOTA, R.G.; VIEIRA, A.S. Simulação do desenvolvimento fenológico do cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, IV. Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA. 02-05 Maio. 2005.
- FARIA, R. T.; MADRAMOOTOO, C.A. Simulation of soil moisture profiles for wheat in Brazil. **Agricultural Water Management**, v.31, n.1-2, p.35-49. 1996.
- FARIA, R. T.; MADRAMOOTOO, C.A. Evolution of crop-water production functions for wheat (*Triticum aestivum* L.) in Brazil. **Tropical Agriculture**, v.74, p.18-24. 1997.
- FARIA, R. T.; TSUKAHARA, R. Y.; SILVA, F.F.; GOMES, C.D.; CARAMORI, P.H.; SILVA, D.A.B. SMA, an agrometeorological system for crop monitoring. , 7., 6-8 July 2009, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers., 2009. p.405-410 .
- FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H.; ADAMI, M.; DEPPE, F. Uso de geoprocessamento para simular e avaliar a produtividade regional de soja no Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 103-110. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.17.40>>. Acesso em: 20 set. 2010.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A.F.; NEUMAIER, N.; OYA, T. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja. 2000
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C.E. **Stages on soybean development**. Iowa State University/Cooperative Extension Service. Ames, p.11. 1977
- FISCHER, A. A model for the seasonal variations of vegetation indices in coarse resolution data and its inversion to extract crop parameters. **Remote Sensing of Environment**, v.48, n.2, p.220-230. 1994.
- FREITAS, R. M.; SHIMABUKURO, Y.E. Combining wavelets and linear spectral mixture model for MODIS satellite sensor time-series analysis. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v.1, p.51-56. 2008.
- GALFORD, G. L.; MUSTARD, J.F.; MELILLO, J.; GENDRIN, A.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v.112, n.2, p.576-587. 2008.

GALLO, K. P.; FLESCHE, T.K. Large-area crop monitoring with the NOAA AVHRR: Estimating the silking stage of corn development. **Remote Sensing of Environment**, v.27, n.1, p.73-80. 1989.

GEBSKI, V.; MCNEIL, D. A refined method of robust smoothing. **Journal of the American Statistical Association**, v.79, n.387, p.616-623. 1984.

GOMES, A. A. G.; VARRIALE, M.C. **Modelagem de ecossistemas: uma introdução**. Santa Maria: UFSM. 2001. 503 p.

GUSSO, A.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T.; RIZZI, R. Análise de séries temporais EVI/MODIS para a estimativa da área cultivada com soja no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 207-213.

GUTMAN, G. G. Vegetation indices from AVHRR: An update and future prospects. **Remote Sensing of Environment**, v.35, n.2-3, 1991, p.121-136. 1991.

HENDERSON, K. E.; BADHWAR, G.D. An initial model for estimating soybean development stages from spectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.14, n.1-3, p.55-63. 1984.

HERMANCE, J. F.; JACOB, R.W.; BRADLEY, B.A; MUSTARD, J.F. Extracting Phenological Signals From Multiyear AVHRR NDVI Time Series: Framework for Applying High-Order Annual Splines With Roughness Damping. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.45, n.10, p.3264-3276. 2007.

HILER, E. A.; CLARK, R.N. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yield. **Transactions of the ASAE**, v.14, n.4, p.757-761. 1971.

HIRD, J. N.; MCDERMID, G.J. Noise reduction of NDVI time series: An empirical comparison of selected techniques. **Remote Sensing of Environment**, v.113, n.1, Jan, p.248-258. 2009.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v.7, n.11, p.1417-1434. 1986.

HOOGENBOOM, G.; WILKENS, P.W.; TSUJI, G.Y. **DSSAT version 3**, v 1, 2, e 3. Honolulu: University of Hawaii, 1999.

HUBNER, O. **S O J A - safra 2009/10**. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. 10p. 2010

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n.1-2, p.195-213. 2002.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, n.3, p.295-309. 1988.

HUETE, A. R.; LIU, Q.Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.59, n.3, p.440-451. 1997.

JACKSON, R. D.; HUETE, A.R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v.11, n.3-4, p.185-200. 1991.

JAKUBAUSKAS, M. E.; LEGATES, D.R; KASTENS, J.H. Harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v.67, p.461-470. 2001.

_____. Crop identification using harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.37, n.1-3, p.127-139. 2002.

JIANG, Z.; HUETE, A.R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v.112, n.10, p.3833-3845. 2008.

JÖNSSON, P.; EKLUNDH, L. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.40, n.8, p.1824-1832. 2002.

_____. TIMESAT--a program for analyzing time-series of satellite sensor data. **Computers & Geosciences**, v.30, n.8, p.833-845. 2004.

JU, J.; ROY, D.P.; SHUAI, Y.; SCHAAF, C. Development of an approach for generation of temporally complete daily nadir MODIS reflectance time series. **Remote Sensing of Environment**, v.114, n.1, p.1-20. 2010.

JULIEN, Y.; SOBRINO, J.A. Global land surface phenology trends from GIMMS database. **International Journal of Remote Sensing**, v.30, n.13, p.3495-3513. 2009.

_____. Comparison of cloud-reconstruction methods for time series of composite NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v.In Press, Corrected Proof. 2010.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J.R.G.; VERMOTE, E.F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R.E.; SALEOUS, N.; ROY, D.P.; MORISETTE, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n.1-2, p.3-15. 2002.

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J.R.G.; DEFRIES, R.; ROY, D.P.; HALL, D.K.; SALOMONSON, V.V.; PRIVETTE, J.L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A.; LUCHT, W.; MYNENI, R.B.; KNYAZIKHIN, Y.; RUNNING, S.W.; NEMANI, R.R.; ZHENGMIN, W.; HUETE, A.R.; VAN LEEUWEN, W.; WOLFE, R.E.; GIGLIO, R.; MULLER, J.; LEWIS, P.; BARNSLEY, M.J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.36, n.4, p.1228-1249. 1998.

KAUFMAN, Y. J.; HERRING, D.D.; RANSON, K.J.; COLLATZ, G.J. Earth Observing System AM1 mission to Earth. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.36, n.4, p.1045-1055. 1998.

- KAUTH, R. J.; THOMAS, G.S. The tasselled cap: a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In: Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, 1976, Indiana. **Proceedings...** Indiana: Purdue University of West Lafayette, 1976. 4B-41 to 4B-51 p.
- KHAN, M. R.; DE BIE, C.A.J.M; VAN KEULEN, H.; SMALING, E.M.A.; REAL, R. Disaggregating and mapping crop statistics using hypertemporal remote sensing. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.12, n.1, p.36-46. 2010.
- KING, M. D.; KAUFMAN, Y.J.; MENZEL, W.P.; TANRE, D. Remote sensing of cloud, aerosol, and water vapor properties from the moderate resolution imaging spectrometer (MODIS). **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.30, n.1, p.2-27. 1992.
- LASAPONARA, R. Estimating Interannual Variations in Vegetated Areas of Sardinia Island Using SPOT/VEGETATION NDVI Temporal Series. **Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE**, v.3, n.4, p.481-483. 2006.
- LATORRE, M. L.; ANDERSON, L.O. SHIMABUKURO, Y.E.; CARVALHO JR, O.A.D. Sensor modis: características gerais e aplicações. **Espaço e Geografia**, v.6, n.1, p.97-126. 2003.
- LE, J.; TARPLEY, J.D.; MITCHELL, K.E.; SISONG, Z.; KOGAN, F.N.; WEI, G. Adjusting for Long-Term Anomalous Trends in NOAA's Global Vegetation Index Data Sets. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.46, n.2, p.409-422. 2008.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livr. José Olympio. 1981. 450 p.
- MAAS, S. J. Linear Mixture Modeling Approach for Estimating Cotton Canopy Ground Cover using Satellite Multispectral Imagery. **Remote Sensing of Environment**, v.72, n.3, p.304-308. 2000.
- MADDEN, H. H. Comments on the Savitzky-Golay convolution method for least-squares-fit smoothing and differentiation of digital data. **Analytical Chemistry**, v.50, n.9, p.1383-1386. 1978.
- MAVROMATIS, T.; BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; IRMAK, A.; SHINDE, D.; HOOGENBOOM, G.. Developing Genetic Coefficients for Crop Simulation Models with Data from Crop Performance Trials. **Crop Sci**, v.41, n.1, January 1, 2001, p.40-51. 2001.
- MEYER, Y. **Wavelets and operators**. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 1992. 223 p.
- MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y.E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR. In: N. J. Ferreira (Ed.). **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. p.79-101.

- MORETTIN, P. A. **Ondas e ondaletas: Da análise de Fourier a análise de Ondeletas.** São Paulo: Editora da USP-SP. 1999. 272 p.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C.M.C. **Análise de séries temporais.** São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda 2004. 535 p.
- MORLET, J.; ARENS, G.; FOURGÉAU, E.; GLARD, D. Wave propagation and sampling theory---Part I: Complex signal and scattering in multilayered media. **Geophysics**, v.47, n.2, p.203-221. 1982a.
- _____. Wave propagation and sampling theory---Part II: Sampling theory and complex waves. **Geophysics**, v.47, n.2, p.222-236. 1982b.
- MOULIN, S.; KERGOAT, L.; VIOVY, N.; DEDIEU, G. Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements. **Journal of Climate**, v.10, p.1154-1170. 1997.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **MODIS sinusoidal tiles grid.** Disponível em: <http://modis-land.gsfc.nasa.gov/MODLAND_grid.htm>. Acesso em: 22/01/2010
- NETER, J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C.J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models** New York: McGraw-Hill, v.1996. 1996. 1408 p.
- NORMAN, M. J. T.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. **Ecology of tropical food crops.** Melbourne: Cambridge University Press. 1995
- PIPER, E. L.; SMIT, M.A.; BOOTE, K.J.; JONES, J.W. The role of daily minimum temperature in modulating the development rate to flowering in soybean. **Field Crops Research**, v.47, n.2-3, p.211-220. 1996.
- RABUS, B. M.; EINEDER, A.R.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.57, p.241-262. 2003.
- RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área plantada com soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, n.3, dezembro, p.226-234. 2005.
- ROERINK, G. J.; MENENTI, M.; VERHOEF, W. Reconstructing cloud free NDVI composites using Fourier analysis of time series. **International Journal of Remote Sensing**, v.21, n.9, p.1911-1917. 2000.
- ROUSE Jr., J. W., R. H. HASS, J. A. SCHELL e D. W. DEERING. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. 3., 1973. Washington. **Proceedings...** Washington: NASA: 309-317 p. 1973.
- ROY, D. P.; BORAK, J.S.; DEVADIGA, S.; WOLFE, R.E.; ZHENG, M.; DESCLOITRES, J. The MODIS Land product quality assessment approach. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n.1-2, p.62-76. 2002.

- RUÍZ-NOGUEIRA, B.; BOOTE, K.J.; SAU, F. Calibration and use of CROPGRO-soybean model for improving soybean management under rainfed conditions. **Agricultural Systems**, v.68, n.2, p.151-173. 2001.
- SAKAMOTO, T.; VAN NGUYEN, N.; OHNO, H.; ISHITSUKA, N.; YOKOZAWA, M. Spatio-temporal distribution of rice phenology and cropping systems in the Mekong Delta with special reference to the seasonal water flow of the Mekong and Bassac rivers. **Remote Sensing of Environment**, v.100, p.1-16. 2006.
- SAKAMOTO, T.; WARDLOW, B.D.; GITELSON, A.A.; VERMA, S.B.; SUYKER, A.E.; ARKEBAUER, T.J. A Two-Step Filtering approach for detecting maize and soybean phenology with time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v.In Press, Corrected Proof. 2010.
- SAKAMOTO, T., M. YOKOZAWA, H. TORITANI, M. SHIBAYAMA, N. ISHITSUKA e H. OHNO. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v.96, p.366-374. 2005.
- SARGENT, J.; BEDFORD, A. Improving Australian Football League player performance forecasts using optimized nonlinear smoothing. **International Journal of Forecasting**, v.In Press, Corrected Proof. 2010.
- SAU, F.; BOOTE, K.J.; RUÍZ-NOGUEIRA, B. Evaluation and improvement of CROPGRO-soybean model for a cool environment in Galicia, northwest Spain. **Field Crops Research**, v.61, n.3, p.273-291. 1999.
- SAVITZKY, A.; GOLAY, M.J.E. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. **Analytical Chemistry**, v.36, n.8, p.1627-1639. 1964.
- SCHOTT, J. R. **Remote sensing: the image chain approach**. New York: Oxford University Press. 1997
- SENAY, G. B.; ELLIOTT, R.L. Combining AVHRR-NDVI and landuse data to describe temporal and spatial dynamics of vegetation. **Forest Ecology and Management**, v.128, n.1-2, p.83-91. 2000.
- SETIYONO, T. D.; WEISS, A.; SPECHT, J.; BASTIDAS, A.M.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v.100, n.2-3, p.257-271. 2007.
- SIMPSON, J. J.; STITT, J.R. A procedure for the detection and removal of cloud shadow from AVHRR data over land. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.36, n.3, p.880-897. 1998.
- STEINIER, J.; TERMONIA, Y.; DELTOUR, J. Smoothing and differentiation of data by simplified least square procedure. **Analytical Chemistry**, v.44, n.11, p.1906-1909. 1972.
- STRECK, N. A.; PAULA, G.M.D; OLIVEIRA, F.B.; SCHWANTES, A.P.; MENEZES, N.L.D. Improving node number simulation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.661-668. 2009.

TEILLET, P. M.; STAENZ, K.; WILLIAM, D.J. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions. **Remote Sensing of Environment**, v.61, n.1, p.139-149. 1997.

THAYN, J. B.; PRICE, K.P. Julian dates and introduced temporal error in remote sensing vegetation phenology studies. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, n.20, p.6045 - 6049. 2008.

TUCKER, C. J.; ELGIN Jr, J.H.; MCMURTREY III, J.E.; FAN, C.J. Monitoring corn and soybean crop development with hand-held radiometer spectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.8, n.3, p.237-248. 1979.

VAN LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A.R.; LAING, T.W. MODIS Vegetation Index Compositing Approach: A Prototype with AVHRR Data. **Remote Sensing of Environment**, v.69, n.3, p.264-280. 1999.

VELLEMAN, P. F. Robust nonlinear data smoothers - definitions and recommendations **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.74, n.2, p.434-436. 1977.

_____. Definition and comparison of robust non-linear data smoothing algorithms. **Journal of the American Statistical Association**, v.75, n.371, p.609-615. 1980.

VERBESSELT, J.; HYNDMAN, R.; NEWNHAM, G.; CULVENOR, D. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. **Remote Sensing of Environment**, v.114, n.1, p.106-115. 2010.

VERMOTE, E. F.; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M.; MORCETTE, J.J. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.35, n.3, p.675-686. 1997.

VERMOTE, E. F.; VERMEULEN, A. Atmospheric correction algorithm: spectral reflectances (MOD09). Algorithm Theoretical Background: National Aeronautics and Space Administration: 107 p. 1999.

VINA, A.; GITELSON, A.A.; RUNDQUIST, D.C.; KEYDAN, G.; LEAVITT, B.; SCHEPERS, J.. Monitoring Maize (*Zea mays* L.) phenology with remote sensing. **Agronomy Journal**, v.96, n.4, p.1139-1147. 2004.

WALL, L.; LAROCQUE, D.; LÄNGER, M. The early explanatory power of NDVI in crop yield modelling. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, n.8, p.2211 - 2225. 2008.

WALTER-SHEA, E. A.; PRIVETTE, J.; CORNELL, D.; MESARCH, M.A.; HAYS, C.J. Relations between directional spectral vegetation indices and leaf area and absorbed radiation in Alfalfa. **Remote Sensing of Environment**, v.61, n.1, p.162-177. 1997.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction**. San Diego: Academic Press. 1995. 467 p.

- WILLMOTT, C.; ACKLESON, S.; DAVIS, R.; FEDDEMA, J.; KLINK, K.; LEGATES, D.; DONNELL, J.O.; Rowe, C. Statistics for the Evaluation and Comparison of Models. **J. Geophys. Res.**, v.90, n.C5, p.8995-9005. 1985.
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194. 1981.
- WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v.30, n.1, December 19, 2005, p.79-82. 2005.
- WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K.; ROBESON, S. Ambiguities inherent in sums-of-squares-based error statistics. **Atmospheric Environment**, v.43, n.3, p.749-752. 2009.
- WOLFE, R. E.; NISHIHAMA, M.; FLEIG, A.J.; KUYPER, J.A.; ROY, D.P.; STOREY, J.C.; PATT, F.S. Achieving sub-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n.1-2, p.31-49. 2002.
- XIAOLIANG, L.; RONGGAO, L.; JIYUAN, L.; SHUNLIN, L. Removal of Noise by Wavelet Method to Generate High Quality Temporal Data of Terrestrial MODIS Products. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.73, n.10, p.1129-1139. 2007.
- XIAOXIONG, X.; NIANZENG, C.; BARNES, W. Terra MODIS on-orbit spatial characterization and performance. **Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on**, v.43, n.2, p.355-365. 2005.
- XIN, J.; Yu, Z.; VAN LEEUWEN, L.; DRIESSEN, P.M. Mapping crop key phenological stages in the North China Plain using NOAA time series images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.4, n.2, p.109-117. 2002.
- ZHANG, F.; SMITH, D. L. Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Physiology and Symbiotic Dinitrogen Fixation. In: D. L. Smith e C. Hamel (Ed.). **Crop Yield: Physiology and Processes**. Berlin: Springer, 1999. p.375-400.
- ZHANG, X.; SUN, R.; ZHANG, B.; TONG, Q. Land cover classification of the North China Plain using MODIS_EVI time series. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.63, n.4, p.476-484. 2008.

A. APÊNDICE A

Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa de data de plantio, de MDV e de colheita da soja

Tabela A.1 - Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa da data de plantio da soja, com as datas observadas em campo e as datas estimadas utilizando os IV EVI e NDVI. Em amarelo estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar CD 206 e em verde estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar MSOY 5942.

