

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTIMANDO XCO₂ EM CULTIVOS DE ARROZ E CANA-DE-
AÇÚCAR A PARTIR DO SISTEMA WOFOST**

Henrique Fontellas Laurito

Engenheiro Agrônomo

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTIMANDO XCO₂ EM CULTIVOS DE ARROZ E CANA-DE-
AÇÚCAR A PARTIR DO SISTEMA WOFOST**

Discente: Henrique Fontellas Laurito

Orientador: Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Campus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal**

2024

L386e Laurito, Henrique Fontellas
Estimando XCO2 em cultivos de arroz e cana-de-açúcar a partir do sistema WOFOST / Henrique Fontellas Laurito. -- Jaboticabal, 2024
120 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Glauco de Souza Rolim

1. Aprendizado do computador. 2. Sensoriamento remoto. 3. Mudanças climáticas. 4. Agricultura sustentável. 5. Python (Linguagem de programação de computador). I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTIMANDO XCO₂ EM CULTIVOS DE ARROZ E CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DO SISTEMA WOFOST

AUTOR: HENRIQUE FONTELLAS LAURITO

ORIENTADOR: GLAUCO DE SOUZA ROLIM

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. GLAUCO DE SOUZA ROLIM (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. LUCAS EDUARDO DE OLIVEIRA APARECIDO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Agrícola/Agrometeorológica/Climatologia Agrícola / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Muzambinho/MG

Prof. Dr. ALAN RODRIGO PANOSSO (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas / FCAV UNESP Jaboticabal-SP

Jaboticabal, 01 de fevereiro de 2024



Documento assinado digitalmente
LUCAS EDUARDO DE OLIVEIRA APARECIDO
Data: 02/02/2024 12:58:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HENRIQUE FONTELLAS LAURITO – Nascido em 01 de setembro de 1996, em Ribeirão Preto, São Paulo. Engenheiro Agrônomo formado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal em 2022. Durante a graduação, concluiu sua primeira iniciação científica, em 2018, denominada “Genômica e transcriptômica aplicada à determinação dos mecanismos moleculares de resistência a metais em rizóbios: Parte 1: Estudo do genoma de isolados de *Rhizobium* e Ensifer”, sob orientação da Profa. Dra. Lúcia Maria Carareto Alves, fomentado pelo PIBIC/CNPq. Também concluiu a Iniciação Científica, em 2021, sob orientação da Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz, fomentado pela FAPESP, cujo tema foi: “Frações de carbono e nitrogênio mineralizável no solo em sistema de integração lavoura pecuária”, tema de seu TIC. Ingressou no Mestrado, pelo programa de pós-graduação Produção Vegetal (CAPES 6) em 2021, na linha de pesquisa de Agricultura Digital, sob a orientação do Prof. Dr. Glauco de Souza Rolim, desenvolvendo o trabalho intitulado “Estimando XCO₂ em cultivos de arroz e cana-de-açúcar a partir do sistema WOFOST”. Durante o período, o autor desenvolveu o pacote python denominado “XCO₂ Daily Extractor” (XCODDEX) e o disponibiliza gratuitamente para utilização pública.

“Não é sinal de saúde estar ajustado a uma sociedade doente.”

Jiddu Krishnamurti (1895-1986)

Dedico àqueles que trabalham incansavelmente para garantir a segurança alimentar em um mundo em constante transformação, onde as mudanças climáticas ameaçam a produção de alimentos e a sobrevivência de muitas espécies. Que sua dedicação e esforços inspirem outros a se juntarem à luta pela sustentabilidade e preservação do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo fomento ao processo 130068/2022-5.

Agradeço ao meu orientador, Glauco de Souza Rolim, pelos ensinamentos e parceria durante meu trajeto no mestrado. Tenho grande admiração e respeito pela maneira alegre, descontraída e paciente que ensina seus alunos. Graças a você, posso afirmar que me encontrei nesta área da qual leciona com tanto gosto. Muito obrigado.

Agradeço aos meus colegas de departamento que contribuíram com minha formação, em especial o Prof. Dr. Newton La Scala e suas contribuições extremamente pertinentes e elucidativa.

Agradeço à minha família por me apoiar e me dar a oportunidade de estudar em uma universidade pública de excelência, como é a Unesp. Muito obrigado.

Agradeço à minha namorada, Thais Mayra Padovani, por me incentivar e apoiar. Você é um porto seguro para mim. Seu companheirismo foi fundamental para me tornar uma pessoa melhor. Muito obrigado.

A todos que que contribuíram para o meu desenvolvimento como pesquisador.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

Página

LISTA DE ABREVIATURAS	v
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais.....	15
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Hipóteses	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Gerais.....	16
1.2.2. Específicos.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. Mudanças climáticas	17
2.1.1. El Niño e mudanças climáticas	18
2.2. Tratados e conferências	18
2.3. Agricultura como agente das alterações climáticas.....	20
2.4. Os impactos das mudanças climáticas na agricultura.....	20
2.4.1. Cana-de-açúcar.....	21
2.4.2. Arroz	22
2.5. Ações mitigadoras	22
2.6. Estudo sobre as emissões de GEEs.....	23
2.6.1. Estudo in situ.....	23
2.6.2. Sensoriamento remoto	24
2.7. Modelos de cultivo	25
2.8. Modelos de aprendizado de máquina	26
2.9. Modelos agrupados	27
3. REFERENCIAS	28
CAPÍTULO 2 – Estimativa de XCO ₂ em cultivos de cana-de-açúcar e arroz com um ensemble de WOFOST e Random Forest	38
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.1. Delimitação das localidades de estudo.....	38
4.2. Obtenção de dados	39
4.3. Modelo WOFOST	39
4.3.1. Condições climáticas.....	40

4.3.2. Condições do solo	40
4.4. Cultivo e manejo	41
4.4.1. Dióxido de carbono.....	42
4.4.2. Calibração do WOFOST	44
4.4.3. Correlação de Spearman.....	45
4.4.4. Tratamento de outliers.....	45
4.4.5. Random Forest.....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1. Calibração dos parâmetros de cultivo	47
5.2. Conversão da base numérica do XCO ₂ de ppm para kg.....	50
5.3. Resultados do modelo WOFOST.....	51
5.4. Modelo Random Forest	61
6. CONCLUSÃO	71
7. REFERÊNCIAS	72
CAPÍTULO 3 – Extracting daily data from NASA’s xco ₂ with xcodex: a python package created for extraction and structuring.....	74
8. INTRODUCTION	75
9. MATERIAL AND METHODS.....	78
9.1. Introduction to XCODEX.....	78
9.2. Package dependencies	79
9.3. XCODEX in detail	79
9.3.1. Download	79
9.3.2. Extraction	80
9.4. Some applications of the XCODEX package	81
9.4.1. Mauna Loa	81
9.4.2. Other places on the planet.....	82
10. RESULT AND DISCUSSION	83
10.1. Mauna Loa	83
10.2. Other places	84
11. CONCLUSION	89
12. ACKNOWLEDGEMENTS	89
13. REFERENCES	90
CAPÍTULO 4 – Considerações finais	94
14. CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
15. ANEXOS	95

ESTIMATIVA DE XCO₂ EM CULTIVOS DE CANA-DE-AÇÚCAR E ARROZ COM WOFOST E FLORESTAS ALEATÓRIAS

RESUMO – A concentração de dióxido de carbono (CO₂) no ar é um dos fatores que influenciam nas mudanças climáticas, que podem afetar a segurança alimentar e a qualidade de vida das pessoas, principalmente as mais vulneráveis. Por isso, é importante medir e estimar essa concentração em áreas onde se cultivam alimentos e fontes sustentáveis de energia, tais como o arroz e a cana-de-açúcar. Uma abordagem inovadora para estimar o XCO₂ envolve a combinação de modelos mecanísticos de cultivo, como o WORld FOod STudies (WOFOST), que calcula o balanço de carbono em áreas agrícolas, com modelos de aprendizado de máquina, formando um conjunto integrado de modelos (ensemble). Sendo assim, o presente trabalho utilizou dados de produtividade (SIDRA) em grandes áreas contínuas cana-de-açúcar (sequeiro) e arroz (alagadas) em uma série histórica dados de 1984 a 2022, das principais regiões produtoras do Brasil sob a hipótese de que o XCO₂ poderia ser estimado a partir do ensemble dos modelos WOFOST com o Random Forest, usando dados de sensoriamento remoto (OCO-2/NASA) como fonte de XCO₂ observado. Os resultados confirmam a hipótese, com: coeficiente de determinação R² adj = 0.81, 0.85 e 0.75; RMSE=1.22, 1.17 e 1.3 ppm; MAE = 1.48, 1.37 e 1.7 ppm para os modelos globais, sob cultivo de cana e arroz, respectivamente.

Palavras-chave: aprendizado de máquina, sensoriamento remoto, mudanças climáticas, modelagem, python, sustentabilidade

ESTIMATION OF XCO₂ IN SUGARCANE AND RICE CROPS WITH AN ENSEMBLE OF WOFOST AND RANDOM FOREST

ABSTRACT – The concentration of carbon dioxide (CO₂) in the air is one of the factors that influence climate change, which can affect food security and the quality of life of people, especially the most vulnerable. Therefore, it is important to measure and estimate this concentration in areas where food and sustainable sources of energy, such as rice and sugarcane, are grown. An innovative approach to estimating XCO₂ involves combining mechanistic cultivation models, such as WORLD FOOD STUDIES (WOFOST), which calculates the carbon balance in agricultural areas, with machine learning models, forming an ensemble of models. Therefore, the present work used productivity data (SIDRA) in large continuous areas of sugarcane (rainfed) and rice (flooded) in a historical series data from 1984 to 2022, from the main producing regions of Brazil under the hypothesis that XCO₂ could be estimated from the ensemble of WOFOST models with Random Forest, using remote sensing data (OCO-2/NASA) as a source of observed XCO₂. The results confirm the hypothesis, with R² adj = 0.81, 0.85 and 0.75; RMSE=1.22, 1.17 and 1.3 ppm; MAE = 1.48, 1.37 and 1.7 ppm for the global models, under sugarcane and rice cultivation, respectively.

Keywords: Machine Learning, Remote Sensing, Climate Change, Modeling, Python, Sustainability

LISTA DE ABREVIATURAS

DVS	Estádio de desenvolvimento (-)
LAI	Índice de área foliar (m m^{-1})
TAGP	Produção total acima do solo (kg ha^{-1})
TWSO	Massa seca total de órgãos de reserva (kg ha^{-1})
TWLV	Massa seca total de folhas (kg ha^{-1})
TWST	Massa seca total de galhos/colmos (kg ha^{-1})
TRA	Taxa de transpiração (mm d^{-1})
RFTRA	Fator de redução na taxa de transpiração (-)
RD	Profundidade da zona radicular (cm)
WWLOW	Umidade total no perfil do solo (cm)
SM	Umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^3$)
GASST	Assimilação bruta total ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$)
MREST	Respiração de manutenção total ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$)
MRES	Taxa respiratória de manutenção real ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$)
PGASS	Taxa de assimilação potencial ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$)
GASS	Taxa de assimilação corrigida para déficit hídrico ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$)
ASRC	Assimilado líquido disponível ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)
PMRES	Taxa Potencial de respiração para manutenção ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)
DTGA	Assimilação bruta diária total ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)
AMAX	Taxa máxima de assimilação de CO_2 ($\text{kg ha}^{-1} \text{hr}^{-1}$)
AMAXTB	Taxa máxima de assimilação de CO_2 em função de DVS ($\text{kg ha}^{-1} \text{hr}^{-1}$)

CFET	Fator de correção da evapotranspiração (-)
CVL	Fator de conversão de assimilados em folhas (kg kg ⁻¹)
CVO ...	Fator de conversão de assimilados para órgãos de assimilação (kg kg ⁻¹)
CVR.....	Fator de conversão de assimilados em raízes (kg kg ⁻¹)
CVS.....	Fator de conversão de assimilados para galhos/colmos (kg kg ⁻¹)
DEPNR.....	Número do grupo de cultivos para depleção de água no solo (-)
DTSMTB.....	Aumento diário da soma de temperatura (°C d)
DVSEND	Estádio de desenvolvimento na colheita (-)
DVSI.....	Estádio inicial de desenvolvimento do cultivo (-)
EFFTB.....	Eficiência inicial do uso da luz em função da temperatura (J m ⁻² s ⁻¹)
IAIRDU	Presença ou ausência de dutos aéreos nas raízes (-)
IDSL	Mudar para opções de desenvolvimento fenológico (0, 1, 2)
KDIFTB	Coeficiente de extinção luminosa em função da DVS (-)
Q10	Aumento relativo na taxa de respiração para manutenção (-)
RDC	Profundidade máx. do enraizamento (cm)
RDI.....	Profundidade inicial de enraizamento (cm)
RDMCR.....	Profundidade máx. de enraizamento do cultivo maduro (cm)
RDRRTB	Taxa de mortalidade de raízes em função do DVS (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)
RDRSTB.....	taxa de mortalidade de caules em função do DVS (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)
RFSETB	Fator de redução para senescência em função do DVS (-)
RGRLAI.....	Aumento relativo máx. no LAI (ha ha ⁻¹ d ⁻¹)
RML.....	Taxa relativa respiratória para manutenção de folhas (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)
RMO.....	Taxa relativa respiratória para manutenção para reserva (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)

RMR	Taxa relativa respiratória para manutenção de raízes (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)
RMS	Taxa relativa respiratória para manutenção de galhos (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)
PERDL ...	Taxa de mortalidade de folhas devido ao estresse hídrico (kg kg ⁻¹ d ⁻¹)
RRI	Aumento diário na profundidade de enraizamento (cm d ⁻¹)
SLATB	Área específica foliar em função da DVS (ha kg ⁻¹)
SPA	Área específica de vagem (ha kg ⁻¹)
SPAN	Expectativa de vida da folha crescendo a 35°C (d)
SSATB	Área específica do caule em função da DVS (ha kg ⁻¹)
TBASE	Temperatura limiar inferior para envelhecimento das folhas (°C)
TBASEM.....	Temperatura limite mais baixa para emergência (°C)
TDWI	Peso seco total inicial do cultivo (ha kg ⁻¹)
TEFFMX.....	Temperatura máx. efetiva para emergência (°C)
TMNFTB.....	Fator de redução da taxa de assimilação bruta (°C)
TMPFTB.....	Fator de redução da AMAX em função da temperatura média (°C)
TSUM1	Soma de temperatura desde a emergência até florescimento (°C d)
TSUM2	Soma de temperatura desde o florescimento até a maturidade (°C d)
TSUMEM....	Soma de temperatura desde a semeadura até a emergência (°C d)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das fontes de dados com suas respectivas resoluções espaciais e temporais.....	39
Tabela 2. Classificação de solos (Embrapa, 2023) em cada município, selecionados segundo o critério.....	41
Tabela 3. Descrição das variáveis atribuídas aos solos sob restrição hídrica com capacidade de drenagem.....	41
Tabela 4. Descrição dos resultados da simulação de produção do modelo WOFOST e suas respectivas escalas de grandeza.....	43
Tabela 5. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP.....	95
Tabela 6. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP (Continuação da Tabela 5).	96
Tabela 7. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP (Continuação da Tabela 5).	97
Tabela 8. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Morro Agudo-SP.....	98
Tabela 9. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Morro Agudo-SP (Continuação da Tabela 8)	99
Tabela 10. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Morro Agudo-SP (Continuação da Tabela 8)	100
Tabela 11. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Goiatuba-GO.....	101

Tabela 12. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Goiatuba-GO (continuação da Tabela 11).....	102
Tabela 13. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Quirinópolis-GO.....	103
Tabela 14. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS.....	104
Tabela 15. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS (Continuação da Tabela 14)	105
Tabela 16. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS (Continuação da Tabela 14)	106
Tabela 17. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS (Continuação da Tabela 14)	107
Tabela 18. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS.....	108
Tabela 19. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS (continuação da Tabela 18)	109
Tabela 20. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS (continuação da Tabela 18).	110
Tabela 21. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS (continuação da Tabela 18)	111
Tabela 22. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC	113

Tabela 23. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC (continuação da Tabela 22).....	114
Tabela 24. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC (continuação da Tabela 22).....	115
Tabela 25. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC (continuação da Tabela 22).....	116
Tabela 26. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC	117
Tabela 27. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC (continuação da Tabela 26).....	118
Tabela 28. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC (continuação da Tabela 26).....	119
Tabela 29. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC (continuação da Tabela 26).....	120

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Gráfico de produção média de arroz (A-C) e cana-de-açúcar (D-F) no período de 2015 a 2022.38
- Figura 2. Produtividade estimada pelo modelo WOFOST e observada pelo SIDRA para os municípios de: (A) Barretos; (B) Morro Agudo; (C) Quirinópolis; (D) Goiatuba; (E) Uruguaiana; (F) Santa Vitória do Palmar; (G) Turvo; (H) Forquilha.48
- Figura 3. Variação da Soma de temperatura desde a emergência até florescimento (T_{SUM1}), no cultivo de cana-de-açúcar, Barretos-SP.49
- Figura 4. Temperatura média (A) e pressão atmosférica média (B) no cultivo da cana-de-açúcar; Temperatura média (C) e pressão atmosférica média (D) para o cultivo do arroz.50
- Figura 5. Resultado médio da simulação de produtividade do modelo WOFOST para o cultivo de cana-de-açúcar.52
- Figura 6. Correlação de Spearman entre os resultados do modelo WOFOST, XCO₂ observado e CO₂.53
- Figura 7. Perfil de assimilação média de gás carbono no ano safra do cultivo de cana-de-açúcar (A) e arroz (B).54
- Figura 8. Comparação entre a assimilação bruta de CO₂ média dos locais estudados, na série histórica, em função do desenvolvimento do cultivo de cana-de-açúcar (A) e arroz (B). As linhas centrais correspondem à média móvel em janela de 80 dias. ...55
- Figura 9. Resultado médio da simulação de produtividade do modelo WOFOST para a cultivo do arroz.56
- Figura 10. Perfil de assimilação de CO₂ ao longo do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, nos municípios de Barretos-SP (A), Morro Agudo-SP (B), Quirinópolis-GO

(C) e Goiatuba-GO (D). As linhas centrais correspondem à média móvel em janela de 80 dias.....57

Figura 11. Perfil de assimilação de CO₂ ao longo do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, nos municípios de Uruguaiana-RS (A), Santa Vitória do Palmar-RS (B), Turvo-SC (C) e Forquilha-SC (D). As linhas centrais correspondem à média móvel em janela de 80 dias.58