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logística	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo-logística	Savitz-Golay	Hants								
1	-24,2901	-49,6253	1/11/2005	304	300 (-4)	309 (5)	297 (-7)	303 (-1)	298 (-6)	310 (6)	304 (0)	297 (-7)								
2	-24,2901	-49,6253	15/10/2006	287	280 (-7)	297 (10)	282 (-5)	290 (3)	286 (-1)	271 (-16)	280 (-7)	303 (16)								
3	-24,2961	-49,6170	1/11/2005	304	292 (-12)	313 (9)	282 (-22)	306 (2)	290 (-14)	288 (-16)	321 (17)	298 (-6)								
4	-24,2961	-49,6170	15/10/2006	287	274 (-13)	276 (-11)	274 (-13)	272 (-15)	291 (4)	278 (-9)	285 (-2)	285 (-2)								
5	-24,2988	-49,6180	1/11/2005	304	309 (5)	294 (-10)	294 (-10)	297 (-7)	317 (13)	286 (-18)	305 (1)	320 (16)								
6	-24,2988	-49,6180	15/10/2006	287	297 (10)	302 (15)	276 (-11)	277 (-10)	296 (9)	286 (-1)	282 (-5)	282 (-5)								
7	-24,9587	-50,1207	1/10/2002	273	257 (-16)	271 (-2)	272 (-1)	266 (-7)	279 (6)	278 (5)	291 (18)	275 (2)								
8	-24,9587	-50,1207	1/11/2003	304	316 (12)	292 (-12)	282 (-22)	290 (-14)	304 (0)	312 (8)	308 (4)	322 (18)								
9	-24,9587	-50,1207	1/10/2006	273	265 (-8)	266 (-7)	271 (-2)	270 (-3)	284 (11)	285 (12)	270 (-3)	281 (8)								
10	-24,9587	-50,1207	1/10/2007	273	283 (10)	260 (-13)	276 (3)	257 (-16)	278 (5)	278 (5)	290 (17)	264 (-9)								
11	-24,7922	-50,4424	1/10/2002	273	284 (11)	279 (6)	255 (-18)	265 (-8)	283 (10)	260 (-13)	266 (-7)	293 (20)								
12	-24,7922	-50,4424	1/10/2003	273	284 (11)	274 (1)	259 (-14)	285 (12)	278 (5)	273 (0)	294 (21)	273 (0)								
13	-24,7922	-50,4424	17/11/2006	320	310 (-10)	329 (9)	313 (-7)	305 (-15)	317 (-3)	303 (-17)	320 (0)	337 (17)								
14	-25,3044	-49,9681	20/10/2001	292	281 (-11)	286 (-6)	279 (-13)	283 (-9)	278 (-14)	292 (0)	296 (4)	285 (-7)								
15	-25,3044	-49,9681	11/10/2004	284	280 (-4)	294 (10)	282 (-2)	287 (3)	271 (-13)	277 (-7)	304 (20)	297 (13)								
16	-25,3044	-49,9681	23/10/2006	295	304 (9)	291 (-4)	290 (-5)	288 (-7)	300 (5)	300 (5)	295 (0)	316 (21)								
17	-25,3044	-49,9681	19/10/2007	291	301 (10)	276 (-15)	290 (-1)	282 (-9)	301 (10)	298 (7)	306 (15)	293 (2)								
18	-25,3104	-49,9660	25/10/2001	297	298 (1)	305 (8)	279 (-18)	288 (-9)	304 (7)	280 (-17)	308 (11)	302 (5)								
19	-25,3104	-49,9660	22/11/2004	326	319 (-7)	331 (5)	321 (-5)	310 (-16)	315 (-11)	317 (-9)	320 (-6)	344 (18)								
20	-25,3104	-49,9660	24/10/2007	296	292 (-4)	283 (-13)	296 (0)	276 (-20)	304 (8)	295 (-1)	308 (12)	304 (8)								
21	-25,3084	-49,9704	20/10/2001	292	293 (1)	307 (15)	286 (-6)	299 (7)	282 (-10)	301 (9)	284 (-8)	288 (-4)								
22	-25,3084	-49,9704	20/10/2003	292	306 (14)	294 (2)	272 (-20)	291 (-1)	299 (7)	287 (-5)	301 (9)	291 (-1)								
23	-25,3084	-49,9704	11/10/2004	284	292 (8)	288 (4)	271 (-13)	273 (-11)	276 (-8)	297 (13)	292 (8)	303 (19)								
24	-24,7472	-50,0539	20/10/2001	292	286 (-6)	280 (-12)	296 (4)	285 (-7)	286 (-6)	288 (-4)	303 (11)	302 (10)								
25	-24,7472	-50,0539	12/10/2004	285	289 (4)	293 (8)	285 (0)	276 (-9)	274 (-11)	267 (-18)	282 (-3)	305 (20)								

id2	Data		DOY	EVI								NDVI								
	Latitude	Longitude		observada	observado	Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants
26	-24,7472	-50,0539	13/11/2005	316	329	(13)	310	(-6)	310	(-6)	316	(0)	313	(-3)	306	(-10)	312	(-4)	312	(-4)
27	-24,7472	-50,0539	22/10/2007	294	303	(9)	306	(12)	289	(-5)	286	(-8)	287	(-7)	301	(7)	294	(0)	288	(-6)
28	-25,0141	-50,1224	2/11/2001	305	304	(-1)	312	(7)	309	(4)	309	(4)	307	(2)	317	(12)	313	(8)	299	(-6)
29	-25,0118	-50,1402	2/11/2001	305	289	(-16)	291	(-14)	285	(-20)	301	(-4)	313	(8)	298	(-7)	323	(18)	302	(-3)
30	-24,9814	-50,1087	10/12/2003	343	342	(-1)	341	(-2)	329	(-14)	326	(-17)	357	(14)	351	(8)	335	(-8)	351	(8)
31	-24,9814	-50,1087	1/10/2006	273	271	(-2)	282	(9)	268	(-5)	281	(8)	287	(14)	267	(-6)	293	(20)	289	(16)
32	-24,9747	-50,0865	23/11/2004	327	321	(-6)	316	(-11)	327	(0)	315	(-12)	336	(9)	329	(2)	337	(10)	345	(18)
33	-24,9840	-50,0705	3/10/2001	275	284	(9)	270	(-5)	280	(5)	282	(7)	274	(-1)	277	(2)	280	(5)	293	(18)
34	-24,9840	-50,0705	11/11/2002	314	309	(-5)	325	(11)	295	(-19)	319	(5)	325	(11)	311	(-3)	329	(15)	304	(-10)
35	-24,9840	-50,0705	15/11/2003	318	306	(-12)	318	(0)	298	(-20)	298	(-20)	328	(10)	306	(-12)	315	(-3)	313	(-5)
36	-24,9840	-50,0705	4/11/2004	308	313	(5)	311	(3)	312	(4)	286	(-22)	320	(12)	295	(-13)	324	(16)	304	(-4)
37	-24,9840	-50,0705	1/10/2006	273	280	(7)	268	(-5)	273	(0)	275	(2)	269	(-4)	282	(9)	275	(2)	268	(-5)
38	-25,3094	-49,9538	4/11/2005	307	299	(-8)	314	(7)	313	(6)	293	(-14)	296	(-11)	317	(10)	326	(19)	296	(-11)
39	-25,3094	-49,9538	25/10/2006	297	297	(0)	286	(-11)	276	(-21)	295	(-2)	298	(1)	297	(0)	302	(5)	290	(-7)
40	-25,3094	-49,9538	23/10/2007	295	290	(-5)	308	(13)	290	(-5)	287	(-8)	285	(-10)	309	(14)	310	(15)	284	(-11)
41	-25,3179	-49,9558	22/11/2005	325	325	(0)	335	(10)	311	(-14)	322	(-3)	326	(1)	311	(-14)	335	(10)	342	(17)
42	-25,3179	-49,9558	22/10/2006	294	307	(13)	290	(-4)	279	(-15)	299	(5)	291	(-3)	307	(13)	295	(1)	303	(9)
43	-25,3179	-49,9558	8/11/2007	311	297	(-14)	321	(10)	302	(-9)	292	(-19)	304	(-7)	320	(9)	308	(-3)	329	(18)
44	-25,3089	-49,9580	11/11/2005	314	300	(-14)	310	(-4)	297	(-17)	296	(-18)	318	(4)	298	(-16)	327	(13)	302	(-12)
45	-25,3089	-49,9580	28/10/2006	300	314	(14)	310	(10)	280	(-20)	291	(-9)	308	(8)	290	(-10)	299	(-1)	288	(-12)
46	-25,3089	-49,9580	24/10/2007	296	290	(-6)	311	(15)	294	(-2)	301	(5)	301	(5)	291	(-5)	303	(7)	318	(22)
47	-25,2703	-49,9508	16/11/2005	319	306	(-13)	329	(10)	295	(-24)	308	(-11)	328	(9)	320	(1)	328	(9)	335	(16)
48	-25,2703	-49,9508	5/12/2006	338	322	(-16)	349	(11)	341	(3)	338	(0)	337	(-1)	320	(-18)	335	(-3)	331	(-7)
49	-25,2703	-49,9508	14/10/2007	286	286	(0)	293	(7)	291	(5)	270	(-16)	281	(-5)	266	(-20)	278	(-8)	278	(-8)
50	-25,2788	-49,9500	12/11/2005	315	307	(-8)	327	(12)	300	(-15)	298	(-17)	302	(-13)	310	(-5)	318	(3)	321	(6)
51	-25,2788	-49,9500	5/10/2006	277	290	(13)	280	(3)	273	(4)	289	(12)	273	(-4)	283	(6)	286	(9)	299	(22)
52	-25,2788	-49,9500	18/10/2007	290	294	(4)	284	(-6)	293	(3)	289	(-1)	288	(-2)	288	(-2)	297	(7)	302	(12)
53	-25,2826	-49,9392	17/10/2005	289	274	(-15)	301	(12)	283	(-6)	279	(-10)	287	(-2)	303	(14)	304	(15)	296	(7)
54	-25,2826	-49,9392	26/12/2006	359	357	(-2)	360	(1)	357	(-2)	330	(-29)	351	(-8)	355	(-4)	361	(2)	374	(15)
55	-25,2826	-49,9392	17/10/2007	289	286	(-3)	277	(-12)	295	(6)	278	(-11)	283	(-6)	300	(11)	309	(20)	293	(4)
56	-25,2719	-49,9450	12/11/2005	315	307	(-8)	305	(-10)	320	(5)	319	(4)	324	(9)	313	(-2)	330	(15)	306	(-9)
57	-25,2719	-49,9450	28/10/2006	300	294	(-6)	300	(0)	288	(-12)	308	(8)	292	(-8)	298	(-2)	293	(-7)	302	(2)

id2	Data		DOY	EVI								NDVI								
	Latitude	Longitude		observada	observado	Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants
58	-25,2719	-49,9450	14/10/2007	286	273	(-13)	282	(-4)	276	(-10)	273	(-13)	279	(-7)	275	(-11)	280	(-6)	293	(7)
59	-25,2809	-49,9374	12/11/2005	315	314	(-1)	317	(2)	294	(-21)	295	(-20)	312	(-3)	317	(2)	328	(13)	309	(-6)
60	-25,2809	-49,9374	5/12/2006	338	351	(13)	328	(-10)	325	(-13)	315	(-23)	355	(17)	341	(3)	353	(15)	324	(-14)
61	-25,2809	-49,9374	14/10/2007	286	276	(-10)	274	(-12)	286	(0)	279	(-7)	294	(8)	288	(2)	298	(12)	290	(4)
62	-25,0167	-50,3540	2/11/2001	305	302	(-3)	318	(13)	286	(-19)	298	(-7)	321	(16)	309	(4)	310	(5)	292	(-13)
63	-25,0167	-50,3540	30/11/2002	333	336	(3)	321	(-12)	324	(-9)	330	(-3)	347	(14)	317	(-16)	336	(3)	336	(3)
64	-25,0167	-50,3540	21/11/2003	324	319	(-5)	323	(-1)	306	(-18)	301	(-23)	335	(11)	306	(-18)	325	(1)	327	(3)
65	-25,0167	-50,3540	18/11/2004	322	309	(-13)	332	(10)	320	(-2)	308	(-14)	324	(2)	331	(9)	323	(1)	331	(9)
66	-25,0167	-50,3540	1/10/2006	273	279	(6)	262	(-11)	260	(-13)	281	(8)	262	(-11)	256	(-17)	286	(13)	293	(20)
67	-25,0167	-50,3540	1/10/2007	273	281	(8)	267	(-6)	279	(6)	268	(-5)	265	(-8)	271	(-2)	279	(6)	285	(12)
68	-25,0151	-50,3449	2/11/2001	305	298	(-7)	296	(-9)	285	(-20)	288	(-17)	298	(-7)	296	(-9)	317	(12)	296	(-9)
69	-25,0151	-50,3449	15/11/2002	318	319	(1)	324	(6)	325	(7)	319	(1)	327	(9)	303	(-15)	331	(13)	316	(-2)
70	-25,0151	-50,3449	24/11/2003	327	330	(3)	310	(-17)	325	(-2)	322	(-5)	340	(13)	311	(-16)	318	(-9)	341	(14)
71	-25,0151	-50,3449	22/11/2004	326	339	(13)	336	(10)	321	(-5)	301	(-25)	333	(7)	327	(1)	331	(5)	313	(-13)
72	-25,0151	-50,3449	1/10/2006	273	269	(-4)	286	(13)	279	(6)	261	(-12)	265	(-8)	279	(6)	276	(3)	279	(6)
73	-25,0151	-50,3449	1/10/2007	273	285	(12)	268	(-5)	256	(-17)	272	(-1)	287	(14)	275	(2)	275	(2)	291	(18)
74	-25,0227	-50,1937	24/10/2002	296	310	(14)	292	(-4)	293	(-3)	285	(-11)	287	(-9)	310	(14)	314	(18)	301	(5)
75	-25,0227	-50,1937	1/10/2006	273	261	(-12)	281	(8)	281	(8)	259	(-14)	269	(-4)	256	(-17)	273	(0)	296	(23)
76	-25,0359	-50,1714	8/11/2002	311	316	(5)	307	(-4)	318	(7)	299	(-12)	309	(-2)	292	(-19)	320	(9)	309	(-2)
77	-25,0359	-50,1714	4/11/2004	308	295	(-13)	319	(11)	298	(-10)	297	(-11)	320	(12)	296	(-12)	306	(-2)	319	(11)
78	-25,0359	-50,1714	1/10/2006	273	275	(2)	272	(-1)	281	(8)	270	(-3)	274	(1)	286	(13)	283	(10)	264	(-9)
79	-25,0354	-50,1880	7/11/2002	310	296	(-14)	303	(-7)	302	(-8)	312	(2)	308	(-2)	302	(-8)	326	(16)	320	(10)
80	-25,0354	-50,1880	1/10/2006	273	260	(-13)	275	(2)	273	(0)	285	(12)	269	(-4)	285	(12)	272	(-1)	271	(-2)
81	-25,0354	-50,1880	1/10/2007	273	267	(-6)	262	(-11)	254	(-19)	266	(-7)	257	(-16)	267	(-6)	291	(18)	271	(-2)
82	-24,3657	-50,0689	18/10/2006	290	287	(-3)	292	(2)	291	(1)	291	(1)	278	(-12)	298	(8)	296	(6)	280	(-10)
83	-24,3657	-50,0689	10/10/2007	282	275	(-7)	272	(-10)	283	(1)	281	(-1)	294	(12)	268	(-14)	296	(14)	271	(-11)
84	-24,3751	-50,0634	18/10/2006	290	294	(4)	283	(-7)	290	(0)	270	(-20)	292	(2)	283	(-7)	285	(-5)	285	(-5)
85	-24,3751	-50,0634	10/10/2007	282	283	(1)	297	(15)	290	(8)	272	(-10)	291	(9)	262	(-20)	283	(1)	300	(18)
86	-24,3847	-50,0648	18/10/2006	290	287	(-3)	281	(-9)	296	(6)	283	(-7)	284	(-6)	290	(0)	305	(15)	293	(3)
87	-24,3847	-50,0648	10/10/2007	282	268	(-14)	295	(13)	290	(8)	263	(-19)	271	(-11)	274	(-8)	298	(16)	292	(10)
88	-24,3707	-50,0766	18/10/2006	290	282	(-8)	295	(5)	294	(4)	300	(10)	287	(-3)	272	(-18)	303	(13)	308	(18)
89	-24,3707	-50,0766	10/10/2007	282	277	(-5)	281	(-1)	286	(4)	292	(10)	269	(-13)	274	(-8)	296	(14)	275	(-7)

id2	Data		DOY	EVI								NDVI								
	Latitude	Longitude		observada	observado	Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants
90	-24,3670	-50,0819	18/10/2006	290	287	(-3)	278	(-12)	293	(3)	271	(-19)	290	(0)	283	(-7)	305	(15)	308	(18)
91	-24,3670	-50,0819	10/10/2007	282	291	(9)	278	(-4)	281	(-1)	284	(2)	289	(7)	265	(-17)	282	(0)	281	(-1)
92	-24,3625	-50,0771	18/10/2006	290	277	(-13)	288	(-2)	294	(4)	288	(-2)	276	(-14)	276	(-14)	309	(19)	289	(-1)
93	-24,3625	-50,0771	10/10/2007	282	271	(-11)	288	(6)	267	(-15)	283	(1)	297	(15)	274	(-8)	289	(7)	274	(-8)
94	-24,3592	-50,0741	18/10/2006	290	291	(1)	282	(-8)	279	(-11)	273	(-17)	296	(6)	296	(6)	308	(18)	313	(23)
95	-24,3592	-50,0741	10/10/2007	282	294	(12)	273	(-9)	281	(-1)	283	(1)	284	(2)	270	(-12)	277	(-5)	284	(2)
96	-24,3653	-50,0896	18/10/2006	290	284	(-6)	299	(9)	293	(3)	299	(9)	276	(-14)	288	(-2)	298	(8)	290	(0)
97	-24,3653	-50,0896	10/10/2007	282	279	(-3)	274	(-8)	263	(-19)	290	(8)	281	(-1)	263	(-19)	276	(-6)	288	(6)
98	-24,4063	-50,0541	1/12/2004	335	331	(-4)	345	(10)	333	(-2)	320	(-15)	324	(-11)	315	(-20)	327	(-8)	341	(6)
99	-24,4063	-50,0541	19/10/2005	291	304	(13)	280	(-11)	283	(-8)	271	(-20)	290	(-1)	296	(5)	297	(6)	283	(-8)
100	-24,4080	-50,0606	18/10/2006	290	275	(-15)	299	(9)	279	(-11)	274	(-16)	300	(10)	297	(7)	307	(17)	303	(13)
101	-24,7449	-50,4021	10/11/2005	313	297	(-16)	302	(-11)	309	(-4)	300	(-13)	324	(11)	314	(1)	329	(16)	311	(-2)
102	-24,7449	-50,4021	10/10/2006	282	268	(-14)	281	(-1)	282	(0)	291	(9)	294	(12)	285	(3)	301	(19)	295	(13)
103	-24,7552	-50,4202	10/11/2005	313	303	(-10)	303	(-10)	299	(-14)	303	(-10)	316	(3)	300	(-13)	306	(-7)	311	(-2)
104	-24,7552	-50,4202	10/10/2006	282	276	(-6)	295	(13)	264	(-18)	288	(6)	288	(6)	271	(-11)	278	(-4)	300	(18)
105	-24,6804	-49,7018	15/10/2003	287	278	(-9)	278	(-9)	290	(3)	271	(-16)	299	(12)	300	(13)	288	(1)	302	(15)
106	-24,6804	-49,7018	11/10/2004	284	287	(3)	279	(-5)	275	(-9)	265	(-19)	272	(-12)	294	(10)	292	(8)	278	(-6)
107	-24,6804	-49,7018	17/10/2005	289	274	(-15)	285	(-4)	295	(6)	270	(-19)	281	(-8)	301	(12)	292	(3)	297	(8)
108	-24,6804	-49,7018	17/10/2006	289	293	(4)	292	(3)	287	(-2)	270	(-19)	286	(-3)	288	(-1)	288	(-1)	285	(-4)
109	-24,6804	-49,7018	10/10/2007	282	293	(11)	270	(-12)	269	(-13)	284	(2)	288	(6)	281	(-1)	298	(16)	297	(15)
110	-24,6604	-49,6951	15/10/2003	287	292	(5)	302	(15)	296	(9)	276	(-11)	282	(-5)	280	(-7)	279	(-8)	282	(-5)
111	-24,6604	-49,6951	11/10/2004	284	295	(11)	281	(-3)	268	(-16)	279	(-5)	288	(4)	296	(12)	282	(-2)	303	(19)
112	-24,6604	-49,6951	17/10/2005	289	282	(-7)	300	(11)	287	(-2)	272	(-17)	277	(-12)	301	(12)	285	(-4)	291	(2)
113	-24,6604	-49,6951	17/10/2006	289	300	(11)	292	(3)	288	(-1)	272	(-17)	288	(-1)	285	(-4)	308	(19)	301	(12)
114	-24,6604	-49,6951	10/10/2007	282	273	(-9)	286	(4)	288	(6)	263	(-19)	293	(11)	286	(4)	277	(-5)	274	(-8)
115	-24,6563	-49,7112	15/10/2003	287	287	(0)	293	(6)	286	(-1)	269	(-18)	272	(-15)	297	(10)	280	(-7)	294	(7)
116	-24,6563	-49,7112	11/10/2004	284	268	(-16)	286	(2)	269	(-15)	290	(6)	275	(-9)	271	(-13)	278	(-6)	282	(-2)
117	-24,6563	-49,7112	17/10/2005	289	280	(-9)	295	(6)	289	(0)	287	(-2)	283	(-6)	301	(12)	297	(8)	285	(-4)
118	-24,6563	-49,7112	17/10/2006	289	282	(-7)	297	(8)	273	(-16)	299	(10)	275	(-14)	295	(6)	295	(6)	291	(2)
119	-24,6563	-49,7112	10/10/2007	282	276	(-6)	296	(14)	282	(0)	280	(-2)	273	(-9)	277	(-5)	302	(20)	284	(2)
120	-24,6545	-49,7029	15/10/2003	287	292	(5)	298	(11)	283	(-4)	272	(-15)	290	(3)	288	(1)	281	(-6)	306	(19)
121	-24,6545	-49,7029	11/10/2004	284	277	(-7)	287	(3)	276	(-8)	271	(-13)	272	(-12)	290	(6)	293	(9)	297	(13)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants			
122	-24,6545	-49,7029	17/10/2005	289	273	(-16)	302	(13)	275	(-14)	276	(-13)	299	(10)	275	(-14)	308	(19)	298	(9)
123	-24,6545	-49,7029	17/10/2006	289	295	(6)	292	(3)	275	(-14)	299	(10)	296	(7)	300	(11)	293	(4)	290	(1)
124	-24,6545	-49,7029	10/10/2007	282	291	(9)	274	(-8)	263	(-19)	273	(-9)	287	(5)	293	(11)	290	(8)	295	(13)
125	-24,6533	-49,6950	15/10/2003	287	292	(5)	294	(7)	272	(-15)	295	(8)	302	(15)	272	(-15)	285	(-2)	309	(22)
126	-24,6533	-49,6950	11/10/2004	284	292	(8)	270	(-14)	280	(-4)	289	(5)	282	(-2)	264	(-20)	276	(-8)	278	(-6)
127	-24,6533	-49,6950	17/10/2005	289	286	(-3)	276	(-13)	283	(-6)	290	(1)	286	(-3)	302	(13)	302	(13)	279	(-10)
128	-24,6533	-49,6950	17/10/2006	289	301	(12)	291	(2)	282	(-7)	289	(0)	296	(7)	282	(-7)	308	(19)	310	(21)
129	-24,6533	-49,6950	10/10/2007	282	268	(-14)	292	(10)	285	(3)	271	(-11)	268	(-14)	280	(-2)	277	(-5)	301	(19)
130	-24,6615	-49,6901	15/10/2003	287	287	(0)	302	(15)	275	(-12)	269	(-18)	272	(-15)	273	(-14)	295	(8)	287	(0)
131	-24,6615	-49,6901	11/10/2004	284	272	(-12)	290	(6)	293	(9)	275	(-9)	281	(-3)	264	(-20)	294	(10)	295	(11)
132	-24,6615	-49,6901	17/10/2005	289	297	(8)	297	(8)	273	(-16)	298	(9)	283	(-6)	289	(0)	282	(-7)	279	(-10)
133	-24,6615	-49,6901	17/10/2006	289	297	(8)	303	(14)	292	(3)	295	(6)	303	(14)	294	(5)	309	(20)	298	(9)
134	-24,6615	-49,6901	10/10/2007	282	286	(4)	296	(14)	270	(-12)	293	(11)	288	(6)	271	(-11)	292	(10)	279	(-3)
135	-24,6650	-49,7002	15/10/2003	287	282	(-5)	273	(-14)	292	(5)	295	(8)	281	(-6)	293	(6)	304	(17)	277	(-10)
136	-24,6650	-49,7002	11/10/2004	284	284	(0)	295	(11)	279	(-5)	275	(-9)	291	(7)	297	(13)	293	(9)	301	(17)
137	-24,6650	-49,7002	17/10/2005	289	285	(-4)	302	(13)	270	(-19)	283	(-6)	291	(2)	283	(-6)	282	(-7)	298	(9)
138	-24,6650	-49,7002	17/10/2006	289	294	(5)	301	(12)	299	(10)	272	(-17)	283	(-6)	292	(3)	289	(0)	307	(18)
139	-24,6650	-49,7002	10/10/2007	282	279	(-3)	287	(5)	277	(-5)	283	(1)	285	(3)	291	(9)	298	(16)	294	(12)
140	-24,6643	-49,6829	15/10/2003	287	285	(-2)	283	(-4)	283	(-4)	274	(-13)	287	(0)	296	(9)	284	(-3)	293	(6)
141	-24,6643	-49,6829	11/10/2004	284	283	(-1)	287	(3)	265	(-19)	278	(-6)	295	(11)	292	(8)	277	(-7)	300	(16)
142	-24,6643	-49,6829	17/10/2005	289	293	(4)	297	(8)	280	(-9)	271	(-18)	286	(-3)	278	(-11)	285	(-4)	309	(20)
143	-24,6643	-49,6829	17/10/2006	289	301	(12)	276	(-13)	292	(3)	285	(-4)	279	(-10)	299	(10)	303	(14)	300	(11)
144	-24,6643	-49,6829	10/10/2007	282	280	(-2)	280	(-2)	267	(-15)	277	(-5)	276	(-6)	288	(6)	297	(15)	272	(-10)
145	-24,6733	-49,6994	15/10/2003	287	275	(-12)	301	(14)	273	(-14)	271	(-16)	283	(-4)	297	(10)	281	(-6)	292	(5)
146	-24,6733	-49,6994	11/10/2004	284	285	(1)	297	(13)	281	(-3)	279	(-5)	274	(-10)	275	(-9)	304	(20)	283	(-1)
147	-24,6733	-49,6994	17/10/2005	289	293	(4)	295	(6)	297	(8)	298	(9)	294	(5)	287	(-2)	309	(20)	294	(5)
148	-24,6733	-49,6994	17/10/2006	289	293	(4)	297	(8)	287	(-2)	269	(-20)	275	(-14)	276	(-13)	288	(-1)	296	(7)
149	-24,6733	-49,6994	10/10/2007	282	278	(-4)	277	(-5)	263	(-19)	277	(-5)	273	(-9)	293	(11)	275	(-7)	281	(-1)
150	-24,6760	-49,6975	15/10/2003	287	295	(8)	297	(10)	278	(-9)	272	(-15)	275	(-12)	295	(8)	307	(20)	306	(19)
151	-24,6760	-49,6975	11/10/2004	284	278	(-6)	274	(-10)	281	(-3)	266	(-18)	281	(-3)	277	(-7)	289	(5)	283	(-1)
152	-24,6760	-49,6975	17/10/2005	289	301	(12)	284	(-5)	290	(1)	285	(-4)	280	(-9)	271	(-18)	289	(0)	312	(23)
153	-24,6760	-49,6975	17/10/2006	289	296	(7)	277	(-12)	297	(8)	289	(0)	274	(-15)	289	(0)	304	(15)	281	(-8)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants			
154	-24,6760	-49,6975	10/10/2007	282	282	(0)	291	(9)	278	(-4)	292	(10)	295	(13)	264	(-18)	301	(19)	302	(20)
155	-24,6803	-49,6968	15/10/2003	287	278	(-9)	297	(10)	269	(-18)	296	(9)	286	(-1)	282	(-5)	296	(9)	300	(13)
156	-24,6803	-49,6968	11/10/2004	284	278	(-6)	284	(0)	274	(-10)	294	(10)	288	(4)	285	(1)	290	(6)	280	(-4)
157	-24,6803	-49,6968	17/10/2005	289	302	(13)	291	(2)	289	(0)	295	(6)	300	(11)	285	(-4)	291	(2)	289	(0)
158	-24,6803	-49,6968	17/10/2006	289	300	(11)	300	(11)	286	(-3)	298	(9)	296	(7)	289	(0)	284	(-5)	297	(8)
159	-24,6803	-49,6968	10/10/2007	282	280	(-2)	284	(2)	283	(1)	271	(-11)	287	(5)	287	(5)	279	(-3)	304	(22)
160	-24,7540	-49,8349	22/11/2004	326	321	(-5)	323	(-3)	332	(6)	303	(-23)	329	(3)	333	(7)	343	(17)	338	(12)
161	-24,7508	-49,8317	22/11/2004	326	336	(10)	327	(1)	320	(-6)	302	(-24)	314	(-12)	333	(7)	336	(10)	320	(-6)
162	-24,7588	-49,8279	22/11/2004	326	324	(-2)	314	(-12)	317	(-9)	316	(-10)	341	(15)	322	(-4)	335	(9)	344	(18)
163	-24,1406	-49,8723	15/10/2006	287	295	(8)	291	(4)	274	(-13)	269	(-18)	281	(-6)	298	(11)	283	(-4)	294	(7)
164	-24,1406	-49,8723	15/10/2007	287	279	(-8)	287	(0)	270	(-17)	288	(1)	287	(0)	286	(-1)	295	(8)	306	(19)
165	-24,1430	-49,8796	15/10/2006	287	284	(-3)	287	(0)	288	(1)	274	(-13)	285	(-2)	293	(6)	298	(11)	304	(17)
166	-24,1430	-49,8796	15/10/2007	287	274	(-13)	300	(13)	297	(10)	278	(-9)	293	(6)	268	(-19)	305	(18)	289	(2)
167	-24,1456	-49,8832	15/10/2006	287	289	(2)	281	(-6)	278	(-9)	274	(-13)	275	(-12)	301	(14)	300	(13)	283	(-4)
168	-24,1456	-49,8832	15/10/2007	287	271	(-16)	287	(0)	297	(10)	296	(9)	289	(2)	286	(-1)	284	(-3)	290	(3)
169	-24,1518	-49,8803	15/10/2006	287	288	(1)	300	(13)	291	(4)	292	(5)	282	(-5)	287	(0)	304	(17)	285	(-2)
170	-24,1518	-49,8803	15/10/2007	287	271	(-16)	283	(-4)	293	(6)	293	(6)	296	(9)	269	(-18)	297	(10)	282	(-5)
171	-24,1530	-49,8755	15/10/2006	287	290	(3)	302	(15)	282	(-5)	293	(6)	284	(-3)	267	(-20)	281	(-6)	298	(11)
172	-24,1530	-49,8755	15/10/2007	287	286	(-1)	287	(0)	274	(-13)	281	(-6)	274	(-13)	275	(-12)	300	(13)	307	(20)
173	-24,7613	-49,9356	10/10/2007	282	273	(-9)	270	(-12)	283	(1)	281	(-1)	296	(14)	270	(-12)	280	(-2)	304	(22)
174	-24,7527	-49,9379	12/10/2004	285	273	(-12)	275	(-10)	284	(-1)	281	(-4)	279	(-6)	285	(0)	286	(1)	300	(15)
175	-24,7527	-49,9379	24/10/2006	296	304	(8)	296	(0)	296	(0)	284	(-12)	285	(-11)	309	(13)	316	(20)	304	(8)
176	-24,7527	-49,9379	29/10/2007	301	304	(3)	296	(-5)	290	(-11)	290	(-11)	317	(16)	301	(0)	296	(-5)	306	(5)
177	-24,7533	-49,9385	13/10/2004	286	277	(-9)	275	(-11)	273	(-13)	282	(-4)	286	(0)	293	(7)	280	(-6)	303	(17)
178	-24,7533	-49,9385	24/10/2006	296	282	(-14)	298	(2)	288	(-8)	301	(5)	281	(-15)	308	(12)	308	(12)	315	(19)
179	-24,7533	-49,9385	29/10/2007	301	312	(11)	302	(1)	305	(4)	307	(6)	302	(1)	308	(7)	299	(-2)	301	(0)
180	-24,7548	-49,9375	15/10/2004	288	297	(9)	276	(-12)	272	(-16)	274	(-14)	282	(-6)	299	(11)	286	(-2)	281	(-7)
181	-24,7548	-49,9375	24/10/2006	296	290	(-6)	301	(5)	276	(-20)	305	(9)	293	(-3)	278	(-18)	306	(10)	311	(15)
182	-24,7548	-49,9375	29/10/2007	301	301	(0)	291	(-10)	288	(-13)	299	(-2)	313	(12)	294	(-7)	314	(13)	289	(-12)
183	-24,7561	-49,9366	16/10/2004	289	276	(-13)	287	(-2)	299	(10)	271	(-18)	293	(4)	297	(8)	297	(8)	292	(3)
184	-24,7561	-49,9366	24/10/2006	296	286	(-10)	311	(15)	302	(6)	295	(-1)	304	(8)	293	(-3)	299	(3)	312	(16)
185	-24,7561	-49,9366	29/10/2007	301	289	(-12)	299	(-2)	288	(-13)	304	(3)	289	(-12)	281	(-20)	293	(-8)	311	(10)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants			
186	-24,7557	-49,9440	20/10/2004	293	288	(-5)	294	(1)	286	(-7)	274	(-19)	278	(-15)	291	(-2)	288	(-5)	301	(8)
187	-24,7557	-49,9440	24/10/2006	296	294	(-2)	311	(15)	304	(8)	288	(-8)	303	(7)	300	(4)	304	(8)	315	(19)
188	-24,7557	-49,9440	29/10/2007	301	306	(5)	295	(-6)	299	(-2)	289	(-12)	314	(13)	301	(0)	314	(13)	310	(9)
189	-24,7563	-49,9472	21/10/2004	294	290	(-4)	291	(-3)	278	(-16)	302	(8)	282	(-12)	276	(-18)	291	(-3)	315	(21)
190	-24,7563	-49,9472	24/10/2006	296	299	(3)	295	(-1)	278	(-18)	287	(-9)	310	(14)	294	(-2)	297	(1)	289	(-7)
191	-24,7563	-49,9472	29/10/2007	301	302	(1)	308	(7)	281	(-20)	295	(-6)	301	(0)	309	(8)	298	(-3)	301	(0)
192	-24,7572	-49,9459	22/10/2004	295	290	(-5)	308	(13)	298	(3)	290	(-5)	301	(6)	284	(-11)	294	(-1)	284	(-11)
193	-24,7579	-49,9449	23/10/2004	296	287	(-9)	305	(9)	303	(7)	276	(-20)	294	(-2)	276	(-20)	315	(19)	318	(22)
194	-24,7579	-49,9449	24/10/2006	296	280	(-16)	283	(-13)	290	(-6)	280	(-16)	311	(15)	298	(2)	300	(4)	288	(-8)
195	-24,7579	-49,9449	29/10/2007	301	311	(10)	312	(11)	294	(-7)	300	(-1)	308	(7)	307	(6)	310	(9)	304	(3)
196	-24,7581	-49,9440	24/10/2004	297	292	(-5)	298	(1)	276	(-21)	303	(6)	297	(0)	301	(4)	306	(9)	296	(-1)
197	-24,7581	-49,9440	24/10/2006	296	291	(-5)	299	(3)	289	(-7)	300	(4)	291	(-5)	310	(14)	293	(-3)	305	(9)
198	-24,7581	-49,9440	29/10/2007	301	289	(-12)	291	(-10)	283	(-18)	301	(0)	290	(-11)	314	(13)	302	(1)	315	(14)
199	-24,7602	-49,9421	25/10/2004	298	301	(3)	299	(1)	291	(-7)	302	(4)	305	(7)	296	(-2)	291	(-7)	293	(-5)
200	-24,7602	-49,9421	24/10/2006	296	292	(-4)	306	(10)	292	(-4)	303	(7)	284	(-12)	277	(-19)	301	(5)	287	(-9)
201	-24,7602	-49,9421	29/10/2007	301	292	(-9)	313	(12)	302	(1)	294	(-7)	292	(-9)	303	(2)	299	(-2)	319	(18)
202	-24,7610	-49,9400	27/10/2004	300	310	(10)	297	(-3)	308	(8)	308	(8)	316	(16)	287	(-13)	298	(-2)	302	(2)
203	-24,7610	-49,9400	24/10/2006	296	296	(0)	305	(9)	301	(5)	304	(8)	281	(-15)	297	(1)	294	(-2)	315	(19)
204	-24,7610	-49,9400	29/10/2007	301	314	(13)	306	(5)	284	(-17)	294	(-7)	297	(-4)	311	(10)	295	(-6)	292	(-9)
205	-24,7955	-49,8920	1/11/2003	304	302	(-2)	291	(-13)	295	(-9)	309	(5)	305	(1)	316	(12)	301	(-3)	321	(17)
206	-24,7955	-49,8920	24/10/2006	296	306	(10)	311	(15)	277	(-19)	296	(0)	307	(11)	302	(6)	299	(3)	289	(-7)
207	-24,7993	-49,8869	1/11/2003	304	292	(-12)	300	(-4)	302	(-2)	295	(-9)	312	(8)	311	(7)	316	(12)	308	(4)
208	-24,7993	-49,8869	24/10/2006	296	299	(3)	310	(14)	301	(5)	291	(-5)	282	(-14)	291	(-5)	296	(0)	311	(15)
209	-24,7928	-49,8940	1/11/2003	304	297	(-7)	299	(-5)	310	(6)	310	(6)	290	(-14)	296	(-8)	297	(-7)	310	(6)
210	-24,7977	-49,8870	1/11/2003	304	307	(3)	313	(9)	287	(-17)	283	(-21)	290	(-14)	299	(-5)	314	(10)	293	(-11)
211	-24,7977	-49,8870	24/10/2006	296	299	(3)	301	(5)	286	(-10)	288	(-8)	309	(13)	287	(-9)	314	(18)	294	(-2)
212	-24,7921	-49,8897	1/11/2003	304	299	(-5)	292	(-12)	305	(1)	288	(-16)	314	(10)	301	(-3)	305	(1)	306	(2)
213	-24,7313	-49,8777	1/11/2001	304	295	(-9)	304	(0)	301	(-3)	287	(-17)	298	(-6)	285	(-19)	296	(-8)	305	(1)
214	-24,7313	-49,8777	1/11/2002	304	307	(3)	299	(-5)	288	(-16)	293	(-11)	311	(7)	287	(-17)	303	(-1)	313	(9)
215	-24,7313	-49,8777	11/10/2004	284	293	(9)	270	(-14)	287	(3)	281	(-3)	293	(9)	290	(6)	284	(0)	275	(-9)
216	-24,7313	-49,8777	17/10/2005	289	301	(12)	291	(2)	284	(-5)	299	(10)	301	(12)	272	(-17)	292	(3)	281	(-8)
217	-24,7313	-49,8777	26/10/2006	298	298	(0)	307	(9)	302	(4)	280	(-18)	292	(-6)	301	(3)	295	(-3)	303	(5)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants			
218	-24,7313	-49,8777	10/10/2007	282	272	(-10)	271	(-11)	278	(-4)	292	(10)	272	(-10)	285	(3)	299	(17)	288	(6)
219	-24,7244	-49,8794	1/11/2001	304	309	(5)	316	(12)	283	(-21)	291	(-13)	290	(-14)	301	(-3)	321	(17)	322	(18)
220	-24,7244	-49,8794	1/11/2002	304	317	(13)	288	(-16)	310	(6)	307	(3)	299	(-5)	286	(-18)	313	(9)	323	(19)
221	-24,7244	-49,8794	11/10/2004	284	283	(-1)	294	(10)	287	(3)	289	(5)	271	(-13)	295	(11)	300	(16)	277	(-7)
222	-24,7244	-49,8794	17/10/2005	289	286	(-3)	289	(0)	285	(-4)	295	(6)	285	(-4)	283	(-6)	285	(-4)	285	(-4)
223	-24,7244	-49,8794	26/10/2006	298	306	(8)	310	(12)	299	(1)	303	(5)	302	(4)	286	(-12)	295	(-3)	296	(-2)
224	-24,7244	-49,8794	10/10/2007	282	285	(3)	293	(11)	288	(6)	266	(-16)	281	(-1)	271	(-11)	296	(14)	299	(17)
225	-24,7259	-49,8799	1/11/2001	304	294	(-10)	290	(-14)	311	(7)	285	(-19)	318	(14)	298	(-6)	309	(5)	309	(5)
226	-24,7259	-49,8799	1/11/2002	304	306	(2)	288	(-16)	306	(2)	286	(-18)	290	(-14)	301	(-3)	311	(7)	306	(2)
227	-24,7259	-49,8799	11/10/2004	284	288	(4)	299	(15)	273	(-11)	278	(-6)	276	(-8)	271	(-13)	303	(19)	281	(-3)
228	-24,7259	-49,8799	17/10/2005	289	276	(-13)	299	(10)	286	(-3)	285	(-4)	279	(-10)	285	(-4)	293	(4)	290	(1)
229	-24,7259	-49,8799	26/10/2006	298	286	(-12)	292	(-6)	294	(-4)	306	(8)	312	(14)	285	(-13)	314	(16)	310	(12)
230	-24,7259	-49,8799	10/10/2007	282	283	(1)	279	(-3)	265	(-17)	291	(9)	296	(14)	282	(0)	286	(4)	271	(-11)
231	-24,7210	-49,8775	1/11/2001	304	312	(8)	301	(-3)	293	(-11)	283	(-21)	298	(-6)	295	(-9)	300	(-4)	308	(4)
232	-24,7210	-49,8775	1/11/2002	304	291	(-13)	298	(-6)	307	(3)	303	(-1)	304	(0)	297	(-7)	301	(-3)	305	(1)
233	-24,7210	-49,8775	11/10/2004	284	293	(9)	270	(-14)	294	(10)	285	(1)	275	(-9)	265	(-19)	300	(16)	306	(22)
234	-24,7210	-49,8775	17/10/2005	289	275	(-14)	282	(-7)	277	(-12)	284	(-5)	292	(3)	297	(8)	286	(-3)	287	(-2)
235	-24,7210	-49,8775	26/10/2006	298	308	(10)	293	(-5)	287	(-11)	300	(2)	309	(11)	298	(0)	299	(1)	314	(16)
236	-24,7210	-49,8775	10/10/2007	282	284	(2)	281	(-1)	276	(-6)	290	(8)	271	(-11)	284	(2)	282	(0)	303	(21)
237	-24,7258	-49,8943	1/11/2001	304	312	(8)	310	(6)	298	(-6)	309	(5)	319	(15)	289	(-15)	307	(3)	313	(9)
238	-24,7258	-49,8943	1/11/2002	304	313	(9)	307	(3)	306	(2)	286	(-18)	308	(4)	312	(8)	308	(4)	303	(-1)
239	-24,7258	-49,8943	11/10/2004	284	271	(-13)	287	(3)	291	(7)	283	(-1)	285	(1)	276	(-8)	299	(15)	290	(6)
240	-24,7258	-49,8943	17/10/2005	289	280	(-9)	298	(9)	294	(5)	269	(-20)	300	(11)	280	(-9)	307	(18)	282	(-7)
241	-24,7258	-49,8943	26/10/2006	298	299	(1)	312	(14)	304	(6)	304	(6)	283	(-15)	308	(10)	307	(9)	294	(-4)
242	-24,7258	-49,8943	10/10/2007	282	285	(3)	281	(-1)	283	(1)	267	(-15)	297	(15)	296	(14)	300	(18)	292	(10)
243	-24,7781	-49,9405	20/11/2002	323	327	(4)	324	(1)	327	(4)	311	(-12)	339	(16)	335	(12)	333	(10)	318	(-5)
244	-24,7781	-49,9405	11/10/2004	284	298	(14)	276	(-8)	285	(1)	280	(-4)	289	(5)	293	(9)	280	(-4)	286	(2)
245	-24,7781	-49,9405	17/10/2005	289	298	(9)	291	(2)	280	(-9)	288	(-1)	283	(-6)	272	(-17)	305	(16)	289	(0)
246	-24,7781	-49,9405	10/10/2006	282	277	(-5)	279	(-3)	277	(-5)	272	(-10)	286	(4)	279	(-3)	289	(7)	288	(6)
247	-24,7696	-49,9530	20/11/2002	323	311	(-12)	333	(10)	327	(4)	307	(-16)	338	(15)	322	(-1)	320	(-3)	334	(11)
248	-24,7696	-49,9530	11/10/2004	284	280	(-4)	287	(3)	272	(-12)	283	(-1)	277	(-7)	264	(-20)	290	(6)	276	(-8)
249	-24,7696	-49,9530	17/10/2005	289	299	(10)	282	(-7)	282	(-7)	289	(0)	302	(13)	280	(-9)	289	(0)	293	(4)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants			
250	-24,7696	-49,9530	10/10/2006	282	289	(7)	281	(-1)	283	(1)	280	(-2)	288	(6)	287	(5)	285	(3)	293	(11)
251	-24,7757	-49,9683	1/11/2004	305	301	(-4)	298	(-7)	299	(-6)	285	(-20)	291	(-14)	318	(13)	314	(9)	323	(18)
252	-24,7757	-49,9683	20/10/2005	292	303	(11)	291	(-1)	286	(-6)	280	(-12)	297	(5)	280	(-12)	295	(3)	287	(-5)
253	-24,7757	-49,9683	3/11/2006	306	303	(-3)	303	(-3)	295	(-11)	313	(7)	299	(-7)	293	(-13)	310	(4)	321	(15)
254	-24,7757	-49,9683	10/10/2007	282	281	(-1)	291	(9)	272	(-10)	285	(3)	288	(6)	265	(-17)	284	(2)	278	(-4)
255	-24,7724	-49,9582	1/11/2004	305	308	(3)	290	(-15)	297	(-8)	302	(-3)	313	(8)	312	(7)	315	(10)	301	(-4)
256	-24,7724	-49,9582	15/11/2005	318	308	(-10)	321	(3)	305	(-13)	308	(-10)	330	(12)	305	(-13)	328	(10)	312	(-6)
257	-24,7724	-49,9582	3/11/2006	306	317	(11)	309	(3)	303	(-3)	292	(-14)	299	(-7)	285	(-21)	299	(-7)	314	(8)
258	-24,7724	-49,9582	10/10/2007	282	281	(-1)	284	(2)	288	(6)	281	(-1)	283	(1)	262	(-20)	275	(-7)	277	(-5)
259	-24,7751	-49,9659	1/11/2004	305	304	(-1)	293	(-12)	285	(-20)	301	(-4)	305	(0)	287	(-18)	302	(-3)	314	(9)
260	-24,7751	-49,9659	15/11/2005	318	320	(2)	328	(10)	306	(-12)	313	(-5)	312	(-6)	322	(4)	333	(15)	315	(-3)
261	-24,7751	-49,9659	18/10/2006	290	277	(-13)	287	(-3)	278	(-12)	284	(-6)	290	(0)	278	(-12)	301	(11)	297	(7)
262	-24,7751	-49,9659	10/10/2007	282	294	(12)	283	(1)	290	(8)	267	(-15)	285	(3)	276	(-6)	289	(7)	273	(-9)
263	-24,7743	-49,9639	1/11/2004	305	318	(13)	304	(-1)	306	(1)	311	(6)	297	(-8)	293	(-12)	314	(9)	313	(8)
264	-24,7743	-49,9639	15/11/2005	318	322	(4)	318	(0)	312	(-6)	315	(-3)	331	(13)	300	(-18)	323	(5)	335	(17)
265	-24,7743	-49,9639	3/11/2006	306	305	(-1)	295	(-11)	292	(-14)	307	(1)	316	(10)	318	(12)	324	(18)	321	(15)
266	-24,7743	-49,9639	10/10/2007	282	287	(5)	268	(-14)	280	(-2)	282	(0)	288	(6)	262	(-20)	276	(-6)	277	(-5)
267	-24,7734	-49,9614	1/11/2004	305	289	(-16)	295	(-10)	283	(-22)	288	(-17)	316	(11)	300	(-5)	311	(6)	312	(7)
268	-24,7734	-49,9614	15/11/2005	318	330	(12)	322	(4)	324	(6)	294	(-24)	329	(11)	297	(-21)	332	(14)	333	(15)
269	-24,7734	-49,9614	3/11/2006	306	293	(-13)	295	(-11)	298	(-8)	287	(-19)	299	(-7)	313	(7)	325	(19)	301	(-5)
270	-24,7734	-49,9614	10/10/2007	282	273	(-9)	290	(8)	283	(1)	271	(-11)	275	(-7)	271	(-11)	282	(0)	291	(9)
271	-24,9945	-50,7288	10/10/2005	282	284	(2)	280	(-2)	288	(6)	284	(2)	290	(8)	264	(-18)	287	(5)	289	(7)
272	-24,6565	-49,9392	20/10/2004	293	279	(-14)	307	(14)	299	(6)	273	(-20)	300	(7)	274	(-19)	301	(8)	307	(14)
273	-24,6565	-49,9392	18/10/2006	290	296	(6)	292	(2)	295	(5)	286	(-4)	289	(-1)	274	(-16)	307	(17)	280	(-10)
274	-24,8776	-50,1376	1/11/2005	304	314	(10)	292	(-12)	310	(6)	294	(-10)	292	(-12)	287	(-17)	296	(-8)	316	(12)
275	-24,8776	-50,1376	1/10/2006	273	261	(-12)	264	(-9)	282	(9)	277	(4)	271	(-2)	253	(-20)	290	(17)	265	(-8)
276	-24,8657	-50,1383	1/11/2005	304	287	(-17)	310	(6)	297	(-7)	306	(2)	307	(3)	295	(-9)	295	(-9)	296	(-8)
277	-24,8657	-50,1383	1/10/2006	273	278	(5)	270	(-3)	277	(4)	259	(-14)	285	(12)	262	(-11)	286	(13)	278	(5)
278	-24,7354	-49,8891	20/10/2006	292	300	(8)	306	(14)	294	(2)	278	(-14)	284	(-8)	305	(13)	285	(-7)	312	(20)
279	-24,1401	-49,7880	20/10/2004	293	306	(13)	296	(3)	289	(-4)	285	(-8)	297	(4)	280	(-13)	292	(-1)	304	(11)
280	-24,1401	-49,7880	10/10/2005	282	268	(-14)	281	(-1)	289	(7)	290	(8)	286	(4)	271	(-11)	282	(0)	274	(-8)
281	-24,1401	-49,7880	10/10/2006	282	269	(-13)	288	(6)	281	(-1)	285	(3)	284	(2)	293	(11)	278	(-4)	291	(9)