Figura 12. Perfil de assimilação médio dos locais, separados entre os anos da série histórica, em função do desenvolvimento do cultivo da cana-de-açúcar. As linhas centrais correspondem à média móvel em janela mensal.....59

Figura 13. Perfil de assimilação médio dos locais, separados entre os anos da série histórica, em função do desenvolvimento do cultivo do arroz. As linhas centrais correspondem à média móvel em janela mensal.60

Figura 14. Desempenho do Treinamento e Teste do modelo de Random Forest global (cana+arroz).....61

Figura 15. Desempenho do treinamento e teste do modelo de Random Forest para a cultivo de cana-de-açúcar.62

Figura 16. Desempenho do treinamento e teste do modelo de Random Forest para a cultivo do arroz.62

Figura 17. Importância relativa das variáveis para a construção do modelo global (cana + arroz).....64

Figura 18. Importância relativa das variáveis para a construção do modelo da cana.65

Figura 19. Importância relativa das variáveis para a construção do modelo do arroz.66

Figura 20. Impacto de cada variável independente no modelo de RF global (cana + arroz). Variáveis do eixo Y apresenta importância das variáveis em ordem decrescente. Eixo X (valores SHAP) representam o impacto de cada variável na previsão de XCO ₂	68
Figura 21. Impacto de cada variável independente no modelo de RF (cana).	69
Figura 22. Impacto de cada variável independente no modelo de RF (arroz)	70
Figure 23. Graphical description of a file of type nc4, a) vectors of latitude, longitude and time, b) Breakdown of the crossing of latitude and longitude over time (t). Modified from Liu et al. (2018)	77
Figure 24. XCODEX package flowchart, with steps A) Download the Global XCO ₂ data, B) Organization of the downloaded files, C) Extraction of temporal data for each desired location, D) Organization of the final data E) recovering missing data and adding to the first nc4 folder.	78
Figure 25. Monthly CO ₂ concentration values for the Keeling series (Tans; Keeling, 2023) and XCO ₂ extracted by the XCODEX package on the period of jan/2015 to dec/2021.....	84
Figure 26. Linear regression of adjusted R ² , RMSE and EME values of the model between XCODEX values and obtained by the Mauna Loa observatory.	84
Figure 27. Map showing the localities and average values of XCO ₂ (ppm) from January 2015 to December 2021.....	85
Figure 28. Monthly averages of XCO ₂ (ppm) in the studied period extracted from the XCODEX package.....	86

Figure 29. Comparison of the XCO₂ increase of the selected locations with those obtained at Mauna Loa, extracted with the XCODEX package, during the historical series.....87

Figure 30. Monthly average of XCO₂ in the distinct locations of the northern and southern hemisphere.....89

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas afetam o Brasil de diversas formas, colocando em risco a sua biodiversidade, segurança energética, produção agrícola e a sua saúde pública. As atividades humanas, principalmente o desmatamento, a queima de combustíveis fósseis e a agropecuária, são as principais responsáveis pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), que intensificam o aquecimento global.

A agropecuária brasileira é um dos maiores emissores de GEEs do mundo, e um dos mais vulneráveis aos seus efeitos. As mudanças climáticas já provocam alterações nos padrões de chuva e temperatura, intensificando eventos extremos como secas, enchentes, ondas de calor e incêndios florestais. Esses fenômenos têm impactos negativos na disponibilidade de água, produção de alimentos, geração de energia, conservação da natureza e qualidade de vida da população. Em decorrência disto, é importante desenvolver novas ferramentas para estimar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e compreender seus possíveis impactos sobre a agricultura.

Nesse sentido, o presente estudo propõe a criação de uma integração entre um modelo mecanístico de cultivo e um modelo de aprendizado de máquina (ensemble) com o objetivo de estimar a concentração molar de CO₂ em coluna de ar seco (XCO₂) na atmosfera. Esta concentração estimada é o resultado do balanço de carbono em áreas agrícolas e visa entender os impactos potenciais na produção de cana-de-açúcar e arroz.

Para alcançar isso, o modelo mecanístico de cultivo utilizado foi o WO^rld FO^od ST^udies (WOFOST) para simular a produtividade desses cultivos em áreas de produção de cana e arroz. Enquanto isso, o modelo de machine learning escolhido foi o Random Forest, que é um modelo robusto e eficiente para correlação de diversas variáveis. A partir deste ensemble, estimamos a concentração de XCO₂, utilizando os resultados de balanço de carbono gerados pelo WOFOST.

Os resultados obtidos mostraram que o modelo de machine learning foi capaz de estimar a concentração de XCO₂. Esses resultados são importantes porque permitem uma melhor compreensão dos impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura. Com essa compreensão, é possível desenvolver estratégias para mitigar esses impactos e garantir a segurança alimentar e hídrica da população.

1.1. Hipóteses

O ensemble entre modelos de simulação de produtividade de cultivos agrícolas (WOFOST), associado ao modelo de aprendizado de máquina (Random Forest), possibilita a estimativa do XCO₂.

1.2. Objetivos

1.2.1. Gerais

Correlacionar os dados de XCO₂ estimados pelo WOFOST e observados pelo sistema OCO-2/NASA. Estimar a produtividade de cana-de-açúcar e arroz, avaliando a acurácia em relação aos dados observados pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA).

1.2.2. Específicos

Desenvolver um pacote python para extração de dados de XCO₂ obtidos pelo satélite OCO-2/NASA. Além disso, calibrar corretamente o modelo WOFOST para estimar corretamente o balanço de carbono. Por fim, desenvolver um ensemble que utilize o modelo Random Forest para estimar XCO₂ a partir do balanço de carbono do WOFOST.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mudanças climáticas

As atividades humanas têm contribuído para o aumento das emissões de gases de efeito estufa GEEs, resultando em um aumento da temperatura da superfície global de 1,1°C acima dos níveis de 1850-1900 no período de 2011-2020 (IPCC, 2023). Essas emissões têm origens variadas, incluindo o uso insustentável de energia, mudanças no uso da terra e padrões de consumo e produção (Li et al., 2022). As consequências dessas mudanças climáticas incluem impactos na segurança alimentar e hídrica, saúde humana, economias e sociedades, perdas e danos à natureza (IPCC, 2023; Semenov, 2021).

Desde a era pré-industrial, houve aumento de 47% da concentração de CO₂ e 156% de CH₄, decorrente da combustão de combustíveis fósseis, práticas agrícolas como implementação de fertilizantes químicos e desflorestamento para ampliação de atividades pecuárias (Gowrisankar et al., 2022). Estes gases atuam na captura da energia dos raios solares, adquirindo calor e transmitindo para outras moléculas de efeito estufa, como vapor d'água (Kweku et al., 2018). Graças a este comportamento, outros GEEs passam a ser tratados como carbono equivalente (eCO₂).

O eCO₂ é uma métrica que permite a comparação dos potenciais de aquecimento global de diferentes GEEs em termos de CO₂. Esta comparação é baseada na capacidade de cada GEE de absorver e emitir energia radiante ao longo de um período de 100 anos (Kweku et al., 2018). Portanto, ao expressar o potencial de aquecimento global de outros GEEs em termos de CO₂, afirma-se que o CH₄ e N₂O têm potenciais de aquecimento global 28 e 265 vezes maiores, respectivamente, do que uma unidade de CO₂ (IPCC, 2007).

Os sistemas agrícolas detêm amplas reservas de carbono, contidas na matéria orgânica do solo e sua microbiota, possuindo grande potencial tanto para aumentar o aquecimento global quanto para colaborar na redução de GEEs, através de seu sequestro (Lehmann et al., 2020). Algumas práticas, como a utilização de adubos nitrogenados, mecanização e irrigação por inundação contribuem para o aumento de

CO₂, CH₄ e N₂O, principais GEEs emitidas em agroecossistemas (Chen et al., 2020; Tubiello, 2014).

2.1.1. *El Niño e mudanças climáticas*

Além das alterações climáticas de origem antrópica, o *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) é um fenômeno climático natural que ocorre no pacífico devido ao aquecimento da superfície oceânica, alterando o regime hídrico e de umidade dos continentes adjacentes (Ferreira Barbosa et al., 2021). Este fenômeno ocorre de 3 a 7 anos de intervalo, com duração de 9 meses a 2 anos.

O continente sul-americano é uma das regiões mais afetadas pelo ENSO, apresentando extremos de seca e chuva em diferentes regiões (Grimm; Barros; Doyle, 2000). No Brasil, as regiões norte e nordeste apresentam extremos de seca enquanto o sul e sudeste, chuvas intensas (Grimm; Barros; Doyle, 2000), explicadas, respectivamente, por um centro ciclônico sobre o leste e nordeste do Brasil e um centro anticiclônico fraco sobre o sudeste da América do Sul (Andreoli; Kayano, 2005).

O Brasil é um grande exportador de commodities e as alterações climáticas possuem grande influência em sua produção, e modelos climáticos já apontam um padrão consistente na intensificação de chuvas no sudeste e secas no norte e nordeste do país, aumentados pelos processos de urbanização, desflorestamento e desertificação (Alves et al., 2021).

O ENSO causa alterações no ciclo de carbono, principalmente em continentes tropicais (Liu et al., 2017). A caatinga brasileira é considerada um importante sumidouro e intensifica a absorção de CO₂ atmosférico em épocas de ENSO (Pereira et al., 2020) enquanto, na Amazônia legal, aumenta a incidência de queimadas intensificando a fonte de CO₂ (Ferreira Barbosa et al., 2021).

2.2. **Tratados e conferências**

Diante das mudanças climáticas, criou-se a necessidade das conferências e tratados internacionais. Essas conferências reúnem líderes mundiais, especialistas e

organizações não governamentais para discutir e negociar soluções para os desafios globais.

O primeiro tratado internacional foi A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), adotado na Cúpula da Terra no Rio de Janeiro em 1992, cujo objetivo foi estabilizar as concentrações de GEEs na atmosfera em um nível que impeça interferências perigosas no sistema climático (Montini, 2011; Schleussner; Fyson, 2020). Ao estabelecer um quadro para a cooperação internacional, a UNFCCC estabeleceu metas e objetivos para reduzir as emissões de GEEs e incentivo a adoção de tecnologias limpas e renováveis, visando a adaptação dos ecossistemas às mudanças climáticas (Montini, 2011; UNFCCC, 2023)

Complementando a UNFCCC, o Protocolo de Kyoto visava um plano mais sólido para redução dos GEEs. Estabeleceu metas de redução para países industrializados e um sistema de comércio de emissões (Montini, 2011). Além disso, permitiu investimentos em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento. Embora tenha reduzido as emissões em muitos países industrializados, foi criticado por não incluir metas para países em desenvolvimento e por não ser ratificado por alguns países, incluindo os EUA (Montini, 2011; Mor et al., 2023). A principal contribuição do Protocolo foi a conscientização sobre as mudanças climáticas e estabeleceu um precedente para futuros acordos internacionais.

Por fim, o Acordo de Paris é adotado em 2015, com o objetivo principal de limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais (IPCC, 2023). Ele estabelece metas de redução de emissões de GEEs para todos os países e um sistema de transparência e prestação de contas (Mor et al., 2023). Além disso, o Acordo também estabelece um mecanismo de financiamento para ajudar os países em desenvolvimento a lidar com os impactos das mudanças climáticas (Montini, 2011).

Diferente do Protocolo de Kyoto, o Acordo de Paris é mais flexível e permite que cada país defina suas próprias metas, conhecidas como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) (Mor et al., 2023). O Acordo, que entrou em vigor em 2016, foi ratificado por 189 países e é um marco na luta contra as mudanças

climáticas e, apesar de algumas críticas, o Acordo aumentou a conscientização sobre as mudanças climáticas e a importância da ação climática global (Montini, 2011).

2.3. Agricultura como agente das alterações climáticas

A expansão da agricultura é uma das principais causas do desmatamento, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais. O desmatamento reduz o estoque de carbono e a biodiversidade dos ecossistemas florestais, altera o ciclo hidrológico e aumenta a erosão do solo (Jägermeyr et al., 2021). Também afeta o clima regional e global, ao modificar o albedo, a evapotranspiração e as emissões de aerossóis biogênicos (Zeng et al., 2021).

A agricultura emite mais de um terço de eCO₂ devido a uso de terras destinadas a produção de alimento, florestas e pecuária (Khatri-Chhetri et al., 2021). Dentre as GEEs emitidas, os principais são: (i) CO₂, através do desmatamento, queima de biomassa e mecanização; (ii) CH₄, principalmente pela digestão entérica dos ruminantes e esterco; (iii) N₂O, pela aplicação de fertilizantes nitrogenados e pelo manejo do solo (Chen et al., 2020; Crippa et al., 2021; Hajima et al., 2020).

Além da emissão de gases, o uso de água doce é intenso na agricultura, consumindo grandes quantidade de recursos hídricos disponíveis para a produção (Torabi et al., 2020). A agricultura pode afetar a quantidade e a qualidade da água, ao alterar o escoamento superficial, a recarga dos aquíferos, a salinização, a eutrofização e a poluição por nutrientes, pesticidas e patógenos (Tudi et al., 2021) tornando-se vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas (Torabi et al., 2020).

2.4. Os impactos das mudanças climáticas na agricultura

Trabalhos que relacionam mudanças climáticas à produção de alimentos são amplamente exploradas. Quedas na produtividade, antes de 2040, podem ocorrer no cultivo do milho, soja e arroz; e aumento na produtividade do trigo, em escala global (Jägermeyr et al., 2021).

Diante das mudanças climáticas, haverá diferença nos regimes hídricos e aumento de temperatura em várias regiões. Estudos indicam que em cenários de baixa disponibilidade hídrica, o CO₂ não influencia na evapotranspiração do dossel, mas sim em cenários limitantes de nitrogênio no solo (Kimball, 2016). Nestes cenários em que há redução na condutância estomática, há aumento na temperatura do dossel das plantas. Contudo, os efeitos são muito variados, dependendo da região, cultivo e fertilidade do solo.

Como o acréscimo de concentração de CO₂ vem acompanhado do aumento das temperaturas, é de se esperar que plantas de metabolismo C₃, que dependem principalmente da enzima ribulose1,5-bifosfato carboxilase-oxigenase (RUBISCO), terão o efeito benéfico do CO₂ anulado (Hussain et al., 2021), resultando na diminuição do ciclo, conseqüentemente seu potencial produtivo, principalmente na fase vegetativa (Sun et al., 2022).

Porém, tanto o aumento da concentração de CO₂ atmosférico e temperatura, de forma independente, podem contribuir com o aumento da produtividade de alguns cultivos C₃ e C₄, respectivamente (Kimball, 2016). Por outro lado, a combinação entre estes dois fatores pode ser benéfica somente dos cultivos de metabolismo C₄. Portanto, afirmações acerca dos efeitos são complexas e multivariadas, apresentando resultados mistos a depender do local de estudo (Kimball, 2016).

2.4.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar possui alta representatividade no agronegócio brasileiro, pois foi impulsionado graças a sua importância como biocombustível, tornando-se matéria prima para produção de etanol. A produção de cana, para o ano safra de 2021/22, é de 596 milhões de toneladas. Em São Paulo, principal região produtora, a produção corresponde a 301,3 milhões de toneladas, representando aproximadamente 50% da produção nacional (CONAB, 2023).

Práticas envolvidas no preparo e manutenção do canavial, como a calagem (La Scala; Bolonhezi; Pereira, 2006) e os estádios de desenvolvimento destas commodities

(Morais Filho et al., 2021) em relação direta sobre a emissão de CO₂ e, portanto, sobre a dinâmica de XCO₂ registrados. Sendo assim, espera-se que haja alguma relação de efeito no cultivo da cana-de-açúcar.

Existem indicativos da ausência de efeitos das mudanças climáticas na produtividade de cana no sudeste brasileiro (Marin et al., 2013). Em contrapartida, há evidências que o aumento na temperatura resulta no declínio de sua produtividade no estado de São Paulo, e que elevadas concentrações de CO₂ apresentam pouco impacto sobre ela (Flack-Prain et al., 2021). Desta forma, a conclusão sobre a dinâmica de eCO₂ no cultivo da cana é incipiente e demanda estudos.

2.4.2. Arroz

Outra atividade agrícola de grande importância é a rizicultura, pois provê alimento para mais de 50% da população mundial (Chen et al., 2021). Além disso, o arroz possui um papel nacional fundamental: no ano safra de 2020/21, o Brasil exportou 104,4 mil toneladas, correspondendo a mais de 50% da produção nacional e, no mercado interno, a área colhida representa a 95% do estado do Rio Grande do Sul (RS), principal produtor deste cereal (CONAB, 2021).

As emissões mensais de CO₂, em áreas de cultivo de arroz, são de 0.21 – 1.54 ppm em áreas da China, maior produtor deste grão (Li et al., 2020). O acréscimo de concentração de CO₂ atmosférico deve aumentar a sua produtividade em razão do chamado efeito fertilizante do CO₂, uma vez que é um nutriente absorvido pela planta (Long et al., 2006).

2.5. Ações mitigadoras

Com o agravamento das mudanças climáticas devido ao aumento das emissões de gases de efeito estufa, os países estão incentivando medidas de mitigação através de regulamentações e incentivos econômicos (IPCC, 2023). Projeções climáticas indicam que a temperatura global continuará a aumentar após 2100 em todos os cenários, exceto nos de baixas emissões (Lyon et al., 2022). É importante adotar medidas de adaptação e mitigação para preservar a

sustentabilidade, especialmente nas regiões mais pobres do mundo, que carecem de tecnologia para se adaptar (Xu et al., 2020).

Trabalhos desenvolvendo novas alternativas para o modelo de produção atual são explorados. Por exemplo, na pecuária, a adoção de *Asparagopsis taxiformis* na alimentação de gado demonstra possuir grande efeito na redução de emissão de CH₄ (Kinley et al., 2020), além de proteína microbiana que diminui a dependência de extensas áreas de pasto e soja (Humpenöder et al., 2022).

Na agricultura, atividade de intenso uso e manejo de solo, o carbono contido na matéria orgânica, apresenta 25% do potencial das soluções climáticas naturais, com sequestro de 23.8 Gt de eCO₂ por ano, pois possui capacidade de retenção de carbono três vezes maior que o da atmosfera (Bossio et al., 2020). Sendo assim, práticas de manejo que visam a restauração da matéria orgânica do solo se trata de uma ação mitigadora (Georgiou et al., 2022).

Em sistemas de produção aquáticos, a redução das emissões de CH₄ dos ecossistemas naturais e artificiais, representam 35-55% das emissões deste gás. Trabalhos exploram alternativas eficazes para mitigação desse importante eCO₂, realizada através da conversão de zonas úmidas, restauração de salinidade, dentre outras (Rosentreter et al., 2021).

Além de mudanças práticas, a implementação de tecnologias e políticas públicas são necessários para a redução de emissões em taxas suficientemente rápidas para evitar ultrapassar pontos de inflexão perigosos no sistema climático da Terra (Otto et al., 2020) e mais de 56 países passaram a adotar esta estratégia desde 2020 (IPCC, 2023).

2.6. Estudo sobre as emissões de GEEs

2.6.1. Estudo in situ

O estudo e medida de gases atmosféricos começam em 1958 no observatório de Mauna Loa, uma ilha de alta latitude localizada no Havaí, com o objetivo de medir

o aumento do CO₂ atmosférico a longo prazo, tal qual a sua oscilação sazonal, resultados da mudança de comportamento dos sumidouros naturais (Keeling; Bacastow; Bainbridge, 1976). Essas medidas são feitas com sensores infravermelhos que registra a concentração de CO₂ em um fluxo de ar contínuo. Porém este tipo de medida se manteve a nível local e oferece resultados generalizados a nível regional, além dos resultados estarem enviesados nos processos de absorção.

Para isso o TCCON foi desenvolvido, utilizando espectrômetros de Fourier em 26 locais da Terra, que faz medidas de XCO₂, para além de outras GEEs, minimizando os efeitos que os processos biológicos alterem a qualidade da medida (Wunch et al., 2011). Além destas medidas, aprofundando conhecimento acerca de GEEs e mudanças climáticas, o TCCON fornece medidas importantes na validação de sistemas remotos como o GOSAT e OCO-2 (Liang et al., 2017).

2.6.2. *Sensoriamento remoto*

A aplicação do sensoriamento remoto é um vasto tema utilizado para abranger aplicações diferentes como incidência de pragas, doenças, plantas daninhas etc. Para tal, utiliza-se veículos aéreos não tripulados (VANTs), drones e satélites, por exemplo, coletando dados sensíveis ao objeto de estudo (Weiss; Jacob; Duveiller, 2020).

Para o estudo de fontes e sumidouros de XCO₂, os principais sistemas utilizados são o Greenhouse gases Observation Satellite (GOSAT), Carbon Dioxide Observation Satellite (TANSAT), Orbital Carbon Observatory-2 (OCO-2/NASA) (Fang et al., 2023). O OCO-2 apresenta maior volume de dados e qualidade superior quanto comparado com os outros satélites e com o TCCON (Fang et al., 2023; Wunch et al., 2017).

Apesar do CO₂ ser um importante GEE, sua dinâmica é pouco compreendida (Ciais et al., 2019; Li et al., 2020), pois o comportamento das fontes e sumidouros está sujeito a mudanças (Eldering et al., 2017; Jones et al., 2016), demandando diferentes formas de mensuração. Para tal, a fração molar média de CO₂ em coluna de ar seco (XCO₂) é a principal medida de CO₂ disponibilizados por sensoriamento.

A missão OCO-2 foi lançada em 2014, provendo sondagens de XCO₂, a fim de identificar fontes e sumidouros (Hakkarainen et al., 2019) de maneira precisa e espacialmente resolvidas (Liang et al., 2017; Wunch et al., 2017). Ele é feito através de três canais espectrais (ABO₂, WCO₂ e SCO₂) concentrados nas bandas de oxigênio-A (0,765 μm) e CO₂ (1,61 e 2,06 μm), respectivamente (Ott; Weir, 2022), lançados sobre a troposfera (Boesch et al., 2011).

Os dados das sondagens, obtidos pelo OCO-2, são disponibilizados na plataforma Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC). Dentre os produtos disponibilizados, o OCO-2 GOES L3 DAILY oferece sondagens diárias de XCO₂ em resolução de 0,5 x 0,625 graus decimais. Este produto é resultado de interpolações e assimilação de dados através do modelo *Constituent Data Assimilation System* (CoDAS), resultando em sondagens diárias mesmo em cenários de céu nublado, por exemplo (Ott; Weir, 2022), possibilitando diversas pesquisas, como o comportamento do ciclo de carbono global (Eldering et al., 2017) e em agrossistemas, como pastagens, soja e cana-de-açúcar (Morais Filho et al., 2021).

Estudos utilizando o OCO-2 também foram correlacionados com o ENSO e no aumento da AF em 56%, provando a alteração do comportamento da biosfera terrestre e marinho como sumidouros de CO₂ (3,3 ± 0,34 Gt), principalmente pela seca extrema florestas tropicais, contribuindo com a incidência de queimadas (Liu et al., 2017).

2.7. Modelos de cultivo

Para melhor compreender a dinâmica dos cultivos, os modelos matemáticos de sistemas de cultivo vêm sendo amplamente empregados, desempenhando um papel social na provisão de evidências para tomada de decisões (Holzworth et al., 2015). Dentre estes modelos, o World Food Studies (WOFOST) têm sido aplicados nos últimos 28 anos para simular o crescimento e produção de cultivos anuais, como milho (Bassu et al., 2021) e arroz (Confalonieri et al., 2009) para análises quantitativas (de Wit et al., 2019). Este modelo possui uma importante relação com o CO₂, tratando sua assimilação em função de diversos fatores.

Outros modelos amplamente utilizados, capazes de descrever o crescimento potencial dos cultivos, são o SUCROS e o ORYZA (Van Ittersum et al., 2003). Ambos os modelos, assim como o WOFOST, estão fundamentados em uma integração gaussiana que estima a resposta de assimilação de CO₂ em função: da radiação fotossinteticamente ativa (PAR); do coeficiente de extinção luminosa (k); da posição em que a folha se insere no dossel da planta; do índice de área foliar (IAF); e do horário local (Goudriaan, 1986; Van Ittersum et al., 2003).

Porém, além dos fatores já citados, a simulação de produção do WOFOST é baseada em processos eco fisiológicos, que incluem o desenvolvimento fenológico, condições climáticas, propriedades do solo, carbono atmosférico e disponibilidade de água; diferindo dos demais modelos (De Wit; Boogaard, 2021; Holzworth et al., 2015).

2.8. Modelos de aprendizado de máquina

Métodos de aprendizado de máquina, ou machine learning (ML) são algoritmos computacionais que aprendem a partir de um conjunto de dados, cujo objetivo pode variar entre gerar modelos de previsão, classificação ou agrupamentos (Paixão et al., 2022). Existem várias classificações de modelos de ML. Dentre eles, há duas principais: (i) supervisionados e (ii) não supervisionados. Os modelos que fazem previsões são denominados supervisionados e, os mais adotados são as Redes Neurais Artificiais e o Random Forest (RF) (Bentéjac; Csörgő; Martínez-Muñoz, 2021). Já os não supervisionados realizam agrupamentos e classificações (Sathya; Abraham, 2013).

Modelos ML têm ganhado destaque em estudos relacionados a mudanças climáticas (Berrang-Ford et al., 2021; Mansfield et al., 2020) e em pesquisas voltadas para agroecossistemas (da Costa et al., 2022; Weiss; Jacob; Duveiller, 2020). Especificamente, o modelo Random Forest (RF) (Breiman, 2001) tem sido uma ferramenta valiosa na previsão de diversas variáveis no sistema agrícola, como condições meteorológicas, que estão diretamente ligadas à produtividade da cana-de-açúcar (dos Santos Luciano et al., 2021), na avaliação de impactos ambientais causados pela emissão de gases de efeito estufa (GEEs) no cultivo do arroz (Xu et

al., 2021) e melhoria em resultados de sensoriamento remoto em grid para estudos de solos (Hengl et al., 2017).

Porém, modelos de ML possuem sucesso questionável quando aplicado a sistemas multivariados, pois uma das limitações do ML é que ele pode não capturar a complexidade e a incerteza dos processos geofísicos, nem fornecer uma interpretação física dos resultados (Reichstein et al., 2019).

Por isso, alguns pesquisadores propõem combinar modelos físicos baseados em leis e princípios com modelos de aprendizado de máquina, que podem aprender padrões e relações a partir de dados. Esse ensemble pode aproveitar as vantagens de ambos os tipos de modelos, aumentando a precisão, a robustez e a explicabilidade dos fenômenos geofísicos, tais como o comportamento de fontes e sumidouros de GEEs.

2.9. Modelos agrupados

Os modelos agrupados (ensemble models) é uma técnica que consiste na combinação de diversos modelos que oferecem “visões” diferentes sobre o fenômeno estudado. A integração de modelos de ML com modelos mecanísticos (ex.: WOFOST) tem tomado espaço relevante em pesquisas de mudanças climáticas (Kristiansen; Butenschön; Peck, 2024), gases de efeito estufa (Tian; Hu; Deser, 2023) e estimativas de produtividade (Li; Ding; Xu, 2022). Esta integração permite uma visão mais aprofundada, através da: (i) melhora de parametrizações; (ii) simplificações de fenômenos físicos através de ML; (iii) diminuir erros intrínsecos ao modelo físico (Reichstein et al., 2019).

Pesquisas utilizando modelos de ML e o WOFOST já foram realizados para aprimorar a estimativa do índice de área foliar (LAI) (Tian et al., 2017) para o cultivo do arroz. No entanto, não há estudos que utilizem um ensemble para estimar o XCO₂ com base no balanço de carbono do WOFOST. Nossa pesquisa visa preencher essa lacuna teórica.

3. REFERENCIAS

- ALVES, L. M.; CHADWICK, R.; MOISE, A.; BROWN, J.; MARENGO, J. A. Assessment of rainfall variability and future change in Brazil across multiple timescales. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 41, n. S1, 2021.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. ENSO-related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific decadal oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 25, n. 15, p. 2017–2030, 2005.
- BASSU, S.; FUMAGALLI, D.; TORETI, A.; CEGLAR, A.; GIUNTA, F.; MOTZO, R.; ZAJAC, Z.; NIEMEYER, S. Modelling potential maize yield with climate and crop conditions around flowering. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 271, p. 108226, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429021001726>>
- BENTÉJAC, C.; CSÖRGŐ, A.; MARTÍNEZ-MUÑOZ, G. A comparative analysis of gradient boosting algorithms. **Artificial Intelligence Review**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 1937–1967, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10462-020-09896-5>>
- BERRANG-FORD, L. et al. A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change. **Nature Climate Change**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 989–1000, 2021.
- BOESCH, H.; BAKER, D.; CONNOR, B.; CRISP, D.; MILLER, C. Global Characterization of CO₂ Column Retrievals from Shortwave-Infrared Satellite Observations of the Orbiting Carbon Observatory-2 Mission. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 270–304, 2011.
- BOSSIO, D. A.; COOK-PATTON, S. C.; ELLIS, P. W.; FARGIONE, J.; SANDERMAN, J.; SMITH, P.; WOOD, S.; ZOMER, R. J.; VON UNGER, M.; EMMER, I. M.; GRISCOM, B. W. The role of soil carbon in natural climate solutions. **Nature Sustainability**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 391–398, 2020.
- BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001.
- CHEN, J.; XIAO, W.; ZHENG, C.; ZHU, B. Nitrogen addition has contrasting effects on particulate and mineral-associated soil organic carbon in a subtropical forest. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 142, p. 107708, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071720300055>>
- CHEN, X.; HU, Y.; XIA, Y.; ZHENG, S.; MA, C.; RUI, Y.; HE, H.; HUANG, D.; ZHANG, Z.; GE, T.; WU, J.; GUGGENBERGER, G.; KUZYAKOV, Y.; SU, Y. Contrasting pathways of carbon sequestration in paddy and upland soils. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 27, n. 11, p. 2478–2490, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15595>>

CIAIS, P.; TAN, J.; WANG, X.; ROEDENBECK, C.; CHEVALLIER, F.; PIAO, S.-L.; MORIARTY, R.; BROQUET, G.; LE QUÉRÉ, C.; CANADELL, J. G.; PENG, S.; POULTER, B.; LIU, Z.; TANS, P. Five decades of northern land carbon uptake revealed by the interhemispheric CO₂ gradient. **Nature**, [s. l.], v. 568, n. 7751, p. 221–225, 2019.

CONAB. **Arroz - 26/04 a 30/04/2021**, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-de-conjunturas-de-arroz/item/download/36915_668907f2de85aa0d9fa72052d8e63cc3>

CONAB. **Conab - Safra Brasileira de Cana-de-açúcar**. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CONFALONIERI, R.; ACUTIS, M.; BELLOCCHI, G.; DONATELLI, M. Multi-metric evaluation of the models WARM, CropSyst, and WOFOST for rice. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 220, n. 11, p. 1395–1410, 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380009001495>>

CRIPPA, M.; SOLAZZO, E.; GUIZZARDI, D.; MONFORTI-FERRARIO, F.; TUBIELLO, F. N.; LEIP, A. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. **Nature Food**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 198–209, 2021.

DA COSTA, L. M.; DE ARAÚJO SANTOS, G. A.; DE MENDONÇA, G. C.; MORAIS FILHO, L. F. F.; DE MENESES, K. C.; DE SOUZA ROLIM, G.; LA SCALA, N. Spatiotemporal variability of atmospheric CO₂ concentration and controlling factors over sugarcane cultivation areas in southern Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 5694–5717, 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10668-021-01677-6>>

DE WIT, A.; BOOGAARD, H. A gentle introduction to WOFOST. **Wageningen Environmental Research**, [s. l.], p. 47, 2021. Disponível em: <<https://www.wur.nl/en/show/A-gentle-introduction-to-WOFOST.htm>>

DE WIT, A.; BOOGAARD, H.; FUMAGALLI, D.; JANSSEN, S.; KNAPEN, R.; VAN KRAALINGEN, D.; SUPIT, I.; VAN DER WIJNGAART, R.; VAN DIEPEN, K. 25 years of the WOFOST cropping systems model. **Agricultural Systems**, [s. l.], v. 168, p. 154–167, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X17310107>>

DOS SANTOS LUCIANO, A. C.; PICOLI, M. C. A.; DUFT, D. G.; ROCHA, J. V.; LEAL, M. R. L. V.; LE MAIRE, G. Empirical model for forecasting sugarcane yield on a local scale in Brazil using Landsat imagery and random forest algorithm. **Computers and Electronics in Agriculture**, [s. l.], v. 184, p. 106063, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168169921000818>>

ELDERING, A.; WENBERG, P. O.; CRISP, D.; SCHIMEL, D. S.; GUNSON, M. R.; CHATTERJEE, A.; LIU, J.; SCHWANDNER, F. M.; SUN, Y.; O'DELL, C. W.; FRANKENBERG, C.; TAYLOR, T.; FISHER, B.; OSTERMAN, G. B.; WUNCH, D.; HAKKARAINEN, J.; TAMMINEN, J.; WEIR, B. The Orbiting Carbon Observatory-2 early science investigations of regional carbon dioxide fluxes. **Science**, [s. l.], v. 358, n. 6360, 2017.

FANG, J.; CHEN, B.; ZHANG, H.; DILAWAR, A.; GUO, M.; LIU, C.; LIU, S.; GEMECHU, T. M.; ZHANG, X. Global Evaluation and Intercomparison of XCO₂ Retrievals from GOSAT, OCO-2, and TANSAT with TCCON. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 15, n. 20, 2023.

FERREIRA BARBOSA, M. L.; DELGADO, R. C.; FORSAD DE ANDRADE, C.; TEODORO, P. E.; SILVA JUNIOR, C. A.; WANDERLEY, H. S.; CAPRISTO-SILVA, G. F. Recent trends in the fire dynamics in Brazilian Legal Amazon: Interaction between the ENSO phenomenon, climate and land use. **Environmental Development**, [s. l.], v. 39, p. 100648, 2021.

FLACK-PRAIN, S.; SHI, L.; ZHU, P.; ROCHA, H. R.; CABRAL, O.; HU, S.; WILLIAMS, M. The impact of climate change and climate extremes on sugarcane production. **GCB Bioenergy**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 408–424, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcbb.12797>>

GEORGIU, K.; JACKSON, R. B.; VINDUŠKOVÁ, O.; ABRAMOFF, R. Z.; AHLSTRÖM, A.; FENG, W.; HARDEN, J. W.; PELLEGRINI, A. F. A.; POLLEY, H. W.; SOONG, J. L.; RILEY, W. J.; TORN, M. S. Global stocks and capacity of mineral-associated soil organic carbon. **Nature Communications**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2022.

GOUDRIAAN, J. A simple and fast numerical method for the computation of daily totals of crop photosynthesis. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 38, n. 1–3, p. 249–254, 1986. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0168192386900638>>

GOWRISANKAR, A.; PRIYANKA, T. M. C.; SAHA, A.; RONDONI, L.; KAMRUL HASSAN, Md.; BANERJEE, S. Greenhouse gas emissions: A rapid submerge of the world. **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 061104, 2022. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/cha/article/32/6/061104/2835759/Greenhouse-gas-emissions-A-rapid-submerge-of-the>>

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 35–58, 2000.

HAJIMA, T.; WATANABE, M.; YAMAMOTO, A.; TATEBE, H.; NOGUCHI, M. A.; ABE, M.; OHGAI, R.; ITO, A.; YAMAZAKI, D.; OKAJIMA, H.; ITO, A.; TAKATA, K.; OGOCHI, K.; WATANABE, S.; KAWAMIYA, M. Development of the MIROC-ES2L Earth system model and the evaluation of biogeochemical processes and feedbacks. **Geoscientific Model Development**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 2197–2244, 2020.

HAKKARAINEN, J.; IALONGO, I.; MAKSYUTOV, S.; CRISP, D. Analysis of Four Years of Global XCO₂ Anomalies as Seen by Orbiting Carbon Observatory-2. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 850, 2019.

HENGL, T.; MENDES DE JESUS, J.; HEUVELINK, G. B. M.; RUIPEREZ GONZALEZ, M.; KILIBARDA, M.; BLAGOTIĆ, A.; SHANGGUAN, W.; WRIGHT, M. N.; GENG, X.; BAUER-MARSCHALLINGER, B.; GUEVARA, M. A.; VARGAS, R.; MACMILLAN, R. A.; BATJES, N. H.; LEENAARS, J. G. B.; RIBEIRO, E.; WHEELER, I.; MANTEL, S.; KEMPEN, B. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. e0169748, 2017. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0169748>>

HOLZWORTH, D. P.; SNOW, V.; JANSSEN, S.; ATHANASIADIS, I. N.; DONATELLI, M.; HOOGENBOOM, G.; WHITE, J. W.; THORBURN, P. Agricultural production systems modelling and software: Current status and future prospects. **Environmental Modelling & Software**, [s. l.], v. 72, p. 276–286, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815214003703>>

HUMPENÖDER, F.; BODIRSKY, B. L.; WEINDL, I.; LOTZE-CAMPEN, H.; LINDER, T.; POPP, A. Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein. **Nature**, [s. l.], v. 605, n. 7908, p. 90–96, 2022.