id2	Data			DOY	EVI								NDVI							
	Latitude	Longitude	observada		observado	Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo-logistica		Savitz-Golay		Hants
282	-24,1387	-49,7896	10/10/2004	283	293	(10)	286	(3)	285	(2)	265	(-18)	284	(1)	276	(-7)	282	(-1)	287	(4)
283	-24,1387	-49,7896	27/9/2005	269	280	(11)	261	(-8)	252	(-17)	266	(-3)	275	(6)	260	(-9)	282	(13)	260	(-9)
284	-24,1387	-49,7896	18/10/2006	290	301	(11)	303	(13)	300	(10)	286	(-4)	298	(8)	296	(6)	286	(-4)	292	(2)
285	-24,1368	-49,7864	10/10/2004	283	295	(12)	268	(-15)	269	(-14)	274	(-9)	273	(-10)	275	(-8)	290	(7)	280	(-3)
286	-24,1368	-49,7864	27/9/2005	269	270	(1)	255	(-14)	271	(2)	269	(0)	256	(-13)	270	(1)	278	(9)	283	(14)
287	-24,1368	-49,7864	18/10/2006	290	281	(-9)	291	(1)	275	(-15)	279	(-11)	284	(-6)	279	(-11)	300	(10)	281	(-9)
288	-24,8160	-50,3715	10/10/2004	283	272	(-11)	294	(11)	275	(-8)	292	(9)	283	(0)	290	(7)	284	(1)	287	(4)
289	-24,8160	-50,3715	27/9/2005	269	264	(-5)	262	(-7)	272	(3)	270	(1)	270	(1)	278	(9)	271	(2)	262	(-7)
290	-24,8160	-50,3715	18/10/2006	290	301	(11)	287	(-3)	289	(-1)	300	(10)	302	(12)	272	(-18)	305	(15)	279	(-11)
291	-24,7844	-49,8314	3/11/2001	306	291	(-15)	294	(-12)	304	(-2)	310	(4)	314	(8)	316	(10)	300	(-6)	312	(6)
292	-24,7844	-49,8314	11/10/2004	284	270	(-14)	278	(-6)	278	(-6)	266	(-18)	283	(-1)	278	(-6)	282	(-2)	281	(-3)
293	-24,7895	-49,8377	20/10/2002	292	298	(6)	305	(13)	291	(-1)	276	(-16)	290	(-2)	297	(5)	311	(19)	298	(6)
294	-24,7895	-49,8377	20/10/2003	292	290	(-2)	284	(-8)	273	(-19)	278	(-14)	301	(9)	286	(-6)	294	(2)	301	(9)
295	-24,7895	-49,8377	22/11/2004	326	309	(-17)	338	(12)	328	(2)	311	(-15)	326	(0)	324	(-2)	343	(17)	328	(2)
296	-24,7895	-49,8377	17/10/2005	289	295	(6)	301	(12)	291	(2)	295	(6)	287	(-2)	289	(0)	284	(-5)	288	(-1)
297	-24,7895	-49,8377	14/10/2007	286	287	(1)	277	(-9)	282	(-4)	294	(8)	291	(5)	285	(-1)	301	(15)	277	(-9)
298	-24,7879	-49,8441	20/10/2001	292	289	(-3)	287	(-5)	274	(-18)	286	(-6)	299	(7)	272	(-20)	284	(-8)	299	(7)
299	-24,7879	-49,8441	1/11/2002	304	309	(5)	316	(12)	296	(-8)	287	(-17)	318	(14)	311	(7)	321	(17)	298	(-6)
300	-24,9595	-50,1789	28/10/2003	300	286	(-14)	295	(-5)	307	(7)	281	(-19)	313	(13)	298	(-2)	313	(13)	319	(19)
301	-24,9577	-50,1612	15/11/2001	318	310	(-8)	327	(9)	303	(-15)	301	(-17)	309	(-9)	307	(-11)	319	(1)	311	(-7)
302	-24,9577	-50,1612	20/10/2002	292	305	(13)	294	(2)	290	(-2)	279	(-13)	279	(-13)	298	(6)	292	(0)	287	(-5)
303	-24,9917	-50,2207	1/10/2007	273	267	(-6)	280	(7)	270	(-3)	257	(-16)	283	(10)	260	(-13)	294	(21)	279	(6)
304	-24,6482	-49,8647	1/10/2007	273	278	(5)	273	(0)	270	(-3)	267	(-6)	276	(3)	254	(-19)	292	(19)	293	(20)
305	-24,6442	-49,8593	1/10/2007	273	260	(-13)	285	(12)	260	(-13)	276	(3)	286	(13)	259	(-14)	273	(0)	267	(-6)
306	-24,8493	-49,9828	18/10/2006	290	301	(11)	284	(-6)	296	(6)	283	(-7)	286	(-4)	271	(-19)	302	(12)	299	(9)
307	-24,8493	-49,9828	10/10/2007	282	289	(7)	287	(5)	269	(-13)	290	(8)	287	(5)	286	(4)	278	(-4)	272	(-10)
308	-24,8468	-49,9819	26/10/2001	298	310	(12)	311	(13)	282	(-16)	282	(-16)	285	(-13)	301	(3)	304	(6)	299	(1)
309	-24,8468	-49,9819	12/11/2002	315	318	(3)	312	(-3)	317	(2)	313	(-2)	323	(8)	303	(-12)	307	(-8)	330	(15)
310	-24,8468	-49,9819	22/11/2004	326	310	(-16)	321	(-5)	327	(1)	313	(-13)	332	(6)	306	(-20)	329	(3)	316	(-10)
311	-24,8468	-49,9819	25/10/2005	297	305	(8)	308	(11)	297	(0)	302	(5)	305	(8)	300	(3)	311	(14)	306	(9)
312	-24,8468	-49,9819	18/10/2006	290	288	(-2)	292	(2)	271	(-19)	287	(-3)	292	(2)	302	(12)	296	(6)	293	(3)
313	-24,8468	-49,9819	10/10/2007	282	281	(-1)	277	(-5)	290	(8)	265	(-17)	272	(-10)	268	(-14)	300	(18)	285	(3)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo-logistica	Savitz-Golay	Hants								
314	-24,8449	-49,9790	26/10/2001	298	285 (-13)	292 (-6)	285 (-13)	300 (2)	286 (-12)	310 (12)	297 (-1)	302 (4)								
315	-24,8449	-49,9790	24/10/2002	296	286 (-10)	300 (4)	275 (-21)	297 (1)	306 (10)	293 (-3)	306 (10)	303 (7)								
316	-24,8449	-49,9790	15/10/2004	288	277 (-11)	279 (-9)	289 (1)	283 (-5)	292 (4)	287 (-1)	303 (15)	306 (18)								
317	-24,8449	-49,9790	25/10/2005	297	289 (-8)	305 (8)	284 (-13)	294 (-3)	310 (13)	286 (-11)	306 (9)	314 (17)								
318	-24,8482	-49,9872	21/11/2004	325	323 (-2)	331 (6)	316 (-9)	303 (-22)	328 (3)	337 (12)	319 (-6)	342 (17)								
319	-24,8482	-49,9872	18/10/2006	290	288 (-2)	283 (-7)	282 (-8)	290 (0)	301 (11)	285 (-5)	285 (-5)	298 (8)								
320	-24,8482	-49,9872	10/10/2007	282	286 (4)	283 (1)	292 (10)	273 (-9)	275 (-7)	262 (-20)	278 (-4)	282 (0)								
321	-24,8498	-49,9771	27/10/2001	299	296 (-3)	297 (-2)	286 (-13)	287 (-12)	292 (-7)	290 (-9)	319 (20)	288 (-11)								
322	-24,8498	-49,9771	20/10/2002	292	292 (0)	303 (11)	289 (-3)	287 (-5)	299 (7)	299 (7)	307 (15)	286 (-6)								
323	-24,8498	-49,9771	25/10/2003	297	296 (-1)	305 (8)	283 (-14)	305 (8)	294 (-3)	296 (-1)	303 (6)	304 (7)								
324	-24,8498	-49,9771	25/10/2005	297	290 (-7)	299 (2)	292 (-5)	286 (-11)	298 (1)	310 (13)	316 (19)	295 (-2)								
325	-24,8498	-49,9771	18/10/2006	290	290 (0)	286 (-4)	272 (-18)	274 (-16)	305 (15)	303 (13)	291 (1)	288 (-2)								
326	-24,8498	-49,9771	10/10/2007	282	267 (-15)	270 (-12)	277 (-5)	288 (6)	290 (8)	296 (14)	296 (14)	274 (-8)								
327	-24,8546	-49,9713	25/10/2001	297	292 (-5)	310 (13)	299 (2)	298 (1)	300 (3)	290 (-7)	297 (0)	294 (-3)								
328	-24,8546	-49,9713	24/10/2002	296	306 (10)	296 (0)	283 (-13)	282 (-14)	302 (6)	304 (8)	290 (-6)	312 (16)								
329	-24,8546	-49,9713	20/10/2003	292	304 (12)	291 (-1)	282 (-10)	273 (-19)	289 (-3)	303 (11)	296 (4)	311 (19)								
330	-24,8546	-49,9713	15/10/2004	288	291 (3)	301 (13)	291 (3)	289 (1)	287 (-1)	286 (-2)	280 (-8)	280 (-8)								
331	-24,8547	-49,9692	20/11/2001	323	317 (-6)	327 (4)	305 (-18)	304 (-19)	337 (14)	321 (-2)	314 (-9)	339 (16)								
332	-24,8547	-49,9692	15/11/2002	318	316 (-2)	302 (-16)	305 (-13)	316 (-2)	316 (-2)	304 (-14)	328 (10)	315 (-3)								
333	-24,8547	-49,9692	20/10/2003	292	284 (-8)	301 (9)	298 (6)	294 (2)	285 (-7)	285 (-7)	289 (-3)	295 (3)								
334	-24,8547	-49,9692	25/10/2005	297	292 (-5)	307 (10)	295 (-2)	295 (-2)	298 (1)	290 (-7)	305 (8)	291 (-6)								
335	-24,8547	-49,9692	18/10/2006	290	285 (-5)	282 (-8)	270 (-20)	279 (-11)	297 (7)	298 (8)	300 (10)	285 (-5)								
336	-24,8547	-49,9692	10/10/2007	282	266 (-16)	287 (5)	285 (3)	269 (-13)	287 (5)	264 (-18)	294 (12)	299 (17)								
337	-24,8548	-49,9665	24/10/2002	296	293 (-3)	295 (-1)	295 (-1)	278 (-18)	296 (0)	306 (10)	289 (-7)	298 (2)								
338	-24,8548	-49,9665	25/10/2003	297	311 (14)	294 (-3)	301 (4)	300 (3)	307 (10)	293 (-4)	305 (8)	289 (-8)								
339	-24,8523	-49,9761	25/10/2003	297	288 (-9)	292 (-5)	279 (-18)	289 (-8)	287 (-10)	302 (5)	307 (10)	308 (11)								
340	-24,8523	-49,9761	16/11/2004	320	330 (10)	333 (13)	321 (1)	321 (1)	313 (-7)	328 (8)	312 (-8)	306 (-14)								
341	-24,8524	-49,9809	31/10/2001	303	298 (-5)	311 (8)	311 (8)	285 (-18)	292 (-11)	282 (-21)	316 (13)	321 (18)								
342	-24,8524	-49,9809	20/10/2002	292	285 (-7)	282 (-10)	278 (-14)	298 (6)	297 (5)	297 (5)	296 (4)	292 (0)								
343	-24,8524	-49,9809	25/10/2003	297	308 (11)	292 (-5)	306 (9)	302 (5)	308 (11)	305 (8)	292 (-5)	308 (11)								
344	-24,8539	-49,9865	30/11/2001	333	320 (-13)	327 (-6)	323 (-10)	317 (-16)	346 (13)	325 (-8)	339 (6)	324 (-9)								
345	-24,8539	-49,9865	18/10/2004	291	301 (10)	279 (-12)	281 (-10)	277 (-14)	304 (13)	287 (-4)	295 (4)	287 (-4)								