HUSSAIN, S.; ULHASSAN, Z.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; ZHOU, W.; ALLAKHVERDIEV, S. I.; YANG, X.; SAFDAR, M. E.; YANG, W.; LIU, W. Photosynthesis research under climate change. **Photosynthesis Research**, [s. l.], v. 150, n. 1–3, p. 5–19, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s11120-021-00861-z>>

IPCC. AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. [s. l.], 2023. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>>

IPCC; DENMAN, K. L.; BRASSEUR, A.; CHIDTHAISONG, A.; CLAIS, P. E.; HOLLAND, O.; LOHMANN, U. J.; RAMACHANDRAM, S.; SILVA, D. F. L. Coupling Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. **The Physical Science Basis Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Inter governmental Panel on Climate Change**, [s. l.], p. 499–587, 2007. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-frontmatter-1.pdf>>

JÄGERMEYR, J.; MÜLLER, C.; RUANE, A. C.; ELLIOTT, J.; BALKOVIC, J.; CASTILLO, O.; FAYE, B.; FOSTER, I.; FOLBERTH, C.; FRANKE, J. A.; ZABEL, F.; ROSENZWEIG, C. Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. **Nature Food**, [s. l.], v. 2, n. 11, p. 873–885, 2021.

JONES, C. D.; CIAIS, P.; DAVIS, S. J.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GASSER, T.; PETERS, G. P.; ROGELJ, J.; VAN VUUREN, D. P.; CANADELL, J. G.; COWIE, A.; JACKSON, R. B.; JONAS, M.; KRIEGLER, E.; LITTLETON, E.; LOWE, J. A.; MILNE, J.; SHRESTHA, G.; SMITH, P.; TORVANGER, A.; WILTSHIRE, A. Simulating the Earth system response to negative emissions. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 11, n. 9, p. 095012, 2016.

KEELING, C. D.; BACASTOW, R. B.; BAINBRIDGE, A. E. Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. **TELLUS**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 538–551, 1976.

KHATRI-CHHETRI, A.; SAPKOTA, T. B.; SANDER, B. O.; ARANGO, J.; NELSON, K. M.; WILKES, A. Financing climate change mitigation in agriculture: assessment of investment cases. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 16, n. 12, p. 124044, 2021. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac3605>>

KIMBALL, B. A. Crop responses to elevated CO₂ and interactions with H₂O, N, and temperature. **Current Opinion in Plant Biology**, [s. l.], v. 31, p. 36–43, 2016.

KINLEY, R. D.; MARTINEZ-FERNANDEZ, G.; MATTHEWS, M. K.; DE NYS, R.; MAGNUSSON, M.; TOMKINS, N. W. Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 259, p. 120836, 2020.

KRISTIANSEN, T.; BUTENSCHÖN, M.; PECK, M. A. Statistically downscaled CMIP6 ocean variables for European waters. **Scientific Reports 2024 14:1**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–20, 2024. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-024-51160-1>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

KWEKU, D.; BISMARCK, O.; MAXWELL, A.; DESMOND, K.; DANSO, K.; OTI-MENSAH, E.; QUACHIE, A.; ADORMAA, B. Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. **Journal of Scientific Research and Reports**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 1–9, 2018. Disponível em: <<https://www.journaljsrr.com/index.php/JSRR/article/view/22190>>

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 91, n. 1–2, p. 244–248, 2006.

LEHMANN, J.; HANSEL, C. M.; KAISER, C.; KLEBER, M.; MAHER, K.; MANZONI, S.; NUNAN, N.; REICHSTEIN, M.; SCHIMMEL, J. P.; TORN, M. S.; WIEDER, W. R.; KÖGEL-KNABNER, I. Persistence of soil organic carbon caused by functional complexity. **Nature Geoscience**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 529–534, 2020. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41561-020-0612-3>>

LI, H.; YU, C.; QIN, B.; LI, Y.; JIN, J.; LUO, L.; WU, Z.; SHI, K.; ZHU, G. Modeling the Effects of Climate Change and Land Use/Land Cover Change on Sediment Yield in a Large Reservoir Basin in the East Asian Monsoonal Region. **Water**, [s. l.], v. 14, n. 15, p. 2346, 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/14/15/2346>>

LI, X.; HU, X.; CAI, C.; JIA, Q.; ZHANG, Y.; LIU, J.; XUE, M.; XU, J.; WEN, R.; CROWELL, S. M. R. Terrestrial CO₂ Fluxes, Concentrations, Sources and Budget in Northeast China: Observational and Modeling Studies. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, [s. l.], v. 125, n. 6, 2020.

LI, Z.; DING, L.; XU, D. Exploring the potential role of environmental and multi-source satellite data in crop yield prediction across Northeast China. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 815, p. 152880, 2022. Acesso em: 13 fev. 2024.

LIANG, A.; GONG, W.; HAN, G.; XIANG, C. Comparison of satellite-observed XCO₂ from GOSAT, OCO-2, and ground-based TCCON. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 9, n. 10, 2017.

LIU, J.; BOWMAN, K. W.; SCHIMMEL, D. S.; PARAZOO, N. C.; JIANG, Z.; LEE, M.; BLOOM, A. A.; WUNCH, D.; FRANKENBERG, C.; SUN, Y.; O'DELL, C. W.; GURNEY, K. R.; MENEMENLIS, D.; GIERACH, M.; CRISP, D.; ELDERING, A. Contrasting carbon cycle responses of the tropical continents to the 2015–2016 El Niño. **Science**, [s. l.], v. 358, n. 6360, 2017.

LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; LEAKEY, A. D. B.; NÖSBERGER, J.; ORT, D. R. Food for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO₂ Concentrations. **Science**, [s. l.], v. 312, n. 5782, p. 1918–1921, 2006. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1114722>>

MANSFIELD, L. A.; NOWACK, P. J.; KASOAR, M.; EVERITT, R. G.; COLLINS, W. J.; VOULGARAKIS, A. Predicting global patterns of long-term climate change from short-term simulations using machine learning. **npj Climate and Atmospheric Science**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 44, 2020.

MARIN, F. R.; JONES, J. W.; SINGELS, A.; ROYCE, F.; ASSAD, E. D.; PELLEGRINO, G. Q.; JUSTINO, F. Climate change impacts on sugarcane attainable yield in southern Brazil. **Climatic Change**, [s. l.], v. 117, n. 1–2, p. 227–239, 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10584-012-0561-y>>

MONTINI, M. The Impact of International Treaties on Climate Change in SEE Countries. Em: **NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security**. [s.l: s.n.]. v. 104p. 59–75.

MOR, S.; ANEJA, R.; MADAN, S.; GHIMIRE, M. Kyoto Protocol and Paris Agreement: Transition from Bindings to Pledges – A Review. **Millennial Asia**, [s. l.], p. 097639962211415, 2023. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/09763996221141546>>

MORAIS FILHO, L. F. F.; MENESES, K. C. De; SANTOS, G. A. de A.; BICALHO, E. da S.; ROLIM, G. de S.; LA SCALA JR, N. xCO₂ temporal variability above Brazilian agroecosystems: A remote sensing approach. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 288, p. 112433, 2021.

OTT, Lesley.; WEIR, Brad. OCO-2 GEOS Level 3 daily, 0.5x0.625 assimilated CO₂ V10r. **Greenbelt, MD, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC)**, [s. l.], p. 10, 2022. Disponível em: <https://docserver.gesdisc.eosdis.nasa.gov/public/project/OCO/README_OCO2_GEOS.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2023.

OTTO, I. M.; DONGES, J. F.; CREMADES, R.; BHOWMIK, A.; HEWITT, R. J.; LUCHT, W.; ROCKSTRÖM, J.; ALLERBERGER, F.; MCCAFFREY, M.; DOE, S. S. P.; LENFERNA, A.; MORÁN, N.; VAN VUUREN, D. P.; SCHELLNHUBER, H. J. Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 117, n. 5, p. 2354–2365, 2020.

PAIXÃO, G. M. de M.; SANTOS, B. C.; ARAUJO, R. M. De; RIBEIRO, M. H.; MORAES, J. L. De; RIBEIRO, A. L. Machine Learning na Medicina: Revisão e Aplicabilidade. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s. l.], v. 118, n. 1, p. 95–102, 2022.

PEREIRA, M. P. S.; MENDES, K. R.; JUSTINO, F.; COUTO, F.; DA SILVA, A. S.; DA SILVA, D. F.; MALHADO, A. C. M. Brazilian Dry Forest (Caatinga) Response To Multiple ENSO: the role of Atlantic and Pacific Ocean. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 705, p. 135717, 2020.

REICHSTEIN, M.; CAMPS-VALLS, G.; STEVENS, B.; JUNG, M.; DENZLER, J.; CARVALHAIS, N.; PRABHAT. Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. **Nature**, [s. l.], v. 566, n. 7743, p. 195–204, 2019. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41586-019-0912-1>>

ROSENTRETER, J. A.; BORGES, A. V.; DEEMER, B. R.; HOLGERSON, M. A.; LIU, S.; SONG, C.; MELACK, J.; RAYMOND, P. A.; DUARTE, C. M.; ALLEN, G. H.; OLEFELDT, D.; POULTER, B.; BATTIN, T. I.; EYRE, B. D. Half of global methane emissions come from highly variable aquatic ecosystem sources. **Nature Geoscience**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 225–230, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41561-021-00715-2>>

SATHYA, R.; ABRAHAM, A. Comparison of Supervised and Unsupervised Learning Algorithms for Pattern Classification. **International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence**, [s. l.], v. 2, n. 2, 2013.

SCHLEUSSNER, C.-F.; FYSON, C. L. Scenarios science needed in UNFCCC periodic review. **Nature Climate Change**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 272, 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41558-020-0729-9>>

SEMENOV, V. A. Modern Arctic Climate Research: Progress, Change of Concepts, and Urgent Problems. **Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 18–28, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1134/S0001433821010114>>

SUN, Q.; ZHAO, Y.; ZHANG, Y.; CHEN, S.; YING, Q.; LV, Z.; CHE, X.; WANG, D. Heat stress may cause a significant reduction of rice yield in China under future climate scenarios. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 818, p. 151746, 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721068224>>

TIAN, L.; LIU, X.; ZHANG, B.; LIU, M.; WU, L. Extraction of Rice Heavy Metal Stress Signal Features Based on Long Time Series Leaf Area Index Data Using Ensemble Empirical Mode Decomposition. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 2017, Vol. 14, Page 1018, [s. l.], v. 14, n. 9, p. 1018, 2017. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1660-4601/14/9/1018/htm>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

TIAN, Y.; HU, S.; DESER, C. Critical role of biomass burning aerosols in enhanced historical Indian Ocean warming. **Nature Communications** 2023 14:1, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–8, 2023. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41467-023-39204-y>>. Acesso em: 13 fev. 2024.

TORABI HAGHIGHI, A.; ABOU ZAKI, N.; ROSSI, P. M.; NOORI, R.; HEKMATZADEH, A. A.; SAREMI, H.; KLØVE, B. Unsustainability Syndrome—From Meteorological to Agricultural Drought in Arid and Semi-Arid Regions. **Water**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 838, 2020.

TUBIELLO, F. N. Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks: 1990-2011 Analysis. **FAO**, [s. l.], v. 2, p. 91, 2014.

TUDI, M.; DANIEL RUAN, H.; WANG, L.; LYU, J.; SADLER, R.; CONNELL, D.; CHU, C.; PHUNG, D. T. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 1112, 2021.

UNFCCC. The Paris Agreement | UNFCCC. **United Nations Climate Change**, [s. l.], 2023. Disponível em: <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>>

VAN ITTERSUM, M. K.; LEFFELAAR, P. A.; VAN KEULEN, H.; KROPFF, M. J.; BASTIAANS, L.; GOUDRIAAN, J. On approaches and applications of the Wageningen crop models. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 18, n. 3–4, p. 201–234, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030102001065>>

WEISS, M.; JACOB, F.; DUVEILLER, G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. **Remote Sensing of Environment**, [s. l.], v. 236, p. 111402, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425719304213>>

WUNCH, D.; TOON, G. C.; BLAVIER, J.-F. L.; WASHENFELDER, R. A.; NOTHOLT, J.; CONNOR, B. J.; GRIFFITH, D. W. T.; SHERLOCK, V.; WENBERG, P. O. The Total Carbon Column Observing Network. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, [s. l.], v. 369, n. 1943, p. 2087–2112, 2011.

WUNCH, D.; WENBERG, P. O.; OSTERMAN, G.; FISHER, B.; NAYLOR, B.; ROEHL, C. M.; O'DELL, C.; MANDRAKE, L.; VIATTE, C.; KIEL, M.; GRIFFITH, D. W. T.; DEUTSCHER, N. M.; VELAZCO, V. A.; NOTHOLT, J.; WARNEKE, T.; PETRI, C.; DE MAZIERE, M.; SHA, M. K.; SUSSMANN, R.; RETTINGER, M.; POLLARD, D.; ROBINSON, J.; MORINO, I.; UCHINO, O.; HASE, F.; BLUMENSTOCK, T.; FEIST, D. G.; ARNOLD, S. G.; STRONG, K.; MENDONCA, J.; KIVI, R.; HEIKKINEN, P.; IRACI, L.; PODOLSKE, J.; HILLYARD, P. W.; KAWAKAMI, S.; DUBEY, M. K.; PARKER, H. A.; SEPULVEDA, E.; GARCÍA, O. E.; TE, Y.; JESECK, P.; GUNSON, M. R.; CRISP, D.; ELDERING, A. Comparisons of the Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2) CO_2 measurements with TCCON. **Atmospheric Measurement Techniques**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 2209–2238, 2017. Disponível em: <<https://amt.copernicus.org/articles/10/2209/2017/>>. Acesso em: 26 nov. 2023.

XU, X.; OUYANG, X.; GU, Y.; CHENG, K.; SMITH, P.; SUN, J.; LI, Y.; PAN, G. Climate change may interact with nitrogen fertilizer management leading to different ammonia loss in China's croplands. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 27, n. 24, p. 6525–6535, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.15874>>

ZENG, Z.; WANG, D.; YANG, L.; WU, J.; ZIEGLER, A. D.; LIU, M.; CIAIS, P.; SEARCHINGER, T. D.; YANG, Z.-L.; CHEN, D.; CHEN, A.; LI, L. Z. X.; PIAO, S.; TAYLOR, D.; CAI, X.; PAN, M.; PENG, L.; LIN, P.; GOWER, D.; FENG, Y.; ZHENG, C.; GUAN, K.; LIAN, X.; WANG, T.; WANG, L.; JEONG, S.-J.; WEI, Z.; SHEFFIELD, J.; CAYLOR, K.; WOOD, E. F. Deforestation-induced warming over tropical mountain regions regulated by elevation. **Nature Geoscience**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 23–29, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41561-020-00666-0>>

CAPÍTULO 2 – Estimativa de XCO₂ em cultivos de cana-de-açúcar e arroz com um ensemble de WOFOST e Random Forest

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delimitação das localidades de estudo

Para a definição das regiões produtoras mais influentes do Brasil, a consulta de dados de área colhida e produção foram obtidas do SIDRA (Figura 1). O critério utilizado foi a média de produção no período de 2015 a 2022, visando a obtenção de dados atuais. Para a produção de arroz, os municípios selecionados foram: (i) Uruguaiana e Santa Vitória do Palmar, no estado do Rio Grande do Sul; (ii) Turvo e Forquilha, no estado de Santa Catarina. Para a produção de cana-de-açúcar foram selecionadas as cidades de: (i) Morro Agudo e Barretos, no estado de São Paulo; (ii) Quirinópolis e Goiatuba, no estado de Goiás.

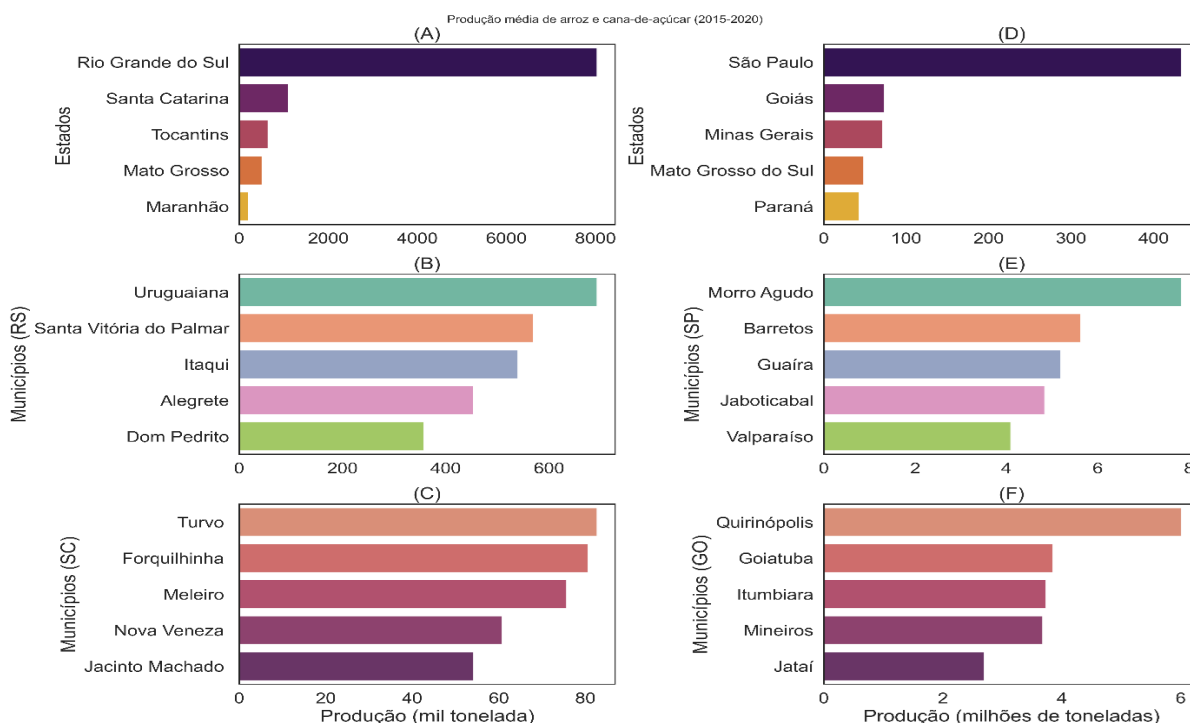


Figura 1. Gráfico de produção média de arroz (A-C) e cana-de-açúcar (D-F) no período de 2015 a 2022.