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo-logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo-logistica	Savitz-Golay	Hants								
346	-24,8539	-49,9865	18/10/2006	290	297 (7)	276 (-14)	281 (-9)	292 (2)	291 (1)	304 (14)	309 (19)	302 (12)								
347	-24,8539	-49,9865	10/10/2007	282	283 (1)	285 (3)	288 (6)	263 (-19)	290 (8)	289 (7)	288 (6)	297 (15)								
348	-24,8563	-49,9888	20/10/2002	292	297 (5)	285 (-7)	277 (-15)	302 (10)	288 (-4)	288 (-4)	286 (-6)	313 (21)								
349	-24,8563	-49,9888	25/10/2003	297	282 (-15)	300 (3)	282 (-15)	293 (-4)	295 (-2)	302 (5)	294 (-3)	315 (18)								
350	-24,8563	-49,9888	18/10/2006	290	300 (10)	299 (9)	300 (10)	288 (-2)	276 (-14)	282 (-8)	282 (-8)	312 (22)								
351	-24,8563	-49,9888	10/10/2007	282	288 (6)	284 (2)	292 (10)	268 (-14)	295 (13)	269 (-13)	295 (13)	298 (16)								
352	-24,8542	-49,9912	20/10/2002	292	276 (-16)	281 (-11)	289 (-3)	301 (9)	281 (-11)	286 (-6)	303 (11)	283 (-9)								
353	-24,8519	-49,9908	20/11/2001	323	333 (10)	329 (6)	328 (5)	317 (-6)	321 (-2)	326 (3)	329 (6)	340 (17)								
354	-24,8519	-49,9908	3/11/2003	306	301 (-5)	298 (-8)	298 (-8)	284 (-22)	293 (-13)	304 (-2)	302 (-4)	320 (14)								
355	-24,8519	-49,9908	20/11/2004	324	313 (-11)	336 (12)	307 (-17)	300 (-24)	320 (-4)	322 (-2)	335 (11)	317 (-7)								
356	-24,8656	-49,9867	25/10/2005	297	307 (10)	299 (2)	289 (-8)	288 (-9)	299 (2)	290 (-7)	307 (10)	303 (6)								
357	-24,8656	-49,9867	18/10/2006	290	291 (1)	294 (4)	283 (-7)	297 (7)	304 (14)	289 (-1)	288 (-2)	310 (20)								
358	-24,8656	-49,9867	10/10/2007	282	294 (12)	296 (14)	291 (9)	263 (-19)	269 (-13)	280 (-2)	286 (4)	278 (-4)								
359	-24,8585	-49,9796	25/10/2001	297	294 (-3)	301 (4)	282 (-15)	305 (8)	312 (15)	303 (6)	299 (2)	288 (-9)								
360	-24,8585	-49,9796	26/11/2004	330	336 (6)	338 (8)	334 (4)	334 (4)	320 (-10)	331 (1)	337 (7)	326 (-4)								
361	-24,8585	-49,9796	18/10/2006	290	275 (-15)	302 (12)	285 (-5)	283 (-7)	301 (11)	296 (6)	306 (16)	307 (17)								
362	-24,8585	-49,9796	10/10/2007	282	279 (-3)	280 (-2)	262 (-20)	276 (-6)	295 (13)	292 (10)	290 (8)	273 (-9)								
363	-24,9190	-49,8207	27/10/2002	299	285 (-14)	299 (0)	289 (-10)	299 (0)	314 (15)	302 (3)	302 (3)	316 (17)								
364	-24,9190	-49,8207	20/10/2003	292	303 (11)	296 (4)	282 (-10)	288 (-4)	281 (-11)	302 (10)	294 (2)	306 (14)								
365	-24,9190	-49,8207	18/10/2006	290	288 (-2)	297 (7)	290 (0)	275 (-15)	288 (-2)	285 (-5)	298 (8)	301 (11)								
366	-24,9190	-49,8207	10/10/2007	282	276 (-6)	269 (-13)	265 (-17)	269 (-13)	287 (5)	284 (2)	280 (-2)	273 (-9)								
367	-24,9059	-49,8259	23/11/2001	326	324 (-2)	322 (-4)	306 (-20)	314 (-12)	330 (4)	322 (-4)	322 (-4)	324 (-2)								
368	-24,9059	-49,8259	5/11/2003	308	291 (-17)	302 (-6)	299 (-9)	298 (-10)	311 (3)	303 (-5)	311 (3)	327 (19)								
369	-24,9059	-49,8259	25/11/2004	329	336 (7)	328 (-1)	304 (-25)	328 (-1)	334 (5)	312 (-17)	342 (13)	317 (-12)								
370	-24,9059	-49,8259	18/10/2006	290	284 (-6)	301 (11)	274 (-16)	277 (-13)	279 (-11)	277 (-13)	294 (4)	281 (-9)								
371	-24,9059	-49,8259	10/10/2007	282	296 (14)	283 (1)	266 (-16)	277 (-5)	293 (11)	280 (-2)	296 (14)	282 (0)								
372	-24,9114	-49,8233	10/10/2006	282	294 (12)	281 (-1)	275 (-7)	282 (0)	289 (7)	288 (6)	281 (-1)	273 (-9)								
373	-24,9156	-49,8210	20/10/2001	292	277 (-15)	293 (1)	280 (-12)	279 (-13)	280 (-12)	280 (-12)	306 (14)	300 (8)								
374	-24,9156	-49,8210	11/10/2004	284	284 (0)	284 (0)	268 (-16)	295 (11)	283 (-1)	285 (1)	283 (-1)	297 (13)								
375	-24,9250	-49,8514	25/10/2001	297	285 (-12)	297 (0)	281 (-16)	304 (7)	302 (5)	282 (-15)	306 (9)	312 (15)								
376	-24,9250	-49,8514	11/10/2004	284	278 (-6)	271 (-13)	284 (0)	289 (5)	287 (3)	288 (4)	280 (-4)	293 (9)								

Tabela A.2 - Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa da data de MDV da soja, com as datas estimadas utilizando o SMA as datas estimadas utilizando os IV EVI e NDVI. Em amarelo estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar CD 206 e em verde estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar MSOY 5942.

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logística	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logística	Savitz-Golay	Hants								
15	-25,3044	-49,9681	18/01/2005	17	21	(4)	24	(7)	17	(0)	19	(2)	18	(1)	26	(9)	25	(8)	17	(0)
19	-25,3104	-49,9660	02/01/2005	1	2	(1)	6	(5)	2	(1)	5	(4)	4	(3)	6	(5)	6	(5)	4	(3)
30	-24,9814	-50,1087	25/12/2003	358	354	(-4)	367	(9)	368	(10)	362	(4)	371	(13)	373	(15)	353	(-5)	365	(7)
31	-24,9814	-50,1087	16/12/2006	349	353	(4)	360	(11)	356	(7)	356	(7)	345	(-4)	356	(7)	359	(10)	349	(0)
32	-24,9747	-50,0865	30/01/2005	29	29	(0)	30	(1)	35	(6)	35	(6)	32	(3)	32	(3)	33	(4)	35	(6)
33	-24,9840	-50,0705	26/12/2001	359	360	(1)	360	(1)	373	(14)	357	(-2)	366	(7)	363	(4)	359	(0)	371	(12)
34	-24,9840	-50,0705	12/01/2003	11	13	(2)	12	(1)	12	(1)	19	(8)	13	(2)	19	(8)	18	(7)	13	(2)
35	-24,9840	-50,0705	22/01/2004	21	25	(4)	23	(2)	25	(4)	26	(5)	24	(3)	21	(0)	22	(1)	29	(8)
36	-24,9840	-50,0705	14/01/2005	13	14	(1)	18	(5)	21	(8)	20	(7)	15	(2)	21	(8)	16	(3)	17	(4)
37	-24,9840	-50,0705	16/12/2006	349	353	(4)	347	(-2)	352	(3)	356	(7)	349	(0)	346	(-3)	352	(3)	365	(16)
38	-25,3094	-49,9538	14/01/2006	13	16	(3)	18	(5)	17	(4)	22	(9)	16	(3)	14	(1)	13	(0)	18	(5)
39	-25,3094	-49,9538	31/12/2006	364	375	(11)	374	(10)	366	(2)	362	(-2)	364	(0)	369	(5)	372	(8)	376	(12)
40	-25,3094	-49,9538	05/01/2008	4	7	(3)	7	(3)	10	(6)	9	(5)	6	(2)	10	(6)	5	(1)	7	(3)
41	-25,3179	-49,9558	25/01/2006	24	27	(3)	29	(5)	30	(6)	24	(0)	26	(2)	29	(5)	26	(2)	25	(1)
42	-25,3179	-49,9558	28/12/2006	361	366	(5)	361	(0)	362	(1)	363	(2)	369	(8)	375	(14)	365	(4)	360	(-1)
43	-25,3179	-49,9558	28/12/2007	361	369	(8)	370	(9)	359	(-2)	374	(13)	360	(-1)	371	(10)	373	(12)	371	(10)
44	-25,3089	-49,9580	16/01/2006	15	17	(2)	22	(7)	21	(6)	18	(3)	15	(0)	18	(3)	20	(5)	14	(-1)
45	-25,3089	-49,9580	31/12/2006	364	365	(1)	363	(-1)	375	(11)	369	(5)	366	(2)	361	(-3)	370	(6)	363	(-1)
46	-25,3089	-49,9580	05/01/2008	4	8	(4)	9	(5)	13	(9)	11	(7)	8	(4)	8	(4)	10	(6)	4	(0)
47	-25,2703	-49,9508	20/01/2006	19	20	(1)	20	(1)	23	(4)	20	(1)	19	(0)	25	(6)	22	(3)	24	(5)
48	-25,2703	-49,9508	05/12/2006	338	345	(7)	339	(1)	353	(15)	348	(10)	343	(5)	336	(-2)	335	(-3)	351	(13)