4.2. Obtenção de dados

Foram consultados os seguintes valores para os mesmos pontos nos bancos de dados adequados: (1) Meteorológicos (NASA Power); (2) XCO₂ (NASA OCO-2); (3) Produtividade (SIDRA). A série histórica analisada foi de 1984 a 2022, ou seja, 38 anos de informações de área colhida e produtividade, de acordo com a disponibilidade de dados climáticos e XCO₂ de cada região (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das fontes de dados com suas respectivas resoluções espaciais e temporais.

Fonte de dados	Resolução espacial (km)	Resolução temporal
NASA Power		
NASA OCO-2	55,65 x 69,5746	diário
WOFOST		
SIDRA-IBGE	Município	anual

A extração e composição da série histórica de XCO₂ foi realizado através do emprego do pacote python XCODEX, descrito na **sessão 9.3**. Os dados disponíveis de XCO₂ registrados são de janeiro de 2015 a março de 2022.

4.3. Modelo WOFOST

O ambiente utilizado para gerar os dados foi desenvolvido em Wageningen, originalmente na linguagem FORTRAN e, posteriormente, foi desenvolvido em Python, dando origem ao Python Crop Simulation Environment (PCSE) (de Wit; Boogaard, 2021). Um de seus componentes é o WOFOST que, para sua utilização, faz uso de diferentes arquivos de entrada contendo os parâmetros necessários. O modelo é amplamente documentado e descreve, de maneira detalhada, os parâmetros de uso do modelo que são: (i) cultivo simulada; (ii) solo; (iii) manejo do cultivo; e (iv) dados climáticos.

Três níveis hierárquicos de produção são definidos dentro do WOFOST: no primeiro nível, denominado potencial, o crescimento é limitado por variáveis climáticas, e características intrínsecas a planta; no segundo nível, limitado, o efeito

da disponibilidade hídrica é adicionado ao primeiro nível, considerando as ocorrências de chuva e da evapotranspiração; e no terceiro nível, reduzido, fatores relacionados aos efeitos redutores, como pragas, doenças e plantas daninhas. O cultivo da cana-de-açúcar foi tratado no segundo nível de hierarquia, pois se trata de um cultivo não irrigado, enquanto o arroz foi tratado no primeiro nível, pois considerou-se o manejo por inundação.

4.3.1. Condições climáticas

Variáveis meteorológicas diárias como temperatura máxima e mínima, pressão de vapor, vento, precipitação, irradiação solar global e saldo de radiação são utilizadas. Além disso a evapotranspiração potencial (ET_0) é calculado segundo o método de Penman-Monteith (PM, FAO 1998). Em sua composição, o modelo WOFOST é capaz de extrair esses dados diretamente do NASA Power, através de uma API.

Além do uso de dados climáticos na estimativa de produtividade pelo WOFOST, os elementos meteorológicos foram utilizados na conversão de unidades de XCO_2 em ppm para kg de CO_2 , como detalhado na **sessão 5.2**.

4.3.2. Condições do solo

No cálculo da evapotranspiração de referência, cujos dados climáticos são fornecidos pelo NASA Power, o método de PM é utilizado. Esta variável, no WOFOST, é importante devido à mudança de comportamento da água em diferentes tipos de solo onde, desta forma, cada região foi tratada diferentemente (Tabela 2). Para cada tipo de solo existe um arquivo utilizado para adequar os cultivos simulados, que descrevem as propriedades físicas e de retenção no perfil do solo (Tabela 3), possibilitando o cálculo do balanço hídrico e, por conseguinte, a estimativa diária da umidade disponível para a fotossíntese e evapotranspiração do cultivo (de Wit; Boogaard, 2021).

Tabela 2. Classificação de solos (Embrapa, 2023) em cada município, selecionados segundo o critério.

Município	Solo	Arquivo
Uruguaiana (RS)	Chernossolos Ebanicos Orticos	
Santa Vitória do Palmar (RS)	Planossolos Háplico Eutrófico	EC3
Turvo (SC)	Cambissolo Háplico Distrófico	
Forquilha (SC)	Argissolo vermelho-amarelo distrófico	
Morro Agudo (SP)		
Barretos (SP)	Latossolo vermelho distroférico	EC4
Quirinópolis (GO)		
Goiatuba (GO)		

Tabela 3. Descrição das variáveis atribuídas aos solos sob restrição hídrica com capacidade de drenagem.

Nome da variável	Descrição
SMFCF	Capacidade de campo
SMO	Porosidade
SMW	Ponto de murcha permanente
CRAIRCR	Conteúdo crítico de ar
SOPE	Taxa de percolação máxima na zona radicular
KSUB	Taxa de percolação máxima em subsuperfície
RDMSOL	Profundidade da zona radicular
IFUNRN	Indicativo de água não infiltrada
SSMAX	Armazenamento superficial máxima
SSI	Armazenamento superficial inicial
WAV	Quantidade inicial de água em todo o perfil
NOTINF	Fração máxima de chuva não infiltrada no solo

4.3.3. *Cultivo e manejo*

A seleção dos cultivos é realizada através de arquivos que contém os parâmetros referente à estas. Para a cana-de-açúcar, foi selecionado o arquivo “sugarcane.yaml” e, para o arroz, “rice.yaml”. Este formato de arquivo atribui valores numéricos aos parâmetros dos cultivos. O mesmo princípio se aplica ao arquivo de manejo que descreve, principalmente, a data de início e fim do ciclo. Foi considerado, para cana-de-açúcar e arroz, um ciclo de 365 e 140 dias, respectivamente. Estes arquivos possuem calibrações descritas por Van Ittersum et al. (2003) e, os parâmetros que não foram calibrados (**sessão 5.1**) mantiveram os valores originais.

Ademais, os arquivos permitem calcular a fenologia do cultivo, descrita pelo estágio de desenvolvimento (DVS). Este fator é calculado pela relação dos graus dia (GD) e dos GD acumulado, necessários para passar de estágio fenológico (de Wit; Boogaard, 2021). Os valores retornados são: 0, 1 e 2, para emergência, florescimento e maturidade, respectivamente. Este parâmetro é de suma importância para determinar o IAF e a taxa máxima de assimilação de CO₂.

O cálculo de IAF, descrito na equação (4), é baseado no método proposto por (Koetz et al., 2005), que o descreve em duas partes: crescimento e senescência.

$$IAF = IAF_{amp} \left[\frac{1}{1 + e^{-b(T-T_i)}} - e^{-a(T-T_s)} \right] \quad (4)$$

em que: IAF_{amp} = amplitude máxima do IAF; b = taxa relativa de crescimento; T = temperatura média acumulada (°C); T_i = temperatura acumulada no crescimento (°C); a = taxa relativa de senescência; T_s = temperatura acumulada na senescência (°C).

As variáveis b e T_i descrevem a dinâmica do dossel antes de atingir o valor máximo de IAF, enquanto as variáveis a e T_s descrevem o período após atingir a senescência, onde há decréscimo deste valor por desfolha. Esta dinâmica no cálculo do IAF, em função do DVS, permite compreender a assimilação de carbono e a distribuição de biomassa para as outras estruturas de reserva.

4.3.4. Dióxido de carbono

O CO₂, para o nível limitado de produção, é calculado a partir dos foto assimilados estimados. Na prática, o WOFOST estima o CO₂ necessário para o desenvolvimento do cultivo, a fim de realizar a simulação.

O cálculo do CO₂ absorvido, no modelo WOFOST, é distinguido em duas etapas: (i) CO₂ bruto assimilado pelo dossel; e (ii) CO₂ para manutenção. Segundo o método de Goudriaan (1986), a assimilação realizada resulta da integração da equação hiperbólica (5) em função do IAF, gerando a equação (6)

$$A = \frac{A_m e PAR}{A_m + e PAR} \quad (5)$$

sendo: A ($\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$) = resposta da curva de assimilação do dossel; PAR (W m^{-2}) = radiação fotossinteticamente ativa; A_m ($\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$) = assimilação máxima (quando saturada por radiação); e ($\mu\text{g J}^{-1}$) = eficiência luminosa inicial.

$$A_{total} = \int_0^{IAF} \frac{A_m e k I_o e^{-kL} dL}{A_m + e k I_o e^{-kL}} = \frac{A_m}{k} \ln\left(\frac{A_m + e k I_o}{A_m + e k I_o e^{-kIAF}}\right) \quad (6)$$

sendo: $A_{total} = A_m$ ($\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$) = assimilação máxima de CO_2 atmosférico pelo dossel; e ($\mu\text{g J}^{-1}$) = eficiência luminosa inicial igual a 10 (adimensional); k = coeficiente de extinção; I_o (W m^{-2}) = fluxo de PAR que atinge o topo do dossel; L (profundidade de área foliar); IAF (índice de área foliar) (Goudriaan, 1986).

A partir do C assimilado, sub-rotinas do WOFOST calculam os gastos para manutenção e respiração do cultivo. Este é realizado proporcionalmente ao conteúdo de matéria seca (MS) contida nos órgãos em questão, para cada qual possui um coeficiente de manutenção. Sendo assim, o somatório do produto entre a MS dos órgãos de reserva e este coeficiente, sucede na produção total do cultivo ($TAGP$). Neste momento, é obtido os resultados de produção potencial da planta, onde há expressão gênica total, frente as variações climáticas (nível 1) e, posteriormente, corrigido para o déficit hídrico (nível 2).

Tabela 4. Descrição dos resultados da simulação de produção do modelo WOFOST e suas respectivas escalas de grandeza.

RESULTADO	DESCRIÇÃO	ESCALA
DVS	Estádio de desenvolvimento do cultivo	-
LAI	Índice de área foliar	m m^{-1}
TAGP	Produção total acima do solo	
TWSO	Massa seca total de órgãos de reserva	kg ha^{-1}
TWLV	Massa seca total de folhas	
TWST	Massa seca total de galhos/colmos	
TRA	Taxa de transpiração	mm d^{-1}

RFTRA	Fator de redução na taxa de transpiração	-
RD	Profundidade da zona radicular	cm
WWLOW	Umidade total do perfil do solo	
SM	Umidade de solo	cm ³ cm ⁻³
GASST	Assimilação bruta total	
MREST	Respiração de manutenção total	
MRES	Taxa respiratória de manutenção real	kg CH ₂ O ha ⁻¹
PGASS	Taxa de assimilação potencial	
GASS	Taxa de assimilação corrigida para estresse hídrico	
ASRC	Assimilado líquido disponível	
PMRES	Taxa Potencial de respiração para manutenção	kg CH ₂ O ha ⁻¹ d ⁻¹
DTGA	Assimilação bruta diária total	

Os resultados descritos na Tabela 4 foram utilizados como variáveis dependentes e o XCO₂ observado (OCO-2) foi utilizado como variável independente para o treinamento do modelo RF.

4.4. Calibração do WOFOST

Os parâmetros e valores iniciais, contidos nos arquivos “sugarcane.yaml” e “rice.yaml”, estão descritos em Hu et al. (2019) e Confalonieri et al. (2009), respectivamente. Os valores não calibrados, mantiveram àqueles definidos por Van Ittersum et al. (2003). Os valores máximos e mínimos para os parâmetros calibrados estão documentados em de Wit e Boogaard (2021). Para a calibração, utilizou-se o pacote python *Non-Linear optimization* (NLOpt) (Johnson, 2021) com o algoritmo Constrained Optimization BY Linear Approximations (COBYLA) (Powell, 1994). A seleção ótima dos parâmetros foi obtida pelo desvio de produtividade da simulação (Moon; Sim; Son, 2023), pelo WOFOST, em comparação com as produtividades observadas no SIDRA. Essa calibração foi realizada para cada ano da série histórica (1984 – 2021), com suas respectivas produtividades e manejos (contido nos arquivos “.agro”).

O algoritmo COBYLA, uma implementação derivada do trabalho de Powell (1994) no NLOpt, é projetado para otimização sem derivadas com restrições de desigualdade e igualdade não lineares. Ele constrói aproximações lineares sucessivas da função objetivo e das restrições por meio de uma solução ótima (simplex) de n+1

pontos (em n dimensões), otimizando essas aproximações em uma região de confiança a cada passo.

Além disso, incorpora todos os critérios de término do NLOpt, adiciona suporte explícito para restrições de limite e permite o aumento do raio da região de confiança se a melhoria prevista estiver correta e o simplex estiver adequado. Os passos do simplex são pseudo-aleatorizados para melhorar a robustez, evitando passos acidentais que não melhoram o condicionamento, mantendo o algoritmo determinístico através do uso de um valor inicial.

4.5. Correlação de Spearman

Para correlacionar a assimilação bruta diária (DTGA), resultado do balanço de carbono do modelo WOFOST, com a concentração de CO₂ atmosférico (kg ha⁻¹, **sessão 5.2**) foi utilizado a seguinte fórmula para determinação do coeficiente de correlação de Spearman (7):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (7)$$

em que: ρ é a correlação de Spearman; d_i é a diferença entre os postos de cada par de dados (x_i, y_i); n é o número total de pares de dados.

4.6. Tratamento de outliers

Não houve tratamento de outliers, pois diante da calibração realizada (**sessão 5.1**), onde as produtividades observadas (SIDRA-IBGE) e estimadas (WOFOST) obtiveram diferença na ordem de gramas, todos os resultados foram mantidos, mesmo possuindo comportamento anômalo.

4.7. Random Forest

O pacote utilizado para o treinamento e teste dos modelos globais, cana e arroz, foi o Random Forest Regressor, da biblioteca Scikit-Learn. Os resultados do WOFOST, que foram utilizados como variáveis dependentes, foram padronizados em

desvios-padrão. Após a padronização, os resultados do WOFOST foram separados para treinamento e teste do modelo RF, correspondendo a 70 e 30%, respectivamente.

O método GridSearchCV, que busca exaustivamente a melhor combinação de parâmetros, foi usado para selecionar o número de estimadores e o critério de qualidade de regressão. O critério “*friedman_mse*” foi escolhido, com 1200, 1400 e 1350 estimadores para os modelos RF global (cana+arroz), cana-de-açúcar e arroz, respectivamente. A profundidade máxima dos estimadores foi de 45 para o modelo global e 40 para os outros dois.

Após treinar e testar cada modelo com esses parâmetros, as métricas foram calculadas. Para a validação do modelo, foram avaliados a raiz do erro quadrático médio (RMSE, 8), coeficiente de determinação ajustado (R^2 adj, 9), e erro absoluto médio (MAE, 10).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - y_i)^2}{N - 1}} \quad (8)$$

$$R^2 \text{ adj} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (9)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \tilde{y}_i| \quad (10)$$

Onde: \tilde{y}_i é o valor estimado; y_i é o valor observado; \bar{y}_i é a média dos valores observados; N o número total de observações.

As features que constituem o modelo RF foram submetidos a análise de Shapley Additive Explanations (SHAP) (Lundberg; Lee, 2017) para explicar a importância destas. Os valores de SHAP fornecem uma perspectiva de contribuição de cada característica para a previsão de um modelo, levando em consideração a ordem em que essas são adicionadas ao modelo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Calibração dos parâmetros de cultivo

A calibração dos cultivos foram feitas para que o modelo WOFOST simule a produtividade, provendo dados de desenvolvimento com o mínimo de erros, permitindo a análise do balanço de carbono e, por conseguinte, a estimação acurada de XCO₂.

Os parâmetros de cada cultivo, local e ano safra foram otimizados para suas respectivas produtividades. Após a calibração, as produtividades foram comparadas entre a estimada pelo WOFOST e observados pelo SIDRA com R²=1 em todos os casos (Figura 2).

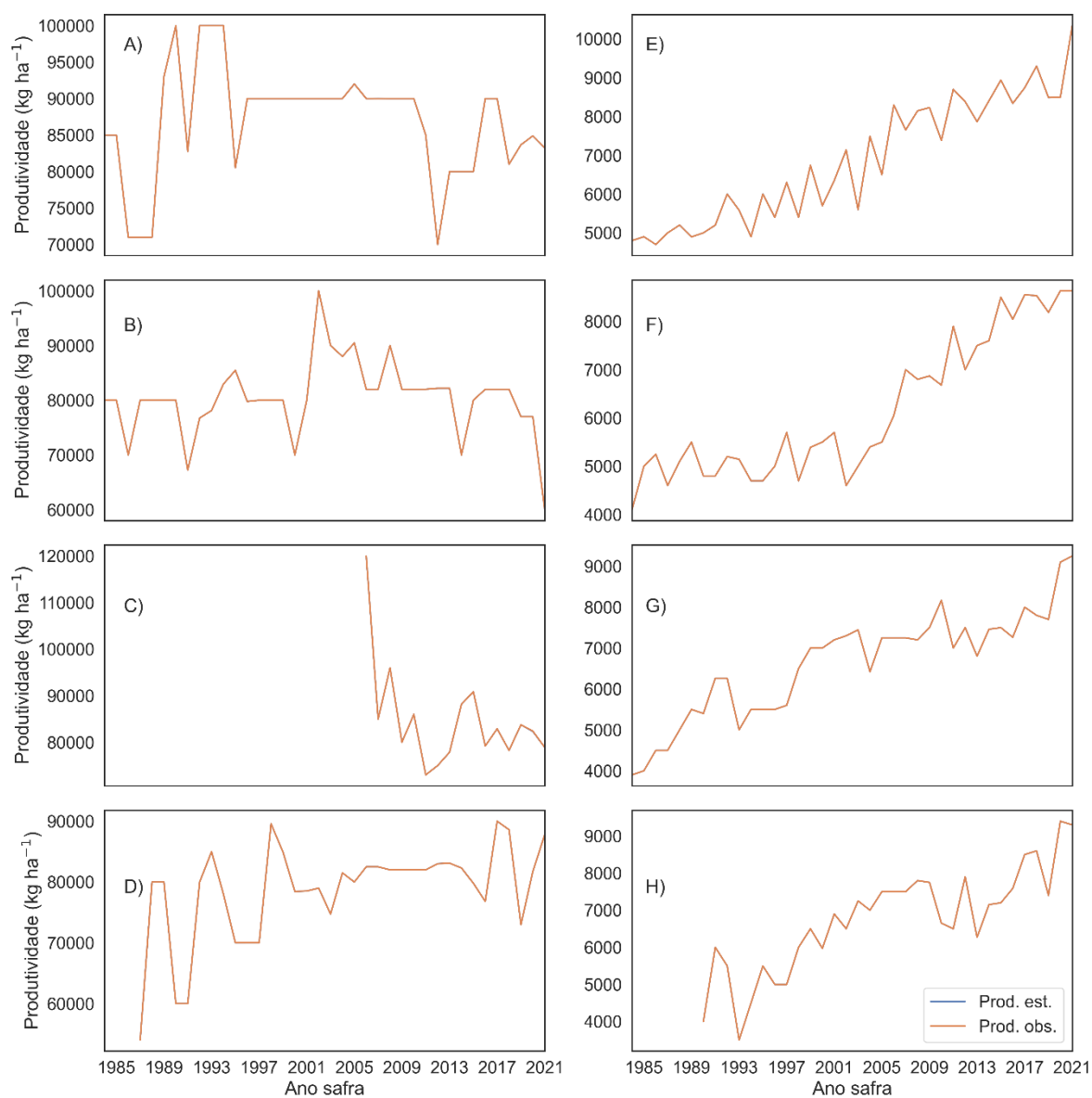


Figura 2. Produtividade estimada pelo modelo WOFOST e observada pelo SIDRA para os municípios de: (A) Barretos; (B) Morro Agudo; (C) Quirinópolis; (D) Goiatuba; (E) Uruguaiana; (F) Santa Vitória do Palmar; (G) Turvo; (H) Forquilha.

Os resultados de calibração para cada município, na série histórica, estão disponíveis em anexo (**sessão 15**). Cada parâmetro é ajustado anualmente, como por exemplo o T_{SUM1} (Figura 3), que variou de 5500 a 5950 graus dias na série histórica.

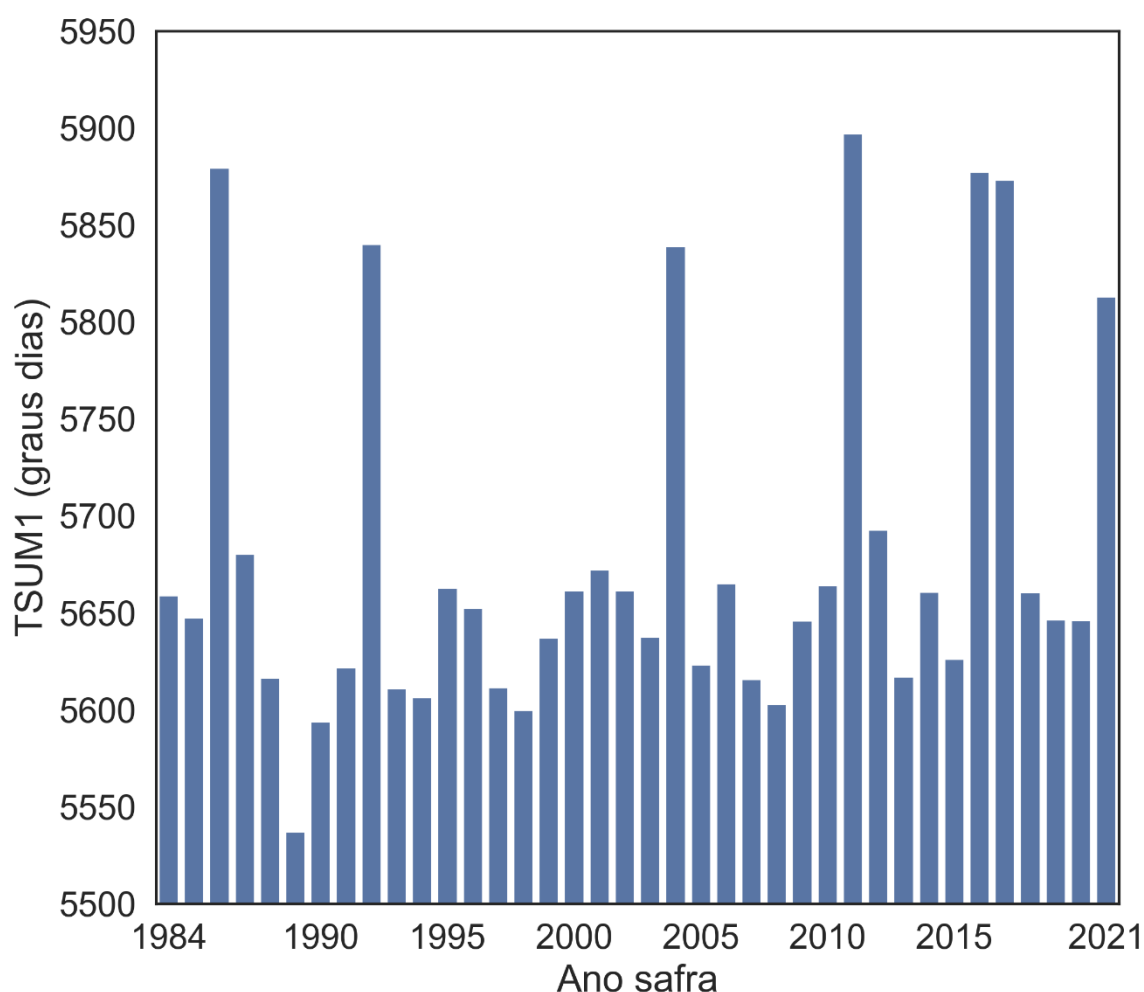


Figura 3. Variação da Soma de temperatura desde a emergência até florescimento (TSUM1), no cultivo de cana-de-açúcar, Barretos-SP.

Em um estudo realizado por Moon et al. (2023), onde utilizaram 3 sistemas de otimização, dentre eles o NLopt, concluíram que, neste estudo, o NLopt não conseguiu encontrar os melhores parâmetros que satisfazem ambos os fatores de crescimento e produtividade. Isso ocorreu porque o NLopt teve dificuldades para lidar com os resultados visados. O NLopt também teve problemas para ajustar os parâmetros de forma eficaz, resultando em baixa precisão (Moon et al., 2023).

Entretanto, o NLopt apresentou alta eficiência na calibração de 20 e 39 parâmetros, dos cultivos de cana e arroz, respectivamente, apresentando alta

eficiência durante o processo, indo de encontro com os resultados apontados por Moon et al. (2023).

Ademais, os parâmetros otimizados são implementados na simulação de produtividade do WOFOST de forma automática e ao longo da série histórica, superando os problemas de diferentes cultivares e barreira tecnológica, apontados por Bassu et al. (2021). Vale ressaltar que os valores dos parâmetros, originalmente determinados por Van Ittersum et al. (2003) são impróprios para as simulações de produtividade, pois são específicos para aqueles cultivares e locais.

5.2. Conversão da base numérica do XCO₂ de ppm para kg.

Visando relacionar os resultados de DTGA com o XCO₂, observado pelo OCO-2, foi adotado a equação dos gases ideais (10 e 11) para a conversão de ppm_v para kg de CO₂ ha⁻¹. Para tal, dados de temperatura e pressão atmosférica foram consultados no banco NASA-Power (Figura 4). O volume utilizado foi de 1 m³.

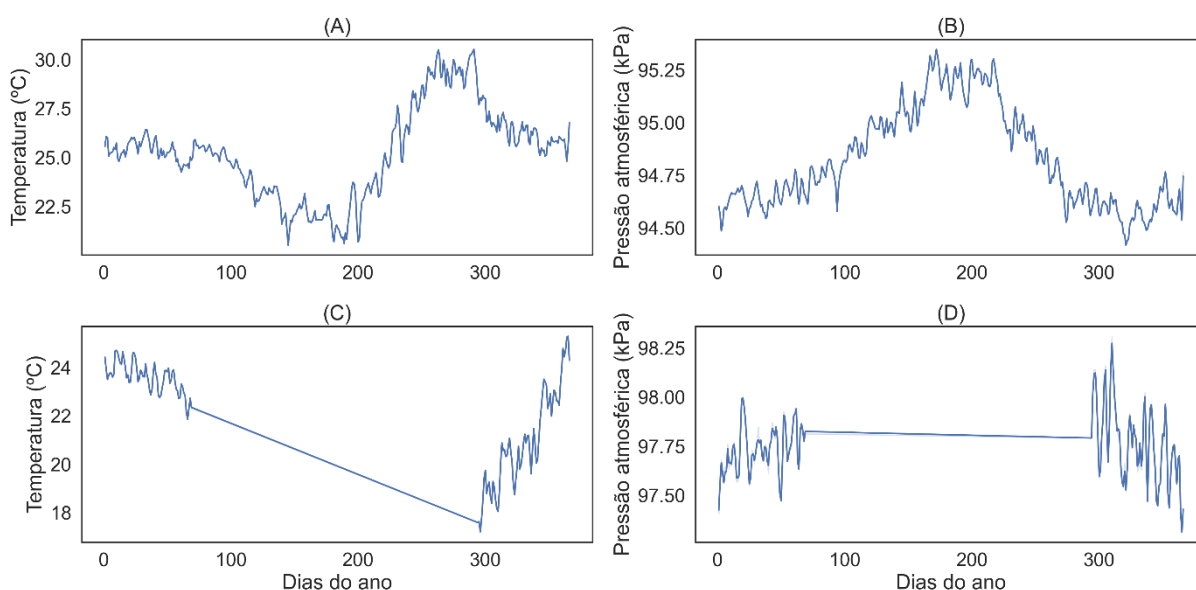


Figura 4. Temperatura média (A) e pressão atmosférica média (B) no cultivo da cana-de-açúcar; Temperatura média (C) e pressão atmosférica média (D) para o cultivo do arroz.

$$P \times V = n \times R \times T \quad (10)$$

$$n_{total} = \frac{P \times V}{R \times T} \quad (11)$$

em que: P = pressão atmosférica (kPa); V = volume ocupado pelo gás (m³); n_{total} = número total de mols em 1 m³ (molar); R = constante dos gases ideais (kPa m³ mol⁻¹ K⁻¹) igual a 8,3145; T = temperatura média (Kelvin)

Uma vez calculada o n_{total}, ou seja, a quantidade molar total de gases em 1 m³, basta calcular a massa de CO₂ (kg), adotando o resultado de XCO₂ (ppm_v) em proporção com a quantidade de mols de CO₂ contidos no volume (12).

$$CO_2 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = n_{total} \times XCO_2 \times 10^{-5} \quad (12)$$

em que: XCO₂ = média molar de CO₂ em coluna de ar seco (ppm_v)

O DTGA é o resultado do WOFOST que diz respeito a quantidade de CO₂ bruto assimilado por hectare em um dia. Com o XCO₂ transformado na mesma base numérica que o DTGA, é possível observar o perfil de assimilação de CO₂ nos diferentes agrossistemas e, portanto, identificar possíveis mudanças neste perfil ao longo da série histórica, decorrentes de alterações climáticas e/ou fenômenos meteorológicos, por exemplo.

5.3. Resultados do modelo WOFOST

Com a calibração realizada, foi obtida uma produtividade estimada (WOFOST) similar a produtividade observada (SIDRA). Na cana-de-açúcar, o modelo WOFOST apresenta o comportamento de acúmulo total de biomassa (TAGP), de galhos (TWST), de folhas (TWLV) e raízes (TWRT) ao longo do desenvolvimento (DVS).

Também é observado que o acúmulo total de órgãos de reserva (TWSO) permanece uma constante, sem adição durante o ciclo da cana (Figura 5). Isto ocorre pois os colmos da cana são interpretados como galhos (TWST) no WOFOST. Abreviaturas e descrições dos parâmetros estão disponíveis na **LISTA DE ABREVIATURAS (pág. v)**.

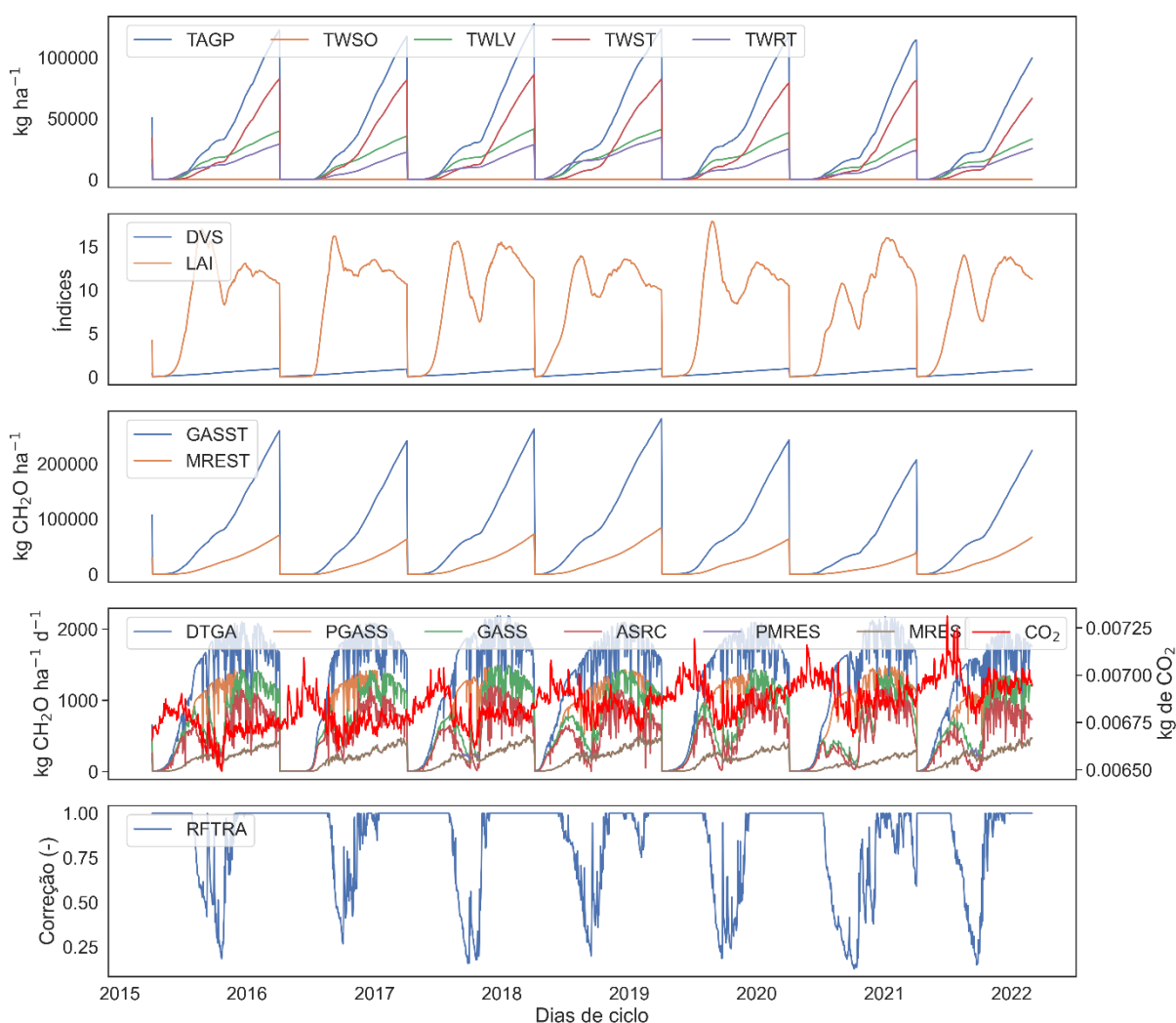


Figura 5. Resultado médio da simulação de produtividade do modelo WOFOST para o cultivo de cana-de-açúcar.

Vale ressaltar o comportamento de diminuição que o CO_2 possui diante do declínio do fator de redução de evapotranspiração (RFTRA) e, por conseguinte, no aumento da assimilação de CO_2 (DTGA). O oposto também ocorre, ou seja, conforme o RFTRA tem acréscimo, o CO_2 também aumenta e a DTGA diminui ($p\text{-valor}=-0,448$; Figura 6 e Figura 7-A). Isto evidencia que a relação entre o modelo WOFOST e dados

observados do OCO-2 podem ser utilizados para tecer relações causais de assimilação diante de alterações e fenômenos climáticos.

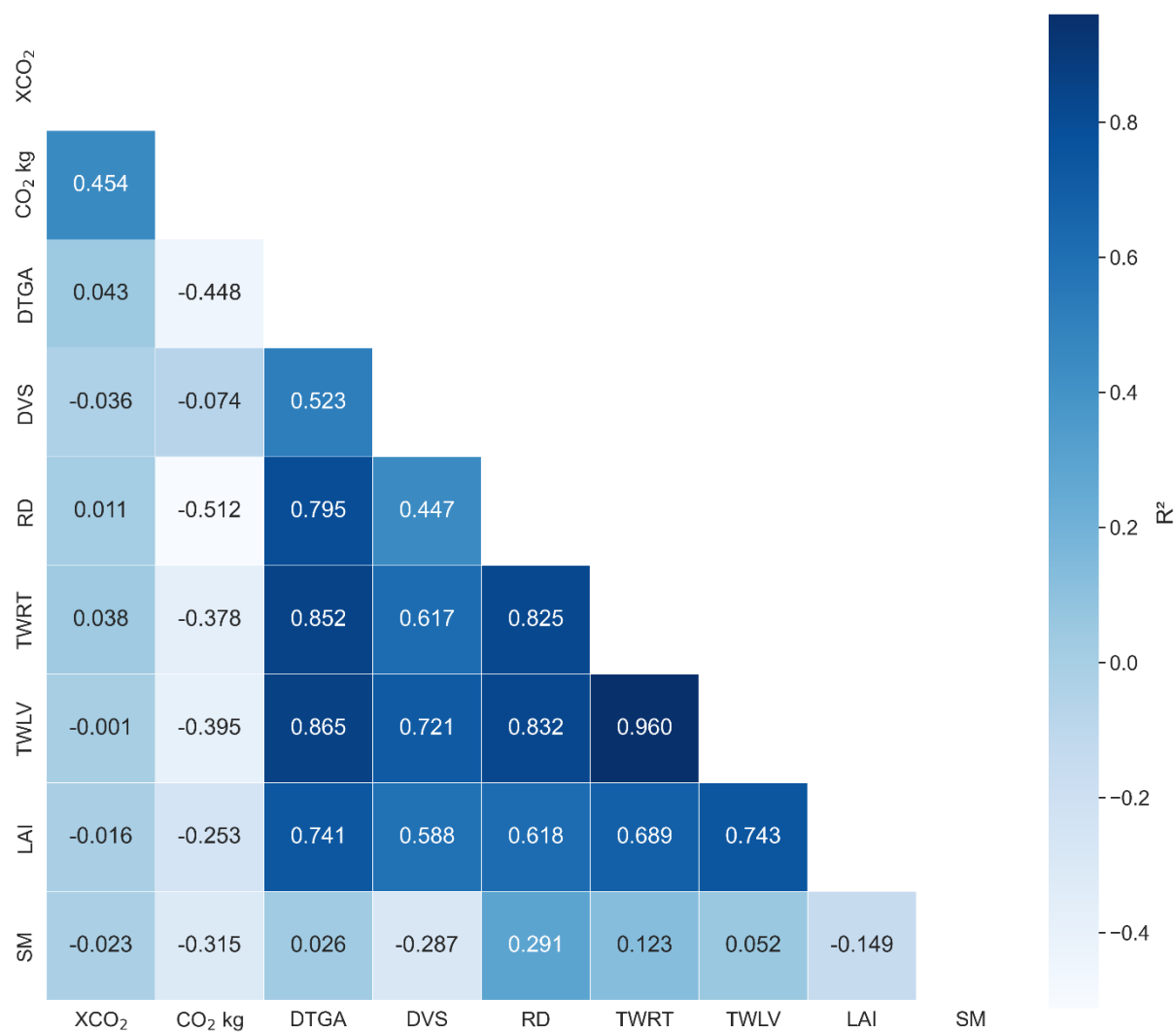


Figura 6. Correlação de Spearman entre os resultados do modelo WOFOST, XCO_2 observado e CO_2 .