id2	Data		DOY	EVI									NDVI							
	Latitude	Longitude		observada	observado	Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants
49	-25,2703	-49,9508	24/12/2007	357	360	(3)	353	(-4)	350	(-7)	368	(11)	361	(4)	361	(4)	353	(-4)	365	(8)
50	-25,2788	-49,9500	30/01/2006	29	31	(2)	29	(0)	34	(5)	30	(1)	32	(3)	37	(8)	37	(8)	32	(3)
51	-25,2788	-49,9500	28/12/2006	361	371	(10)	367	(6)	364	(3)	370	(9)	367	(6)	370	(9)	364	(3)	366	(5)
52	-25,2788	-49,9500	29/12/2007	362	367	(5)	361	(-1)	359	(-3)	371	(9)	366	(4)	365	(3)	372	(10)	369	(7)
53	-25,2826	-49,9392	30/12/2005	363	373	(10)	370	(7)	359	(-4)	372	(9)	360	(-3)	362	(-1)	367	(4)	361	(-2)
54	-25,2826	-49,9392	26/12/2006	359	369	(10)	358	(-1)	365	(6)	361	(2)	366	(7)	359	(0)	364	(5)	359	(0)
55	-25,2826	-49,9392	29/12/2007	362	362	(0)	364	(2)	366	(4)	361	(-1)	358	(-4)	379	(17)	363	(1)	370	(8)
56	-25,2719	-49,9450	30/01/2006	29	29	(0)	37	(8)	38	(9)	35	(6)	30	(1)	38	(9)	37	(8)	35	(6)
57	-25,2719	-49,9450	31/12/2006	364	363	(-1)	368	(4)	367	(3)	368	(4)	370	(6)	369	(5)	379	(15)	380	(16)
58	-25,2719	-49,9450	24/12/2007	357	371	(14)	366	(9)	363	(6)	365	(8)	361	(4)	364	(7)	367	(10)	367	(10)
59	-25,2809	-49,9374	12/01/2004	11	11	(0)	12	(1)	15	(4)	14	(3)	13	(2)	16	(5)	20	(9)	15	(4)
60	-25,2809	-49,9374	05/12/2006	338	333	(-5)	343	(5)	349	(11)	335	(-3)	341	(3)	350	(12)	353	(15)	334	(-4)
61	-25,2809	-49,9374	24/12/2007	357	355	(-2)	360	(3)	369	(12)	363	(6)	371	(14)	363	(6)	374	(17)	359	(2)
62	-25,0167	-50,3540	7/1/2002	6	7	(1)	14	(8)	6	(0)	15	(9)	8	(2)	9	(3)	9	(3)	14	(8)
63	-25,0167	-50,3540	04/01/2003	3	5	(2)	11	(8)	9	(6)	11	(8)	6	(3)	5	(2)	7	(4)	10	(7)
64	-25,0167	-50,3540	27/01/2004	26	30	(4)	32	(6)	33	(7)	34	(8)	29	(3)	33	(7)	35	(9)	29	(3)
65	-25,0167	-50,3540	25/01/2005	24	26	(2)	30	(6)	28	(4)	32	(8)	27	(3)	27	(3)	25	(1)	32	(8)
66	-25,0167	-50,3540	16/12/2006	349	356	(7)	350	(1)	357	(8)	365	(16)	351	(2)	368	(19)	352	(3)	355	(6)
67	-25,0167	-50,3540	12/12/2007	345	350	(5)	352	(7)	350	(5)	353	(8)	340	(-5)	355	(10)	359	(14)	353	(8)
68	-25,0151	-50,3449	9/12/2001	342	353	(11)	352	(10)	348	(6)	356	(14)	346	(4)	350	(8)	343	(1)	341	(-1)
69	-25,0151	-50,3449	16/01/2003	15	18	(3)	21	(6)	17	(2)	22	(7)	18	(3)	21	(6)	20	(5)	20	(5)
70	-25,0151	-50,3449	27/01/2004	26	29	(3)	26	(0)	27	(1)	35	(9)	30	(4)	28	(2)	27	(1)	34	(8)
71	-25,0151	-50,3449	02/01/2005	1	1	(0)	4	(3)	6	(5)	10	(9)	5	(4)	4	(3)	5	(4)	6	(5)
72	-25,0151	-50,3449	16/12/2006	349	359	(10)	349	(0)	343	(-6)	346	(-3)	360	(11)	355	(6)	359	(10)	360	(11)
73	-25,0151	-50,3449	12/12/2007	345	346	(1)	353	(8)	347	(2)	354	(9)	344	(-1)	356	(11)	347	(2)	357	(12)
74	-25,0227	-50,1937	01/01/2003	1	2	(2)	5	(5)	8	(8)	3	(3)	4	(4)	4	(4)	8	(8)	8	(8)

id2	Data		DOY	EVI								NDVI								
	Latitude	Longitude		observada	observado	Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants
75	-25,0227	-50,1937	16/12/2006	349	352	(3)	348	(-1)	351	(2)	351	(2)	344	(-5)	357	(8)	351	(2)	354	(5)
76	-25,0359	-50,1714	09/01/2003	8	10	(2)	11	(3)	13	(5)	12	(4)	9	(1)	11	(3)	13	(5)	15	(7)
77	-25,0359	-50,1714	10/01/2005	9	9	(0)	11	(2)	12	(3)	9	(0)	11	(2)	9	(0)	18	(9)	12	(3)
78	-25,0359	-50,1714	16/12/2006	349	346	(-3)	360	(11)	345	(-4)	352	(3)	349	(0)	358	(9)	364	(15)	357	(8)
79	-25,0354	-50,1880	01/01/2003	1	2	(2)	7	(7)	2	(2)	0	(0)	2	(2)	4	(4)	9	(9)	5	(5)
80	-25,0354	-50,1880	16/12/2006	349	354	(5)	353	(4)	360	(11)	349	(0)	355	(6)	352	(3)	355	(6)	353	(4)
81	-25,0354	-50,1880	12/12/2007	345	346	(1)	350	(5)	357	(12)	348	(3)	354	(9)	340	(-5)	355	(10)	350	(5)
82	-24,3657	-50,0689	27/12/2006	360	354	(-6)	375	(15)	374	(14)	361	(1)	360	(0)	367	(7)	364	(4)	356	(-4)
83	-24,3657	-50,0689	21/12/2007	354	353	(-1)	354	(0)	351	(-3)	354	(0)	355	(1)	366	(12)	356	(2)	359	(5)
84	-24,3751	-50,0634	27/12/2006	360	368	(8)	367	(7)	373	(13)	356	(-4)	368	(8)	361	(1)	367	(7)	371	(11)
85	-24,3751	-50,0634	21/12/2007	354	359	(5)	359	(5)	366	(12)	367	(13)	360	(6)	351	(-3)	363	(9)	358	(4)
86	-24,3847	-50,0648	27/12/2006	360	356	(-4)	376	(16)	360	(0)	376	(16)	369	(9)	370	(10)	370	(10)	362	(2)
87	-24,3847	-50,0648	21/12/2007	354	361	(7)	361	(7)	363	(9)	361	(7)	351	(-3)	358	(4)	354	(0)	358	(4)
88	-24,3707	-50,0766	27/12/2006	360	368	(8)	365	(5)	365	(5)	365	(5)	355	(-5)	367	(7)	366	(6)	370	(10)
89	-24,3707	-50,0766	21/12/2007	354	354	(0)	361	(7)	366	(12)	369	(15)	355	(1)	368	(14)	359	(5)	349	(-5)
90	-24,3670	-50,0819	27/12/2006	360	374	(14)	365	(5)	366	(6)	368	(8)	366	(6)	360	(0)	369	(9)	373	(13)
91	-24,3670	-50,0819	21/12/2007	354	362	(8)	373	(19)	365	(11)	363	(9)	359	(5)	355	(1)	352	(-2)	365	(11)
92	-24,3625	-50,0771	27/12/2006	360	356	(-4)	355	(-5)	371	(11)	367	(7)	363	(3)	358	(-2)	371	(11)	372	(12)
93	-24,3625	-50,0771	21/12/2007	354	355	(1)	370	(16)	362	(8)	364	(10)	360	(6)	369	(15)	357	(3)	369	(15)
94	-24,3592	-50,0741	27/12/2006	360	354	(-6)	359	(-1)	360	(0)	367	(7)	372	(12)	371	(11)	371	(11)	370	(10)
95	-24,3592	-50,0741	21/12/2007	354	361	(7)	360	(6)	372	(18)	357	(3)	348	(-6)	361	(7)	358	(4)	361	(7)
96	-24,3653	-50,0896	05/02/2005	35	38	(3)	34	(-1)	35	(0)	43	(8)	38	(3)	42	(7)	36	(1)	37	(2)
97	-24,3653	-50,0896	21/12/2007	354	359	(5)	363	(9)	369	(15)	354	(0)	357	(3)	358	(4)	362	(8)	356	(2)
98	-24,4063	-50,0541	05/02/2005	35	37	(2)	36	(1)	42	(7)	36	(1)	38	(3)	40	(5)	40	(5)	40	(5)
99	-24,4063	-50,0541	01/01/2006	1	3	(3)	8	(8)	2	(2)	0	(0)	3	(3)	6	(6)	3	(3)	9	(9)
100	-24,4042	-50,0648	05/02/2005	35	36	(1)	44	(9)	35	(0)	34	(-1)	38	(3)	40	(5)	38	(3)	38	(3)

id2	Data		DOY observada	observado	EVI								NDVI							
	Latitude	Longitude			Wavelet-DB6	Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants			
107	-24,4042	-50,0648	05/01/2006	4	7	(3)	5	(1)	4	(0)	13	(9)	7	(3)	7	(3)	12	(8)	8	(4)
108	-24,4114	-50,0621	05/01/2006	4	5	(1)	10	(6)	12	(8)	4	(0)	4	(0)	4	(0)	7	(3)	5	(1)
112	-24,4114	-50,0621	27/12/2006	360	367	(7)	371	(11)	371	(11)	361	(1)	360	(0)	369	(9)	370	(10)	364	(4)
113	-24,4080	-50,0606	18/01/2005	17	20	(3)	25	(8)	21	(4)	26	(9)	17	(0)	22	(5)	18	(1)	26	(9)
117	-24,6804	-49,7018	30/12/2005	363	367	(4)	381	(18)	365	(2)	369	(6)	366	(3)	372	(9)	365	(2)	359	(-4)
118	-24,6804	-49,7018	26/12/2006	359	366	(7)	367	(8)	360	(1)	356	(-3)	356	(-3)	377	(18)	375	(16)	366	(7)
122	-24,6604	-49,6951	30/12/2005	363	374	(11)	358	(-5)	373	(10)	366	(3)	372	(9)	381	(18)	367	(4)	366	(3)
123	-24,6604	-49,6951	26/12/2006	359	363	(4)	369	(10)	361	(2)	377	(18)	372	(13)	377	(18)	372	(13)	359	(0)
127	-24,6563	-49,7112	30/12/2005	363	374	(11)	364	(1)	373	(10)	378	(15)	365	(2)	370	(7)	378	(15)	367	(4)
128	-24,6563	-49,7112	26/12/2006	359	366	(7)	368	(9)	357	(-2)	370	(11)	366	(7)	361	(2)	355	(-4)	364	(5)
132	-24,6545	-49,7029	30/12/2005	363	364	(1)	363	(0)	369	(6)	363	(0)	360	(-3)	362	(-1)	371	(8)	375	(12)
133	-24,6545	-49,7029	26/12/2006	359	355	(-4)	361	(2)	359	(0)	363	(4)	353	(-6)	363	(4)	374	(15)	370	(11)
137	-24,6533	-49,6950	30/12/2005	363	360	(-3)	364	(1)	379	(16)	374	(11)	367	(4)	358	(-5)	376	(13)	373	(10)
138	-24,6533	-49,6950	26/12/2006	359	363	(4)	376	(17)	357	(-2)	364	(5)	366	(7)	371	(12)	357	(-2)	362	(3)
142	-24,6615	-49,6901	30/12/2005	363	364	(1)	372	(9)	374	(11)	356	(-7)	361	(-2)	370	(7)	367	(4)	379	(16)
143	-24,6615	-49,6901	26/12/2006	359	356	(-3)	360	(1)	361	(2)	370	(11)	367	(8)	369	(10)	371	(12)	369	(10)
147	-24,6650	-49,7002	30/12/2005	363	363	(0)	366	(3)	373	(10)	366	(3)	364	(1)	379	(16)	369	(6)	371	(8)
148	-24,6650	-49,7002	26/12/2006	359	357	(-2)	375	(16)	361	(2)	357	(-2)	356	(-3)	369	(10)	364	(5)	369	(10)
152	-24,6643	-49,6829	30/12/2005	363	375	(12)	380	(17)	376	(13)	375	(12)	357	(-6)	376	(13)	370	(7)	362	(-1)
153	-24,6643	-49,6829	26/12/2006	359	364	(5)	365	(6)	360	(1)	375	(16)	369	(10)	373	(14)	357	(-2)	361	(2)
157	-24,6733	-49,6994	30/12/2005	363	361	(-2)	378	(15)	374	(11)	376	(13)	368	(5)	363	(0)	369	(6)	365	(2)
158	-24,6733	-49,6994	26/12/2006	359	360	(1)	366	(7)	365	(6)	364	(5)	367	(8)	355	(-4)	361	(2)	371	(12)
160	-24,6760	-49,6975	30/12/2005	363	374	(11)	380	(17)	365	(2)	363	(0)	359	(-4)	367	(4)	357	(-6)	370	(7)
161	-24,6760	-49,6975	26/12/2006	359	368	(9)	359	(0)	370	(11)	370	(11)	356	(-3)	361	(2)	357	(-2)	372	(13)
162	-24,6803	-49,6968	02/01/2005	1	5	(4)	7	(6)	8	(7)	10	(9)	4	(3)	10	(9)	8	(7)	4	(3)
175	-24,6803	-49,6968	26/12/2006	359	367	(8)	364	(5)	359	(0)	366	(7)	366	(7)	367	(8)	360	(1)	358	(-1)

id2	Data		DOY observado	EVI								NDVI								
	Latitude	Longitude		observada	Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants	
178	-24,7540	-49,8349	02/01/2005	1	4	(3)	7	(6)	4	(3)	2	(1)	4	(3)	2	(1)	10	(9)	1	(0)
181	-24,7508	-49,8317	02/01/2005	1	2	(1)	6	(5)	3	(2)	8	(7)	5	(4)	3	(2)	4	(3)	2	(1)
184	-24,7588	-49,8279	02/01/2005	1	3	(2)	5	(4)	2	(1)	10	(9)	2	(1)	1	(0)	4	(3)	6	(5)
187	-24,7527	-49,9379	31/12/2006	364	362	(-2)	361	(-3)	380	(16)	372	(8)	372	(8)	373	(9)	374	(10)	375	(11)
190	-24,7533	-49,9385	31/12/2006	364	371	(7)	375	(11)	368	(4)	373	(9)	371	(7)	376	(12)	369	(5)	370	(6)
194	-24,7542	-49,9396	31/12/2006	364	367	(3)	375	(11)	368	(4)	374	(10)	371	(7)	372	(8)	363	(-1)	362	(-2)
197	-24,7548	-49,9375	31/12/2006	364	370	(6)	382	(18)	378	(14)	368	(4)	374	(10)	379	(15)	363	(-1)	374	(10)
200	-24,7561	-49,9366	31/12/2006	364	372	(8)	365	(1)	376	(12)	374	(10)	361	(-3)	374	(10)	371	(7)	363	(-1)
203	-24,7557	-49,9440	31/12/2006	364	373	(9)	375	(11)	373	(9)	377	(13)	365	(1)	376	(12)	364	(0)	365	(1)
205	-24,7563	-49,9472	31/12/2006	364	366	(2)	368	(4)	370	(6)	375	(11)	364	(0)	373	(9)	374	(10)	377	(13)
207	-24,7572	-49,9459	31/12/2006	364	374	(10)	365	(1)	380	(16)	364	(0)	366	(2)	381	(17)	367	(3)	358	(-6)
209	-24,7579	-49,9449	31/12/2006	364	378	(14)	371	(7)	364	(0)	371	(7)	374	(10)	363	(-1)	376	(12)	374	(10)
210	-24,7581	-49,9440	31/12/2006	364	369	(5)	370	(6)	378	(14)	377	(13)	364	(0)	381	(17)	370	(6)	358	(-6)
212	-24,7602	-49,9421	31/12/2006	364	357	(-7)	362	(-2)	371	(7)	369	(5)	378	(14)	368	(4)	362	(-2)	371	(7)
215	-24,7610	-49,9400	10/01/2004	9	10	(1)	12	(3)	13	(4)	12	(3)	11	(2)	10	(1)	12	(3)	17	(8)
216	-24,7955	-49,8920	10/01/2004	9	12	(3)	13	(4)	17	(8)	14	(5)	9	(0)	10	(1)	14	(5)	18	(9)
217	-24,7993	-49,8869	10/01/2004	9	12	(3)	14	(5)	18	(9)	17	(8)	11	(2)	15	(6)	13	(4)	18	(9)
218	-24,7928	-49,8940	10/01/2004	9	9	(0)	8	(-1)	16	(7)	16	(7)	11	(2)	16	(7)	18	(9)	12	(3)
221	-24,7977	-49,8870	10/01/2004	9	10	(1)	9	(0)	19	(10)	18	(9)	12	(3)	15	(6)	17	(8)	10	(1)
222	-24,7921	-49,8897	10/01/2004	9	13	(4)	12	(3)	12	(3)	13	(4)	10	(1)	11	(2)	16	(7)	13	(4)
223	-24,7999	-49,8886	10/01/2004	9	12	(3)	17	(8)	17	(8)	16	(7)	12	(3)	12	(3)	13	(4)	9	(0)
224	-24,7313	-49,8777	18/01/2005	17	20	(3)	26	(9)	24	(7)	22	(5)	17	(0)	22	(5)	23	(6)	23	(6)
227	-24,7313	-49,8777	30/12/2005	363	372	(9)	367	(4)	379	(16)	369	(6)	370	(7)	366	(3)	375	(12)	374	(11)
228	-24,7313	-49,8777	31/12/2006	364	368	(4)	370	(6)	382	(18)	373	(9)	376	(12)	375	(11)	359	(-5)	362	(-2)
229	-24,7313	-49,8777	21/12/2007	354	359	(5)	357	(3)	367	(13)	359	(5)	353	(-1)	371	(17)	354	(0)	365	(11)
230	-24,7244	-49,8794	18/01/2005	17	21	(4)	22	(5)	18	(1)	19	(2)	18	(1)	22	(5)	23	(6)	24	(7)

id2	Data		DOY	EVI								NDVI								
	Latitude	Longitude		observada	observado	Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6		Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants
233	-24,7244	-49,8794	30/12/2005	363	360	(-3)	369	(6)	372	(9)	361	(-2)	365	(2)	365	(2)	364	(1)	375	(12)
234	-24,7244	-49,8794	31/12/2006	364	364	(0)	365	(1)	364	(0)	376	(12)	376	(12)	358	(-6)	371	(7)	363	(-1)
235	-24,7244	-49,8794	21/12/2007	354	349	(-5)	354	(0)	367	(13)	371	(17)	352	(-2)	356	(2)	361	(7)	371	(17)
236	-24,7259	-49,8799	18/01/2005	17	18	(1)	24	(7)	26	(9)	19	(2)	17	(0)	17	(0)	26	(9)	22	(5)
239	-24,7259	-49,8799	30/12/2005	363	374	(11)	366	(3)	359	(-4)	368	(5)	362	(-1)	367	(4)	373	(10)	376	(13)
240	-24,7259	-49,8799	31/12/2006	364	373	(9)	377	(13)	374	(10)	373	(9)	364	(0)	367	(3)	368	(4)	374	(10)
241	-24,7259	-49,8799	21/12/2007	354	352	(-2)	353	(-1)	366	(12)	360	(6)	363	(9)	352	(-2)	364	(10)	364	(10)
242	-24,7210	-49,8775	18/01/2005	17	20	(3)	17	(0)	20	(3)	18	(1)	20	(3)	22	(5)	18	(1)	25	(8)
243	-24,7210	-49,8775	30/12/2005	363	359	(-4)	368	(5)	361	(-2)	367	(4)	357	(-6)	372	(9)	367	(4)	357	(-6)
244	-24,7210	-49,8775	31/12/2006	364	368	(4)	361	(-3)	377	(13)	365	(1)	372	(8)	363	(-1)	362	(-2)	378	(14)
247	-24,7210	-49,8775	21/12/2007	354	350	(-4)	361	(7)	368	(14)	365	(11)	359	(5)	369	(15)	356	(2)	355	(1)
248	-24,7258	-49,8943	21/01/2003	20	23	(3)	22	(2)	23	(3)	22	(2)	22	(2)	29	(9)	27	(7)	26	(6)
251	-24,7258	-49,8943	30/12/2005	363	363	(0)	377	(14)	367	(4)	367	(4)	373	(10)	364	(1)	373	(10)	377	(14)
252	-24,7258	-49,8943	31/12/2006	364	376	(12)	367	(3)	366	(2)	369	(5)	366	(2)	365	(1)	359	(-5)	380	(16)
253	-24,7258	-49,8943	21/12/2007	354	354	(0)	370	(16)	365	(11)	352	(-2)	362	(8)	360	(6)	369	(15)	360	(6)
255	-24,7781	-49,9405	21/01/2003	20	22	(2)	20	(0)	21	(1)	21	(1)	24	(4)	20	(0)	23	(3)	27	(7)
256	-24,7781	-49,9405	18/01/2005	17	19	(2)	18	(1)	26	(9)	21	(4)	21	(4)	22	(5)	18	(1)	17	(0)
257	-24,7696	-49,9530	10/01/2005	9	13	(4)	14	(5)	15	(6)	8	(-1)	11	(2)	15	(6)	17	(8)	17	(8)
259	-24,7696	-49,9530	18/01/2005	17	21	(4)	17	(0)	16	(-1)	17	(0)	18	(1)	23	(6)	23	(6)	22	(5)
260	-24,7757	-49,9683	10/01/2005	9	12	(3)	12	(3)	12	(3)	14	(5)	9	(0)	18	(9)	12	(3)	9	(0)
261	-24,7757	-49,9683	31/12/2005	364	359	(-5)	359	(-5)	366	(2)	374	(10)	376	(12)	368	(4)	369	(5)	375	(11)
263	-24,7757	-49,9683	07/01/2007	6	8	(2)	6	(0)	6	(0)	6	(0)	6	(0)	13	(7)	10	(4)	9	(3)
264	-24,7724	-49,9582	10/01/2005	9	12	(3)	17	(8)	15	(6)	9	(0)	11	(2)	14	(5)	10	(1)	16	(7)
265	-24,7724	-49,9582	20/01/2006	19	19	(0)	24	(5)	25	(6)	26	(7)	21	(2)	27	(8)	19	(0)	18	(-1)
267	-24,7724	-49,9582	07/01/2007	6	8	(2)	12	(6)	12	(6)	12	(6)	9	(3)	10	(4)	8	(2)	14	(8)
268	-24,7751	-49,9659	10/01/2005	9	12	(3)	13	(4)	15	(6)	18	(9)	14	(5)	15	(6)	10	(1)	17	(8)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants			
269	-24,7751	-49,9659	20/01/2006	19	23	(4)	25	(6)	29	(10)	25	(6)	21	(2)	20	(1)	20	(1)	23	(4)
272	-24,7751	-49,9659	27/12/2006	360	354	(-6)	364	(4)	367	(7)	364	(4)	369	(9)	378	(18)	363	(3)	368	(8)
282	-24,7743	-49,9639	10/01/2005	9	13	(4)	18	(9)	16	(7)	11	(2)	13	(4)	18	(9)	15	(6)	9	(0)
283	-24,7743	-49,9639	20/01/2006	19	22	(3)	19	(0)	24	(5)	27	(8)	23	(4)	26	(7)	21	(2)	27	(8)
284	-24,7743	-49,9639	07/01/2007	6	10	(4)	6	(0)	12	(6)	7	(1)	7	(1)	16	(10)	9	(3)	12	(6)
285	-24,7734	-49,9614	05/01/2004	4	4	(0)	7	(3)	4	(0)	10	(6)	8	(4)	9	(5)	12	(8)	13	(9)
286	-24,7734	-49,9614	20/01/2006	19	22	(3)	27	(8)	22	(3)	28	(9)	20	(1)	26	(7)	22	(3)	22	(3)
287	-24,7734	-49,9614	07/01/2007	6	6	(0)	7	(1)	14	(8)	14	(8)	11	(5)	9	(3)	7	(1)	15	(9)
288	-24,6565	-49,9392	31/12/2004	365	365	(0)	360	(-5)	367	(2)	369	(4)	367	(2)	365	(0)	363	(-2)	361	(-4)
289	-24,6807	-49,9536	31/12/2004	365	374	(9)	366	(1)	366	(1)	369	(4)	371	(6)	362	(-3)	371	(6)	377	(12)
290	-24,8160	-50,3715	25/12/2004	359	360	(1)	366	(7)	360	(1)	361	(2)	367	(8)	370	(11)	366	(7)	368	(9)
376	-24,9250	-49,8514	18/01/2005	17	18	(1)	26	(9)	24	(7)	23	(6)	17	(0)	25	(8)	24	(7)	24	(7)

Tabela A.3 - Talhões utilizados como controle para desenvolver a metodologia de estimativa da data de colheita da soja, com as datas estimadas utilizando o SMA as datas estimadas utilizando os IV EVI e NDVI. Em amarelo estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar CD 206 e em verde estão destacados os talhões que foram cultivados com o cultivar MSOY 5942.

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants		Wavelet-DB6	Duplo logistica		Savitz-Golay		Hants			
15	-25,3044	-49,9681	06/04/2005	95	86	(-9)	57	(-38)	141	(46)	80	(-15)	112	(17)	71	(-24)	95	(0)	125	(30)
19	-25,3104	-49,9660	11/04/2005	100	114	(14)	54	(-46)	95	(-5)	86	(-14)	104	(4)	60	(-40)	124	(24)	124	(24)
30	-24,9814	-50,1087	23/03/2004	82	88	(6)	49	(-33)	97	(15)	84	(2)	82	(0)	83	(1)	77	(-5)	112	(30)
31	-24,9814	-50,1087	03/03/2007	61	63	(2)	53	(-8)	65	(4)	74	(13)	68	(7)	35	(-26)	82	(21)	89	(28)
32	-24,9747	-50,0865	12/04/2005	101	100	(-1)	90	(-11)	137	(36)	100	(-1)	105	(4)	49	(-52)	140	(39)	108	(7)
33	-24,9840	-50,0705	20/2/2002	50	61	(11)	35	(-15)	73	(23)	66	(16)	35	(-15)	50	(0)	51	(1)	47	(-3)
34	-24,9840	-50,0705	02/04/2003	91	98	(7)	79	(-12)	114	(23)	124	(33)	86	(-5)	55	(-36)	129	(38)	89	(-2)
35	-24,9840	-50,0705	06/04/2004	96	70	(-26)	49	(-47)	93	(-3)	102	(6)	96	(0)	53	(-43)	130	(34)	93	(-3)
36	-24,9840	-50,0705	03/04/2005	92	89	(-3)	40	(-52)	82	(-10)	104	(12)	122	(30)	50	(-42)	93	(1)	113	(21)
37	-24,9840	-50,0705	03/03/2007	61	71	(10)	65	(4)	59	(-2)	54	(-7)	69	(8)	45	(-16)	79	(18)	55	(-6)
38	-25,3094	-49,9538	31/03/2006	89	99	(10)	77	(-12)	123	(34)	97	(8)	110	(21)	68	(-21)	114	(25)	86	(-3)
39	-25,3094	-49,9538	23/03/2007	81	76	(-5)	77	(-4)	119	(38)	64	(-17)	98	(17)	45	(-36)	79	(-2)	95	(14)
40	-25,3094	-49,9538	28/03/2008	87	112	(25)	80	(-7)	89	(2)	117	(30)	99	(12)	69	(-18)	77	(-10)	87	(0)
41	-25,3179	-49,9558	09/04/2006	98	119	(21)	75	(-23)	122	(24)	80	(-18)	92	(-6)	57	(-41)	96	(-2)	124	(26)
42	-25,3179	-49,9558	21/03/2007	79	70	(-9)	53	(-26)	114	(35)	68	(-11)	99	(20)	44	(-35)	75	(-4)	83	(4)
43	-25,3179	-49,9558	08/04/2008	98	117	(19)	73	(-25)	127	(29)	102	(4)	91	(-7)	59	(-39)	92	(-6)	123	(25)
44	-25,3089	-49,9580	04/04/2006	93	99	(6)	77	(-16)	142	(49)	95	(2)	77	(-16)	58	(-35)	135	(42)	139	(46)
45	-25,3089	-49,9580	23/03/2007	81	93	(12)	41	(-40)	95	(14)	115	(34)	62	(-19)	45	(-36)	67	(-14)	62	(-19)
46	-25,3089	-49,9580	28/03/2008	87	72	(-15)	74	(-13)	81	(-6)	109	(22)	73	(-14)	50	(-37)	99	(12)	81	(-6)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants								
47	-25,2703	-49,9508	09/04/2006	98	91	(-7)	66	(-32)	116	(18)	97	(-1)	83	(-15)	81	(-17)	128	(30)	117	(19)
48	-25,2703	-49,9508	19/04/2007	108	113	(5)	76	(-32)	139	(31)	89	(-19)	128	(20)	85	(-23)	113	(5)	120	(12)
49	-25,2703	-49,9508	25/03/2008	84	75	(-9)	46	(-38)	84	(0)	73	(-11)	72	(-12)	64	(-20)	110	(26)	105	(21)
50	-25,2788	-49,9500	09/04/2006	98	119	(21)	87	(-11)	126	(28)	141	(43)	102	(4)	78	(-20)	100	(2)	124	(26)
51	-25,2788	-49,9500	15/03/2007	73	94	(21)	42	(-31)	67	(-6)	67	(-6)	59	(-14)	76	(3)	76	(3)	89	(16)
52	-25,2788	-49,9500	25/03/2008	84	72	(-12)	56	(-28)	100	(16)	92	(8)	68	(-16)	56	(-28)	73	(-11)	109	(25)
53	-25,2826	-49,9392	22/03/2006	80	103	(23)	44	(-36)	76	(-4)	111	(31)	84	(4)	52	(-28)	79	(-1)	105	(25)
54	-25,2826	-49,9392	25/04/2007	114	149	(35)	73	(-41)	173	(59)	91	(-23)	152	(38)	83	(-31)	149	(35)	129	(15)
55	-25,2826	-49,9392	25/03/2008	84	109	(25)	49	(-35)	76	(-8)	75	(-9)	71	(-13)	55	(-29)	76	(-8)	77	(-7)
56	-25,2719	-49,9450	09/04/2006	98	108	(10)	74	(-24)	114	(16)	109	(11)	97	(-1)	74	(-24)	114	(16)	110	(12)
57	-25,2719	-49,9450	23/03/2007	81	87	(6)	57	(-24)	102	(21)	79	(-2)	90	(9)	68	(-13)	98	(17)	114	(33)
58	-25,2719	-49,9450	25/03/2008	84	77	(-7)	75	(-9)	123	(39)	91	(7)	107	(23)	78	(-6)	111	(27)	124	(40)
59	-25,2809	-49,9374	09/04/2006	98	103	(5)	82	(-16)	143	(45)	96	(-2)	116	(18)	50	(-48)	136	(38)	88	(-10)
60	-25,2809	-49,9374	19/04/2007	108	97	(-11)	61	(-47)	159	(51)	117	(9)	106	(-2)	65	(-43)	114	(6)	132	(24)
61	-25,2809	-49,9374	25/03/2008	84	92	(8)	47	(-37)	81	(-3)	111	(27)	74	(-10)	55	(-29)	102	(18)	105	(21)
62	-25,0167	-50,3540	21/3/2002	79	93	(14)	71	(-8)	103	(24)	81	(2)	79	(0)	75	(-4)	97	(18)	98	(19)
63	-25,0167	-50,3540	19/04/2003	108	140	(32)	68	(-40)	99	(-9)	143	(35)	115	(7)	90	(-18)	116	(8)	132	(24)
64	-25,0167	-50,3540	17/04/2004	107	89	(-18)	78	(-29)	114	(7)	115	(8)	108	(1)	84	(-23)	103	(-4)	128	(21)
65	-25,0167	-50,3540	10/04/2005	99	89	(-10)	71	(-28)	93	(-6)	74	(-25)	82	(-17)	55	(-44)	87	(-12)	130	(31)
66	-25,0167	-50,3540	03/03/2007	61	39	(-22)	46	(-15)	62	(1)	63	(2)	41	(-20)	43	(-18)	69	(8)	71	(10)
67	-25,0167	-50,3540	14/03/2008	73	71	(-2)	66	(-7)	94	(21)	57	(-16)	71	(-2)	35	(-38)	96	(23)	89	(16)
68	-25,0151	-50,3449	21/3/2002	79	97	(18)	57	(-22)	98	(19)	75	(-4)	85	(6)	62	(-17)	109	(30)	82	(3)
69	-25,0151	-50,3449	03/04/2003	92	69	(-23)	46	(-46)	108	(16)	115	(23)	119	(27)	57	(-35)	106	(14)	71	(-21)
70	-25,0151	-50,3449	15/04/2004	105	103	(-2)	80	(-25)	106	(1)	116	(11)	79	(-26)	88	(-17)	136	(31)	87	(-18)
71	-25,0151	-50,3449	11/04/2005	100	116	(16)	57	(-43)	134	(34)	72	(-28)	107	(7)	64	(-36)	110	(10)	141	(41)
72	-25,0151	-50,3449	03/03/2007	61	76	(15)	64	(3)	67	(6)	85	(24)	76	(15)	36	(-25)	87	(26)	65	(4)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants								
73	-25,0151	-50,3449	14/03/2008	73	87 (14)	74 (1)	101 (28)	57 (-16)	80 (7)	53 (-20)	96 (23)	76 (3)								
74	-25,0227	-50,1937	23/03/2003	81	77 (-4)	49 (-32)	100 (19)	94 (13)	93 (12)	44 (-37)	82 (1)	79 (-2)								
75	-25,0227	-50,1937	03/03/2007	61	45 (-16)	63 (2)	77 (16)	64 (3)	76 (15)	26 (-35)	73 (12)	49 (-12)								
76	-25,0359	-50,1714	31/03/2003	89	118 (29)	45 (-44)	130 (41)	65 (-24)	96 (7)	41 (-48)	115 (26)	94 (5)								
77	-25,0359	-50,1714	03/04/2005	92	98 (6)	59 (-33)	100 (8)	78 (-14)	84 (-8)	70 (-22)	84 (-8)	101 (9)								
78	-25,0359	-50,1714	03/03/2007	61	72 (11)	66 (5)	90 (29)	71 (10)	46 (-15)	42 (-19)	62 (1)	59 (-2)								
79	-25,0354	-50,1880	31/03/2003	89	100 (11)	59 (-30)	80 (-9)	77 (-12)	72 (-17)	53 (-36)	100 (11)	121 (32)								
80	-25,0354	-50,1880	03/03/2007	61	52 (-9)	35 (-26)	67 (6)	57 (-4)	50 (-11)	46 (-15)	72 (11)	74 (13)								
81	-25,0354	-50,1880	14/03/2008	73	88 (15)	71 (-2)	75 (2)	71 (-2)	65 (-8)	38 (-35)	99 (26)	69 (-4)								
82	-24,3657	-50,0689	18/03/2007	76	89 (13)	56 (-20)	83 (7)	98 (22)	89 (13)	58 (-18)	83 (7)	68 (-8)								
83	-24,3657	-50,0689	21/03/2008	80	92 (12)	46 (-34)	99 (19)	106 (26)	79 (-1)	42 (-38)	105 (25)	71 (-9)								
84	-24,3751	-50,0634	18/03/2007	76	73 (-3)	54 (-22)	107 (31)	61 (-15)	87 (11)	47 (-29)	91 (15)	59 (-17)								
85	-24,3751	-50,0634	21/03/2008	80	71 (-9)	36 (-44)	92 (12)	91 (11)	67 (-13)	55 (-25)	74 (-6)	103 (23)								
86	-24,3847	-50,0648	18/03/2007	76	72 (-4)	64 (-12)	98 (22)	81 (5)	80 (4)	59 (-17)	109 (33)	80 (4)								
87	-24,3847	-50,0648	21/03/2008	80	76 (-4)	51 (-29)	83 (3)	111 (31)	92 (12)	48 (-32)	92 (12)	80 (0)								
88	-24,3707	-50,0766	18/03/2007	76	84 (8)	67 (-9)	74 (-2)	59 (-17)	72 (-4)	57 (-19)	112 (36)	102 (26)								
89	-24,3707	-50,0766	21/03/2008	80	97 (17)	69 (-11)	75 (-5)	84 (4)	105 (25)	53 (-27)	101 (21)	88 (8)								
90	-24,3670	-50,0819	18/03/2007	76	74 (-2)	68 (-8)	114 (38)	96 (20)	79 (3)	60 (-16)	65 (-11)	87 (11)								
91	-24,3670	-50,0819	21/03/2008	80	56 (-24)	50 (-30)	103 (23)	70 (-10)	84 (4)	70 (-10)	120 (40)	109 (29)								
92	-24,3625	-50,0771	18/03/2007	76	63 (-13)	42 (-34)	109 (33)	66 (-10)	63 (-13)	53 (-23)	74 (-2)	94 (18)								
93	-24,3625	-50,0771	21/03/2008	80	94 (14)	50 (-30)	86 (6)	87 (7)	63 (-17)	51 (-29)	109 (29)	85 (5)								
94	-24,3592	-50,0741	18/03/2007	76	62 (-14)	63 (-13)	64 (-12)	105 (29)	72 (-4)	58 (-18)	91 (15)	85 (9)								
95	-24,3592	-50,0741	21/03/2008	80	93 (13)	44 (-36)	73 (-7)	80 (0)	99 (19)	54 (-26)	105 (25)	97 (17)								
96	-24,3653	-50,0896	18/03/2007	76	74 (-2)	45 (-31)	102 (26)	103 (27)	65 (-11)	39 (-37)	111 (35)	109 (33)								
97	-24,3653	-50,0896	21/03/2008	80	64 (-16)	78 (-2)	95 (15)	112 (32)	57 (-23)	65 (-15)	84 (4)	111 (31)								
98	-24,4063	-50,0541	19/04/2005	108	121 (13)	80 (-28)	147 (39)	153 (45)	106 (-2)	98 (-10)	148 (40)	127 (19)								