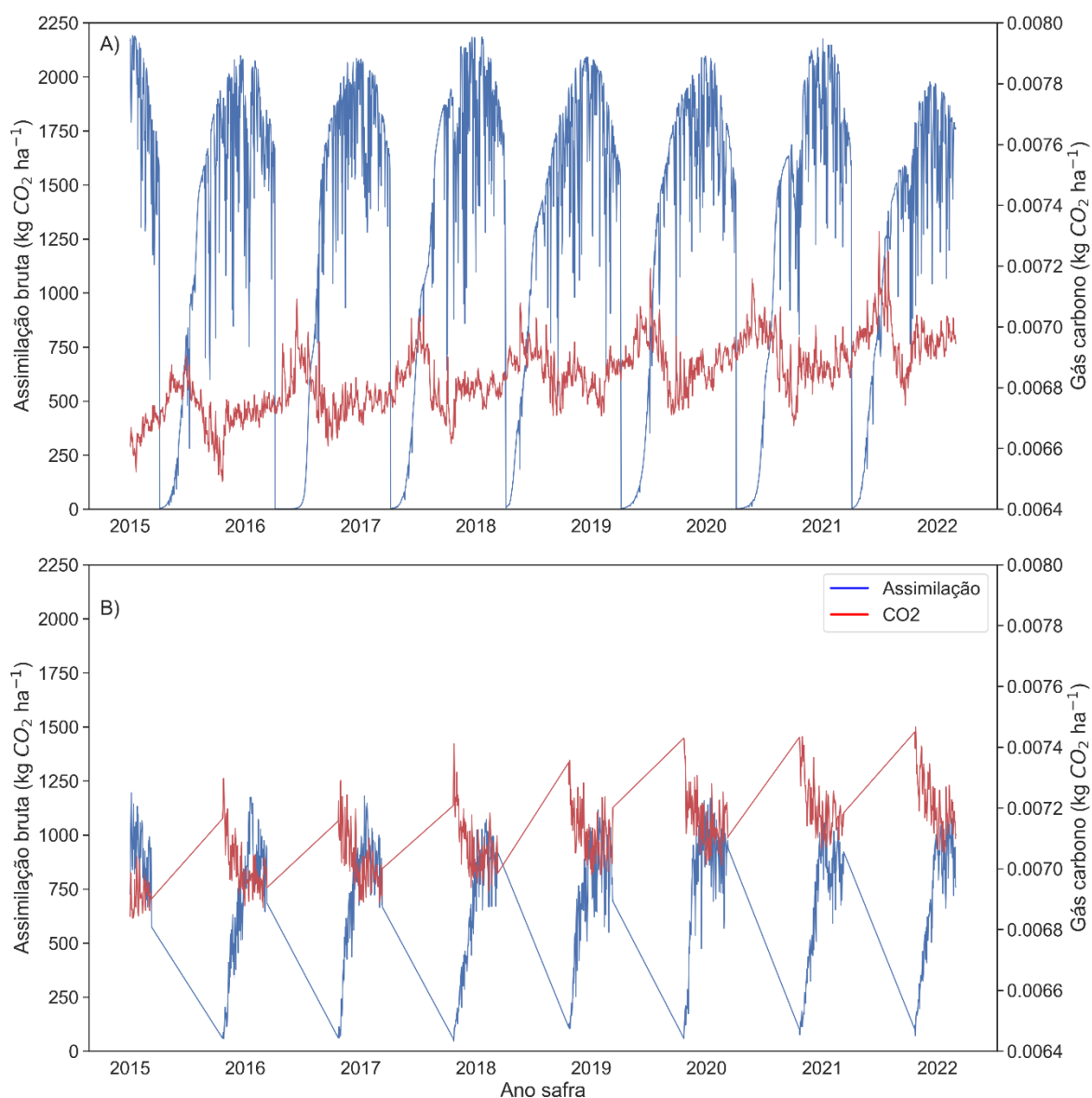


Figura 7. Perfil de assimilação média de gás carbono no ano safra do cultivo de cana-de-açúcar (A) e arroz (B).

Nos sistemas de arroz (Figura 7-B e Figura 9), é possível observar um perfil mais brando de conteúdo de CO_2 atmosférico e menores valores de DTGA quando comparados com a cultivo da cana-de-açúcar (Figura 8). Isso se deve graças à diferença de metabolismo C_3 e C_4 do arroz e cana, respectivamente. A cana conta com a enzima PEPcase (fosfoenolpiruvato carboxilase), mais eficiente na captura de CO_2 para prefixação de malato ou aspartato, duas moléculas de 4 carbonos (Taiz; Zeiger, 2010).

Por outro lado, o arroz possui atividade da RUBISCO, altamente dependente de condições de temperatura e condutância estomática (Bunce, 2000). Em decorrência disto, é possível observar uma influência maior da absorção de CO₂ na cana (La Scala Júnior; de Figueiredo; Panosso, 2012), quando comparado com o arroz (Figura 8).

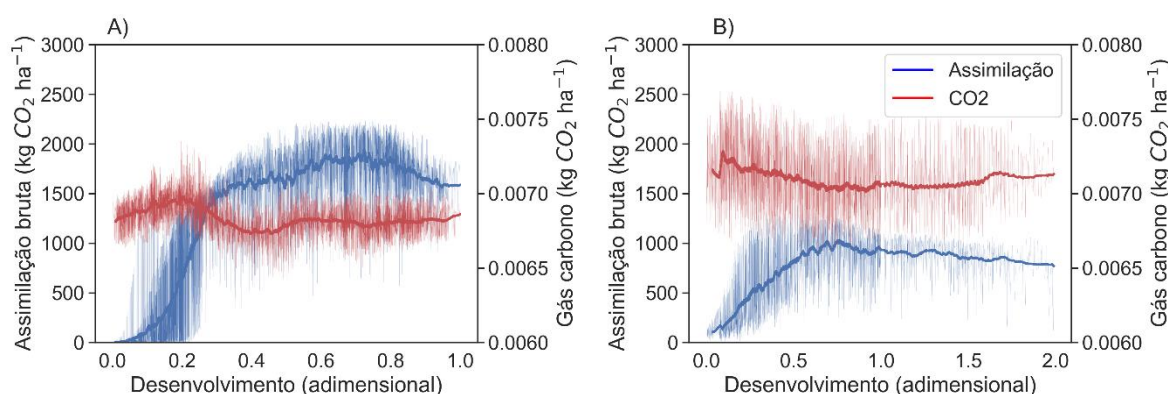


Figura 8. Comparação entre a assimilação bruta de CO₂ média dos locais estudados, na série histórica, em função do desenvolvimento do cultivo de cana-de-açúcar (A) e arroz (B). As linhas centrais correspondem à média móvel em janela de 80 dias.

Quanto ao conteúdo de CO₂ presente nos diferentes sistemas, o cultivo de arroz apresenta concentrações iguais e, por vezes, maiores de CO₂ quando comparados com a cana-de-açúcar. Estudos evidenciam que cultivos como o milho e a cana-de-açúcar possuem um potencial de mitigação maior no sequestro de CO₂ em forma de matéria orgânica do solo, enquanto a rizicultura apresenta as menores médias deste estoque de C do solo (Machado et al., 2017).

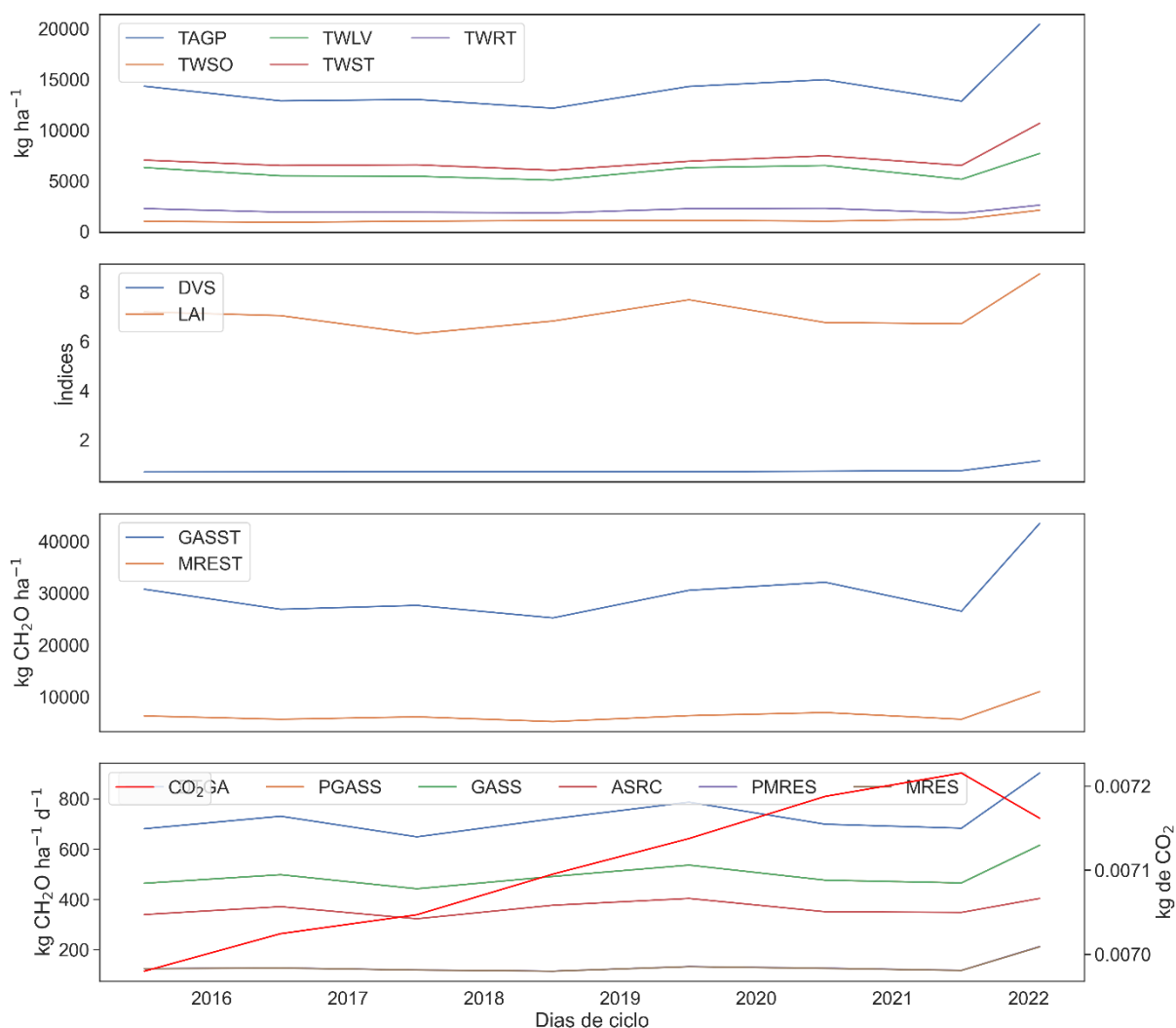


Figura 9. Resultado médio da simulação de produtividade do modelo WOFOST para a cultivo do arroz.

Os cultivos apresentam um importante sumidouro de CO_2 principalmente no seu estágio vegetativo, porém apresentam diferenças a depender do local (Figura 10 e Figura 11). Em períodos de senescência, essa característica é abrandada e a emissão líquida de CO_2 supera a assimilação, mas durante as entressafras, que faz

emprego de preparos e uso intensivo de insumos agrícolas, atuando como fonte de GEEs (Machado et al., 2017).

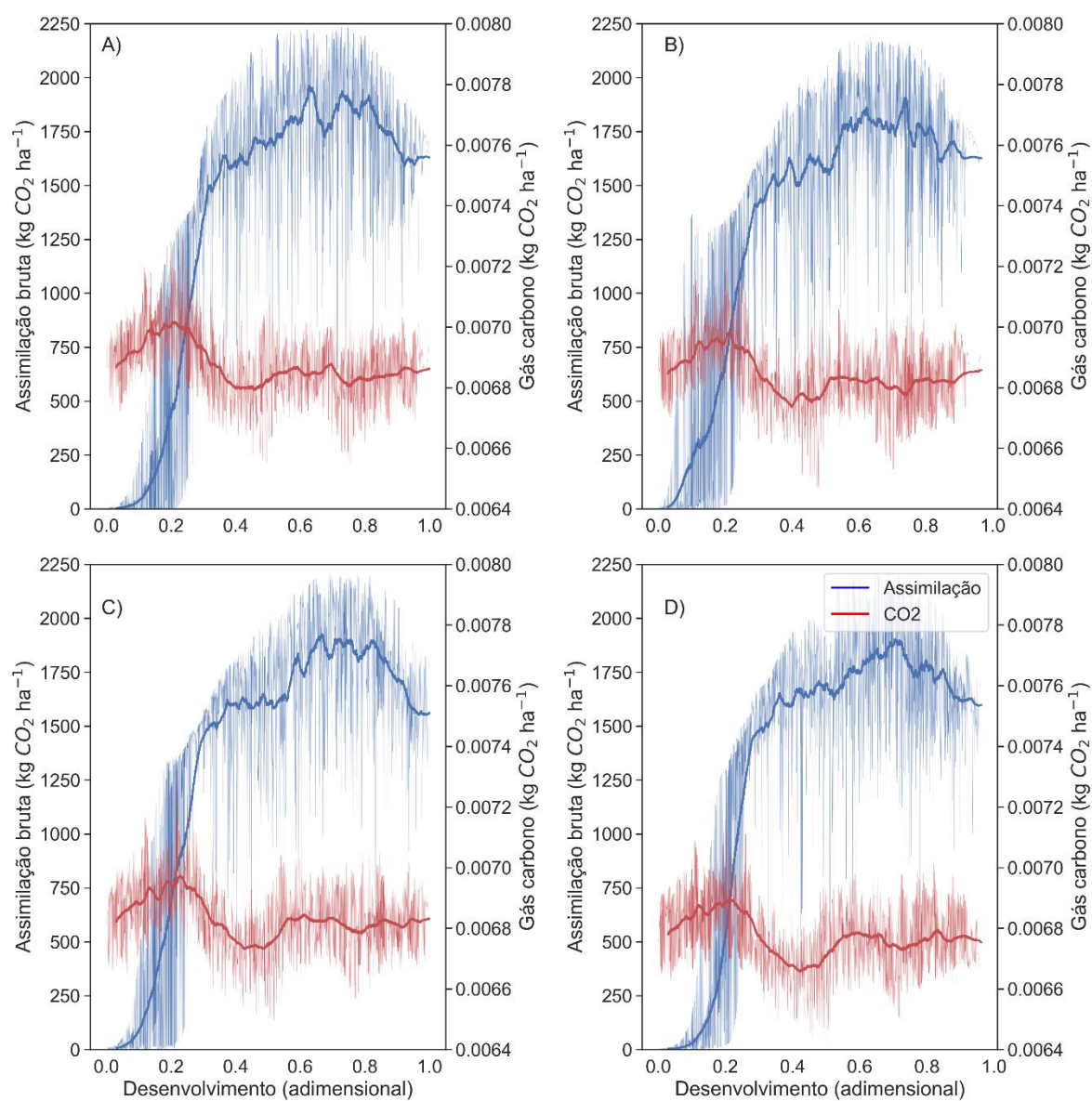


Figura 10. Perfil de assimilação de CO₂ ao longo do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, nos municípios de Barretos-SP (A), Morro Agudo-SP (B), Quirinópolis-GO

(C) e Goiatuba-GO (D). As linhas centrais correspondem à média móvel em janela de 80 dias.