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants								
99	-24,4063	-50,0541	22/03/2006	80	101 (21)	42 (-38)	100 (20)	106 (26)	80 (0)	38 (-42)	100 (20)	62 (-18)								
100	-24,4042	-50,0648	19/04/2005	108	86 (-22)	60 (-48)	139 (31)	108 (0)	91 (-17)	61 (-47)	94 (-14)	143 (35)								
107	-24,4042	-50,0648	26/03/2006	84	111 (27)	57 (-27)	113 (29)	93 (9)	82 (-2)	68 (-16)	90 (6)	76 (-8)								
108	-24,4114	-50,0621	19/04/2005	108	92 (-16)	92 (-16)	91 (-17)	104 (-4)	110 (2)	64 (-44)	152 (44)	120 (12)								
112	-24,4114	-50,0621	24/03/2006	82	81 (-1)	57 (-25)	118 (36)	92 (10)	60 (-22)	74 (-8)	75 (-7)	80 (-2)								
113	-24,4080	-50,0606	18/03/2007	76	81 (5)	55 (-21)	73 (-3)	73 (-3)	71 (-5)	56 (-20)	65 (-11)	86 (10)								
117	-24,6804	-49,7018	22/03/2006	80	105 (25)	62 (-18)	77 (-3)	86 (6)	89 (9)	51 (-29)	98 (18)	101 (21)								
118	-24,6804	-49,7018	18/03/2007	76	58 (-18)	50 (-26)	110 (34)	97 (21)	66 (-10)	44 (-32)	88 (12)	77 (1)								
122	-24,6604	-49,6951	22/03/2006	80	61 (-19)	60 (-20)	75 (-5)	101 (21)	89 (9)	65 (-15)	82 (2)	79 (-1)								
123	-24,6604	-49,6951	18/03/2007	76	74 (-2)	44 (-32)	114 (38)	104 (28)	77 (1)	59 (-17)	97 (21)	92 (16)								
127	-24,6563	-49,7112	22/03/2006	80	108 (28)	83 (3)	76 (-4)	111 (31)	72 (-8)	61 (-19)	92 (12)	62 (-18)								
128	-24,6563	-49,7112	18/03/2007	76	89 (13)	36 (-40)	78 (2)	76 (0)	90 (14)	68 (-8)	115 (39)	85 (9)								
132	-24,6545	-49,7029	22/03/2006	80	74 (-6)	65 (-15)	101 (21)	92 (12)	88 (8)	52 (-28)	85 (5)	93 (13)								
133	-24,6545	-49,7029	18/03/2007	76	97 (21)	60 (-16)	104 (28)	108 (32)	59 (-17)	63 (-13)	67 (-9)	80 (4)								
137	-24,6533	-49,6950	22/03/2006	80	64 (-16)	77 (-3)	81 (1)	85 (5)	71 (-9)	59 (-21)	64 (-16)	73 (-7)								
138	-24,6533	-49,6950	18/03/2007	76	72 (-4)	54 (-22)	84 (8)	87 (11)	90 (14)	51 (-25)	106 (30)	100 (24)								
142	-24,6615	-49,6901	22/03/2006	80	69 (-11)	52 (-28)	103 (23)	81 (1)	60 (-20)	74 (-6)	75 (-5)	89 (9)								
143	-24,6615	-49,6901	18/03/2007	76	95 (19)	47 (-29)	78 (2)	103 (27)	89 (13)	42 (-34)	79 (3)	97 (21)								
147	-24,6650	-49,7002	22/03/2006	80	92 (12)	68 (-12)	91 (11)	86 (6)	100 (20)	41 (-39)	121 (41)	92 (12)								
148	-24,6650	-49,7002	18/03/2007	76	88 (12)	44 (-32)	88 (12)	99 (23)	74 (-2)	48 (-28)	85 (9)	84 (8)								
152	-24,6643	-49,6829	22/03/2006	80	85 (5)	47 (-33)	118 (38)	93 (13)	100 (20)	37 (-43)	97 (17)	89 (9)								
153	-24,6643	-49,6829	18/03/2007	76	74 (-2)	77 (1)	72 (-4)	56 (-20)	78 (2)	70 (-6)	75 (-1)	80 (4)								
157	-24,6733	-49,6994	22/03/2006	80	76 (-4)	55 (-25)	117 (37)	102 (22)	73 (-7)	56 (-24)	113 (33)	88 (8)								
158	-24,6733	-49,6994	18/03/2007	76	73 (-3)	72 (-4)	113 (37)	60 (-16)	95 (19)	40 (-36)	111 (35)	97 (21)								
160	-24,6760	-49,6975	22/03/2006	80	95 (15)	63 (-17)	86 (6)	77 (-3)	97 (17)	51 (-29)	102 (22)	87 (7)								
161	-24,6760	-49,6975	18/03/2007	76	92 (16)	48 (-28)	104 (28)	91 (15)	72 (-4)	75 (-1)	98 (22)	115 (39)								

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants								
162	-24,6803	-49,6968	22/03/2006	80	93	(13)	54	(-26)	77	(-3)	78	(-2)	81	(1)	45	(-35)	78	(-2)	64	(-16)
175	-24,6803	-49,6968	18/03/2007	76	56	(-20)	47	(-29)	91	(15)	82	(6)	79	(3)	53	(-23)	95	(19)	80	(4)
178	-24,7540	-49,8349	11/04/2005	100	100	(0)	89	(-11)	104	(4)	128	(28)	91	(-9)	89	(-11)	116	(16)	92	(-8)
181	-24,7508	-49,8317	11/04/2005	100	89	(-11)	85	(-15)	125	(25)	97	(-3)	125	(25)	73	(-27)	86	(-14)	101	(1)
184	-24,7588	-49,8279	11/04/2005	100	91	(-9)	91	(-9)	116	(16)	119	(19)	114	(14)	52	(-48)	123	(23)	91	(-9)
187	-24,7527	-49,9379	21/03/2007	79	74	(-5)	43	(-36)	67	(-12)	71	(-8)	66	(-13)	67	(-12)	107	(28)	95	(16)
190	-24,7533	-49,9385	21/03/2007	79	96	(17)	42	(-37)	82	(3)	98	(19)	96	(17)	71	(-8)	106	(27)	83	(4)
194	-24,7542	-49,9396	21/03/2007	79	80	(1)	60	(-19)	114	(35)	72	(-7)	62	(-17)	79	(0)	86	(7)	66	(-13)
197	-24,7548	-49,9375	21/03/2007	79	65	(-14)	44	(-35)	103	(24)	81	(2)	72	(-7)	52	(-27)	104	(25)	92	(13)
200	-24,7561	-49,9366	21/03/2007	79	101	(22)	60	(-19)	86	(7)	95	(16)	68	(-11)	56	(-23)	87	(8)	70	(-9)
203	-24,7557	-49,9440	21/03/2007	79	79	(0)	60	(-19)	81	(2)	111	(32)	68	(-11)	50	(-29)	86	(7)	101	(22)
205	-24,7563	-49,9472	21/03/2007	79	81	(2)	68	(-11)	108	(29)	92	(13)	87	(8)	54	(-25)	75	(-4)	64	(-15)
207	-24,7572	-49,9459	21/03/2007	79	60	(-19)	67	(-12)	74	(-5)	63	(-16)	87	(8)	42	(-37)	89	(10)	74	(-5)
209	-24,7579	-49,9449	21/03/2007	79	81	(2)	60	(-19)	112	(33)	87	(8)	69	(-10)	68	(-11)	89	(10)	95	(16)
210	-24,7581	-49,9440	21/03/2007	79	66	(-13)	63	(-16)	85	(6)	106	(27)	74	(-5)	78	(-1)	105	(26)	108	(29)
212	-24,7602	-49,9421	21/03/2007	79	87	(8)	65	(-14)	77	(-2)	110	(31)	58	(-21)	59	(-20)	110	(31)	112	(33)
215	-24,7610	-49,9400	21/03/2007	79	85	(6)	68	(-11)	88	(9)	113	(34)	69	(-10)	63	(-16)	76	(-3)	74	(-5)
216	-24,7955	-49,8920	04/04/2004	94	78	(-16)	81	(-13)	118	(24)	86	(-8)	83	(-11)	58	(-36)	94	(0)	81	(-13)
217	-24,7993	-49,8869	04/04/2004	94	75	(-19)	54	(-40)	130	(36)	74	(-20)	80	(-14)	60	(-34)	106	(12)	84	(-10)
218	-24,7928	-49,8940	04/04/2004	94	95	(1)	85	(-9)	104	(10)	92	(-2)	118	(24)	53	(-41)	116	(22)	91	(-3)
221	-24,7977	-49,8870	04/04/2004	94	99	(5)	62	(-32)	126	(32)	71	(-23)	72	(-22)	72	(-22)	102	(8)	86	(-8)
222	-24,7921	-49,8897	04/04/2004	94	77	(-17)	67	(-27)	111	(17)	93	(-1)	87	(-7)	46	(-48)	80	(-14)	95	(1)
223	-24,7999	-49,8886	04/04/2004	94	105	(11)	58	(-36)	115	(21)	110	(16)	95	(1)	63	(-31)	118	(24)	87	(-7)
224	-24,7313	-49,8777	06/04/2005	95	84	(-11)	84	(-11)	114	(19)	119	(24)	76	(-19)	55	(-40)	101	(6)	123	(28)
227	-24,7313	-49,8777	22/03/2006	80	86	(6)	57	(-23)	118	(38)	81	(1)	84	(4)	57	(-23)	73	(-7)	88	(8)
228	-24,7313	-49,8777	23/03/2007	81	84	(3)	76	(-5)	78	(-3)	105	(24)	63	(-18)	54	(-27)	77	(-4)	77	(-4)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants								
229	-24,7313	-49,8777	21/03/2008	80	82	(2)	58	(-22)	87	(7)	70	(-10)	94	(14)	65	(-15)	90	(10)	90	(10)
230	-24,7244	-49,8794	06/04/2005	95	89	(-6)	92	(-3)	109	(14)	114	(19)	109	(14)	62	(-33)	89	(-6)	112	(17)
233	-24,7244	-49,8794	22/03/2006	80	55	(-25)	73	(-7)	81	(1)	89	(9)	96	(16)	61	(-19)	81	(1)	73	(-7)
234	-24,7244	-49,8794	23/03/2007	81	64	(-17)	73	(-8)	68	(-13)	85	(4)	105	(24)	56	(-25)	70	(-11)	95	(14)
235	-24,7244	-49,8794	21/03/2008	80	94	(14)	66	(-14)	85	(5)	61	(-19)	69	(-11)	62	(-18)	92	(12)	109	(29)
236	-24,7259	-49,8799	06/04/2005	95	108	(13)	53	(-42)	106	(11)	96	(1)	104	(9)	77	(-18)	146	(51)	101	(6)
239	-24,7259	-49,8799	22/03/2006	80	65	(-15)	34	(-46)	92	(12)	119	(39)	104	(24)	63	(-17)	95	(15)	67	(-13)
240	-24,7259	-49,8799	23/03/2007	81	78	(-3)	41	(-40)	118	(37)	83	(2)	89	(8)	47	(-34)	80	(-1)	101	(20)
241	-24,7259	-49,8799	21/03/2008	80	100	(20)	39	(-41)	96	(16)	106	(26)	98	(18)	35	(-45)	115	(35)	99	(19)
242	-24,7210	-49,8775	06/04/2005	95	94	(-1)	63	(-32)	121	(26)	91	(-4)	93	(-2)	68	(-27)	117	(22)	118	(23)
243	-24,7210	-49,8775	22/03/2006	80	79	(-1)	53	(-27)	81	(1)	90	(10)	92	(12)	63	(-17)	96	(16)	101	(21)
244	-24,7210	-49,8775	23/03/2007	81	95	(14)	79	(-2)	73	(-8)	73	(-8)	81	(0)	39	(-42)	95	(14)	92	(11)
247	-24,7210	-49,8775	21/03/2008	80	97	(17)	62	(-18)	80	(0)	89	(9)	79	(-1)	70	(-10)	88	(8)	64	(-16)
248	-24,7258	-49,8943	06/04/2005	95	88	(-7)	73	(-22)	111	(16)	128	(33)	81	(-14)	47	(-48)	107	(12)	89	(-6)
251	-24,7258	-49,8943	22/03/2006	80	94	(14)	55	(-25)	96	(16)	73	(-7)	62	(-18)	46	(-34)	118	(38)	110	(30)
252	-24,7258	-49,8943	23/03/2007	81	94	(13)	69	(-12)	91	(10)	67	(-14)	86	(5)	64	(-17)	89	(8)	88	(7)
253	-24,7258	-49,8943	21/03/2008	80	83	(3)	70	(-10)	73	(-7)	111	(31)	102	(22)	58	(-22)	76	(-4)	106	(26)
255	-24,7781	-49,9405	09/04/2003	98	98	(0)	81	(-17)	148	(50)	83	(-15)	74	(-24)	78	(-20)	93	(-5)	115	(17)
256	-24,7781	-49,9405	06/04/2005	95	97	(2)	53	(-42)	145	(50)	105	(10)	81	(-14)	68	(-27)	128	(33)	103	(8)
257	-24,7696	-49,9530	09/04/2003	98	114	(16)	91	(-7)	108	(10)	137	(39)	80	(-18)	66	(-32)	111	(13)	114	(16)
259	-24,7696	-49,9530	06/04/2005	95	83	(-12)	53	(-42)	97	(2)	90	(-5)	103	(8)	92	(-3)	98	(3)	129	(34)
260	-24,7757	-49,9683	03/04/2005	92	114	(22)	52	(-40)	101	(9)	82	(-10)	113	(21)	63	(-29)	91	(-1)	124	(32)
261	-24,7757	-49,9683	22/03/2006	80	101	(21)	44	(-36)	124	(44)	96	(16)	83	(3)	59	(-21)	72	(-8)	105	(25)
263	-24,7757	-49,9683	28/03/2007	86	97	(11)	42	(-44)	91	(5)	118	(32)	112	(26)	76	(-10)	91	(5)	109	(23)
264	-24,7724	-49,9582	03/04/2005	92	115	(23)	59	(-33)	135	(43)	104	(12)	108	(16)	50	(-42)	121	(29)	114	(22)
265	-24,7724	-49,9582	09/04/2006	98	110	(12)	62	(-36)	133	(35)	70	(-28)	85	(-13)	61	(-37)	81	(-17)	106	(8)

id2	Latitude	Longitude	Data	DOY	EVI								NDVI							
			observada	observado	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants	Wavelet-DB6	Duplo logistica	Savitz-Golay	Hants								
267	-24,7724	-49,9582	28/03/2007	86	86	(0)	70	(-16)	122	(36)	108	(22)	65	(-21)	76	(-10)	92	(6)	85	(-1)
268	-24,7751	-49,9659	03/04/2005	92	116	(24)	89	(-3)	109	(17)	91	(-1)	104	(12)	72	(-20)	77	(-15)	69	(-23)
269	-24,7751	-49,9659	09/04/2006	98	121	(23)	67	(-31)	121	(23)	103	(5)	110	(12)	53	(-45)	134	(36)	136	(38)
272	-24,7751	-49,9659	18/03/2007	76	80	(4)	75	(-1)	71	(-5)	94	(18)	68	(-8)	63	(-13)	109	(33)	58	(-18)
282	-24,7743	-49,9639	03/04/2005	92	104	(12)	60	(-32)	136	(44)	115	(23)	104	(12)	61	(-31)	104	(12)	115	(23)
283	-24,7743	-49,9639	09/04/2006	98	121	(23)	85	(-13)	138	(40)	123	(25)	72	(-26)	66	(-32)	91	(-7)	110	(12)
284	-24,7743	-49,9639	28/03/2007	86	75	(-11)	49	(-37)	92	(6)	92	(6)	72	(-14)	86	(0)	109	(23)	90	(4)
285	-24,7734	-49,9614	03/04/2005	92	122	(30)	89	(-3)	110	(18)	116	(24)	77	(-15)	57	(-35)	113	(21)	113	(21)
286	-24,7734	-49,9614	09/04/2006	98	134	(36)	75	(-23)	125	(27)	136	(38)	110	(12)	65	(-33)	107	(9)	84	(-14)
287	-24,7734	-49,9614	28/03/2007	86	106	(20)	54	(-32)	108	(22)	88	(2)	72	(-14)	45	(-41)	95	(9)	111	(25)
288	-24,6565	-49,9392	24/03/2005	82	102	(20)	68	(-14)	67	(-15)	119	(37)	60	(-22)	46	(-36)	86	(4)	72	(-10)
289	-24,6807	-49,9536	24/03/2005	82	82	(0)	42	(-40)	112	(30)	110	(28)	101	(19)	77	(-5)	118	(36)	104	(22)
290	-24,8160	-50,3715	21/03/2005	79	70	(-9)	61	(-18)	116	(37)	83	(4)	98	(19)	42	(-37)	66	(-13)	83	(4)
376	-24,9250	-49,8514	06/04/2005	95	87	(-8)	63	(-32)	102	(7)	113	(18)	83	(-12)	63	(-32)	103	(8)	119	(24)