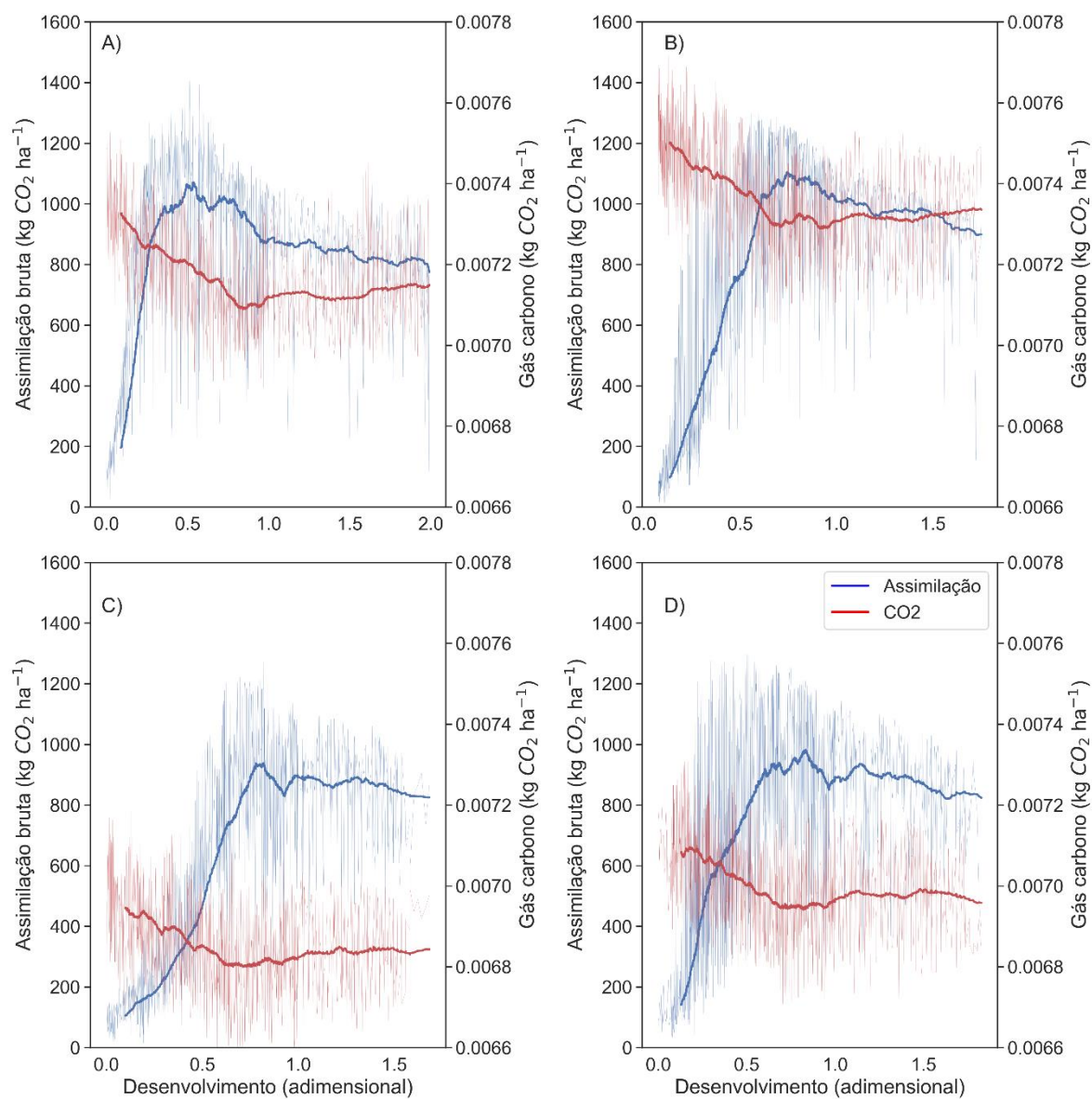


Figura 11. Perfil de assimilação de CO₂ ao longo do ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar, nos municípios de Uruguaiana-RS (A), Santa Vitória do Palmar-RS (B),

Turvo-SC (C) e Forquilha-SC (D). As linhas centrais correspondem à média móvel em janela de 80 dias.

O DTGA não apresentou diferenças no cultivo de cana (Figura 12) e arroz (Figura 13) ao longo dos anos. Não é possível estender a série histórica devido a quantidade de dados disponíveis de XCO₂.

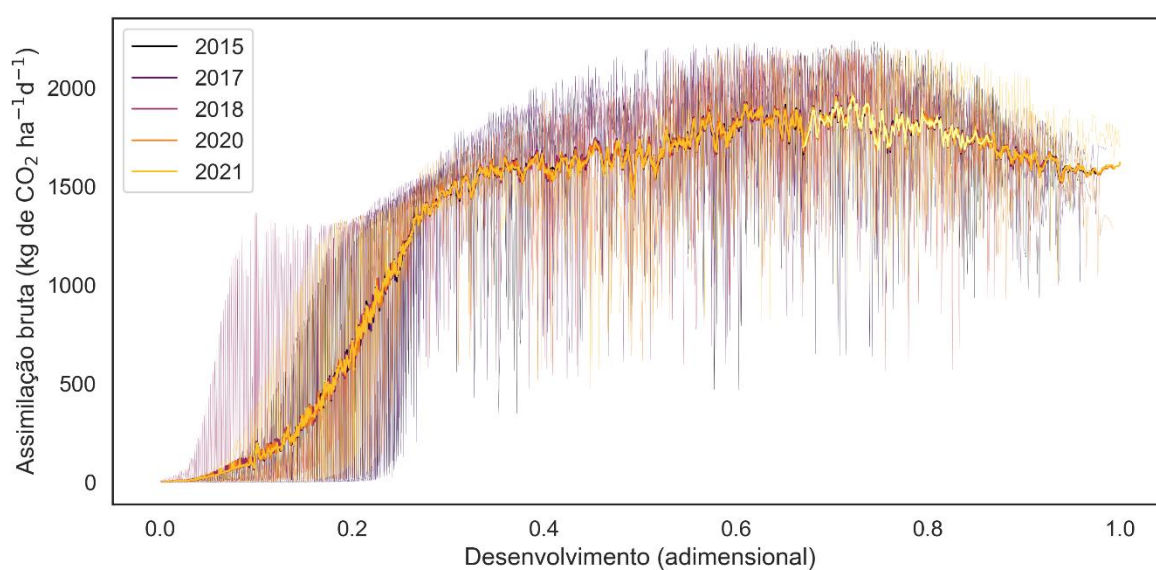


Figura 12. Perfil de assimilação médio dos locais, separados entre os anos da série histórica, em função do desenvolvimento do cultivo da cana-de-açúcar. As linhas centrais correspondem à média móvel em janela mensal.

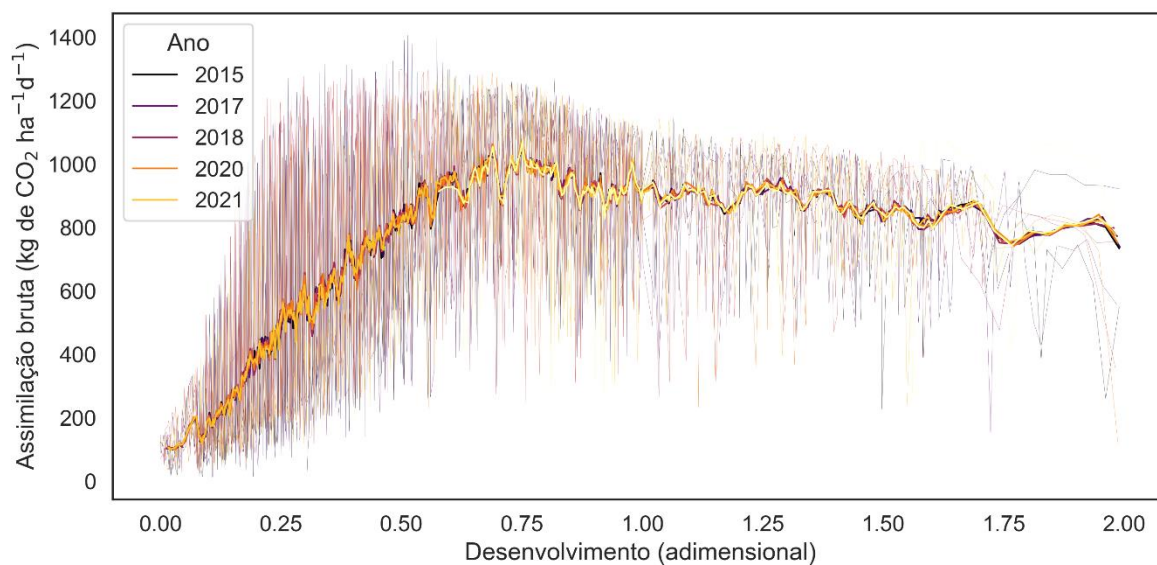


Figura 13. Perfil de assimilação médio dos locais, separados entre os anos da série histórica, em função do desenvolvimento do cultivo do arroz. As linhas centrais correspondem à média móvel em janela mensal.

5.4. Modelo Random Forest

A fase de teste dos modelos de RF apresentaram os seguintes resultados: $R^2_{adj} = 0.81$, 0.85 e 0.75 ; $RMSE = 1.22$, 1.17 e 1.3 ppm; $MAE = 1.48$, 1.37 e 1.7 ppm para os modelos globais (Figura 14), sob cultivo de cana (Figura 15) e arroz (Figura 16).

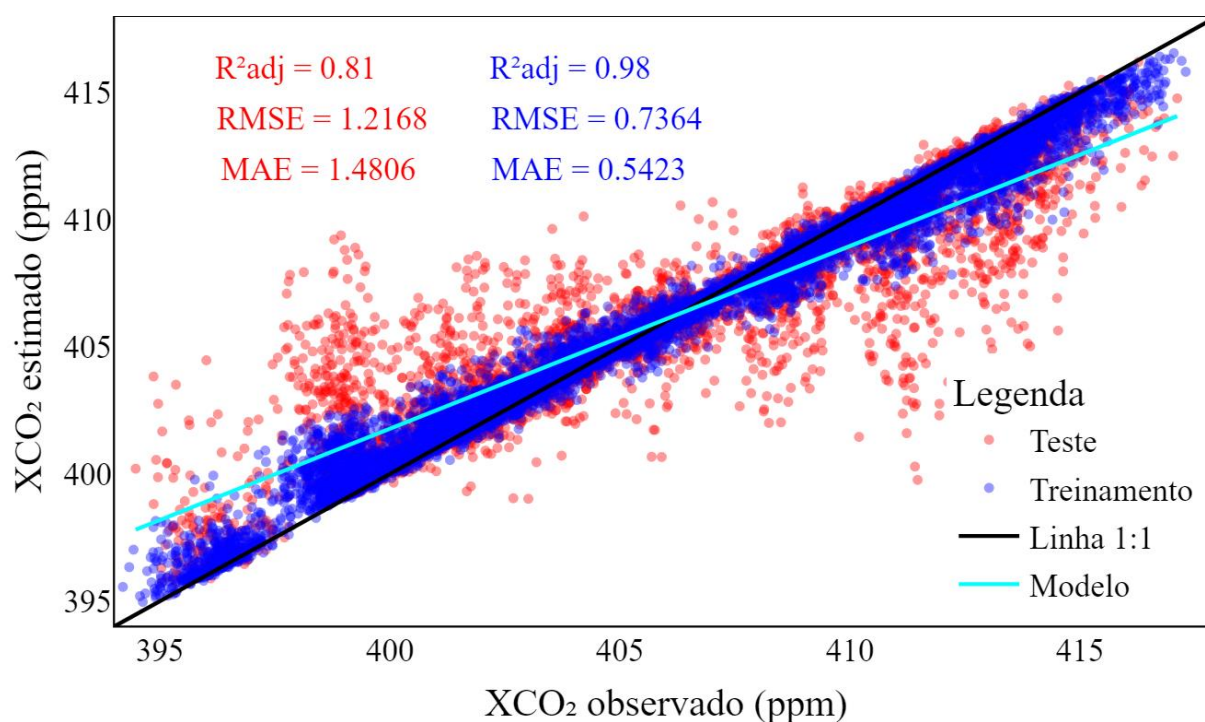


Figura 14. Desempenho do Treinamento e Teste do modelo de Random Forest global (cana+arroz).

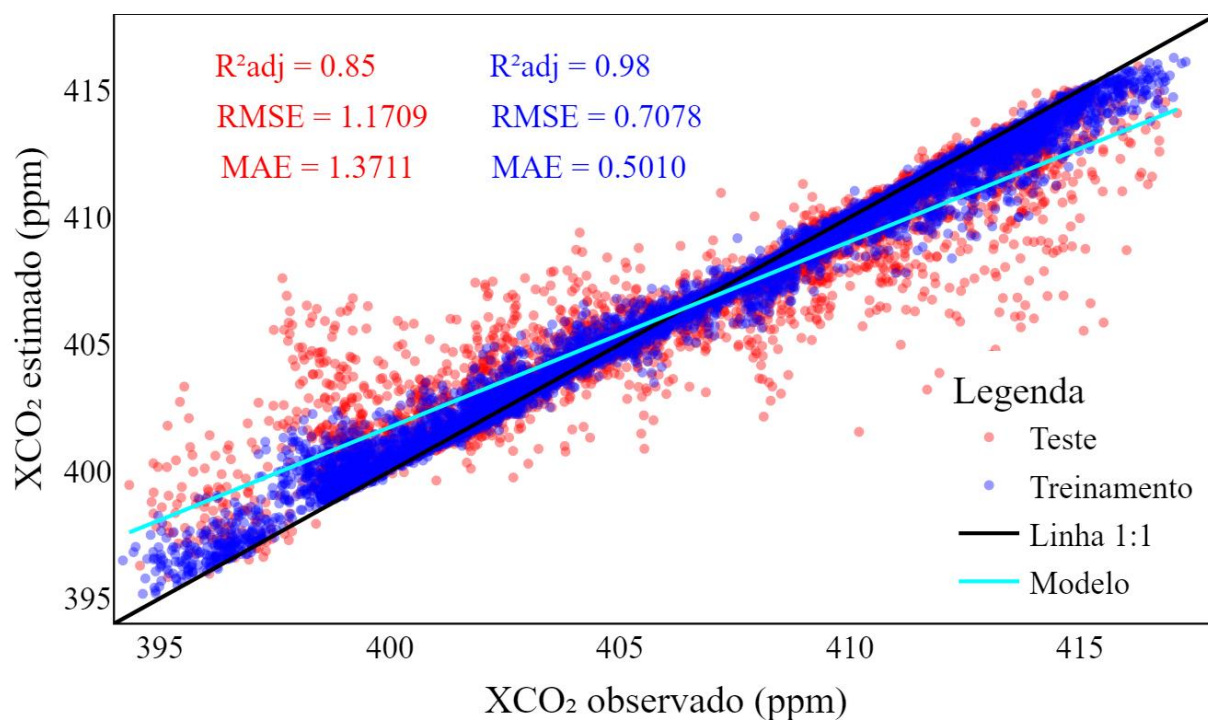


Figura 15. Desempenho do treinamento e teste do modelo de Random Forest para a cultivo de cana-de-açúcar.

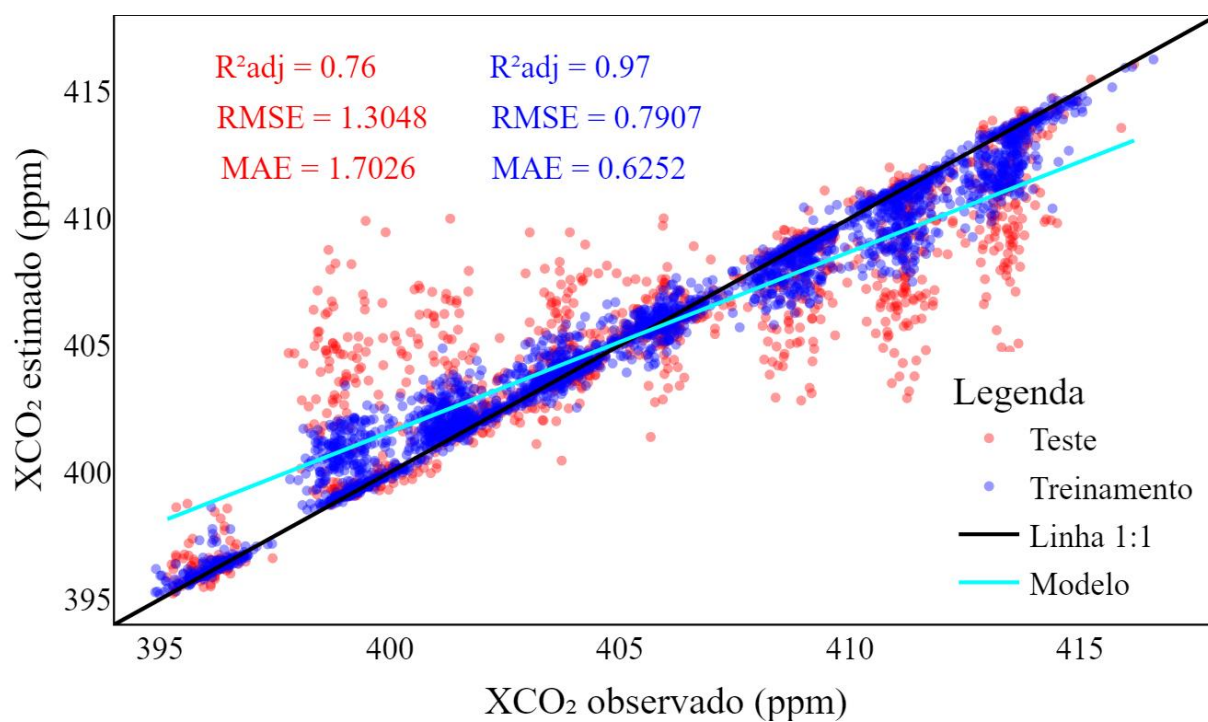


Figura 16. Desempenho do treinamento e teste do modelo de Random Forest para a cultivo do arroz.

Os modelos em geral apresentaram uma superestimação para valores de XCO₂ menores que 405 ppm e subestimação para valores maiores que 405 ppm. Modelos a nível local podem ser desenvolvidos para minimizar o RMSE e EME, possibilitando a composição de dados históricos de XCO₂ que antecedem o início do projeto OCO-2/NASA.

Os resultados do WOFOST que obtiveram resultados relativos mais influentes para gerar os modelos de RF foram: desenvolvimento radicular (RD), massa total de raízes (TWRT), área de índice foliar (LAI), estágio de desenvolvimento (DVS) e umidade do solo (SM), tanto para o modelo global (Figura 17) quanto para cana-de-açúcar (Figura 18). Para a cultivo do arroz (Figura 19), os resultados foram semelhantes, porém a massa total de folhas (TWLV) substitui a importância de SM.

A profundidade radicular (RD) possui importância relativa maior nos modelos global e arroz, porém possui menos importância na cana-de-açúcar. Isso pode indicar que a profundidade das raízes tem um impacto significativo na estimativa de XCO₂ para o arroz, pois está relacionado a estabilização e sustentação do cultivo de arroz em meios alagados.

O estágio de desenvolvimento (DVS) e umidade de solo (SM), possui mais influência para a cana-de-açúcar, mas é menos importante para o arroz, sugerindo que o DVS é mais importante na estimativa de XCO₂ na cana-de-açúcar, confirmando o papel de sumidouro de CO₂ durante o seu desenvolvimento, visto que é um cultivo que permanece em campo durante um ano inteiro, sob o sistema sequeiro.

Índice de área foliar (LAI), biomassa total de raízes (TWRT) e folhas (TWLV) são consistentes em todos os três modelos, evidenciando resultados relacionados ao processo de fotossíntese e manutenção dos cultivos, ao contrário do RD, SM e DVS, que estão relacionados indiretamente com estes fenômenos biológicos

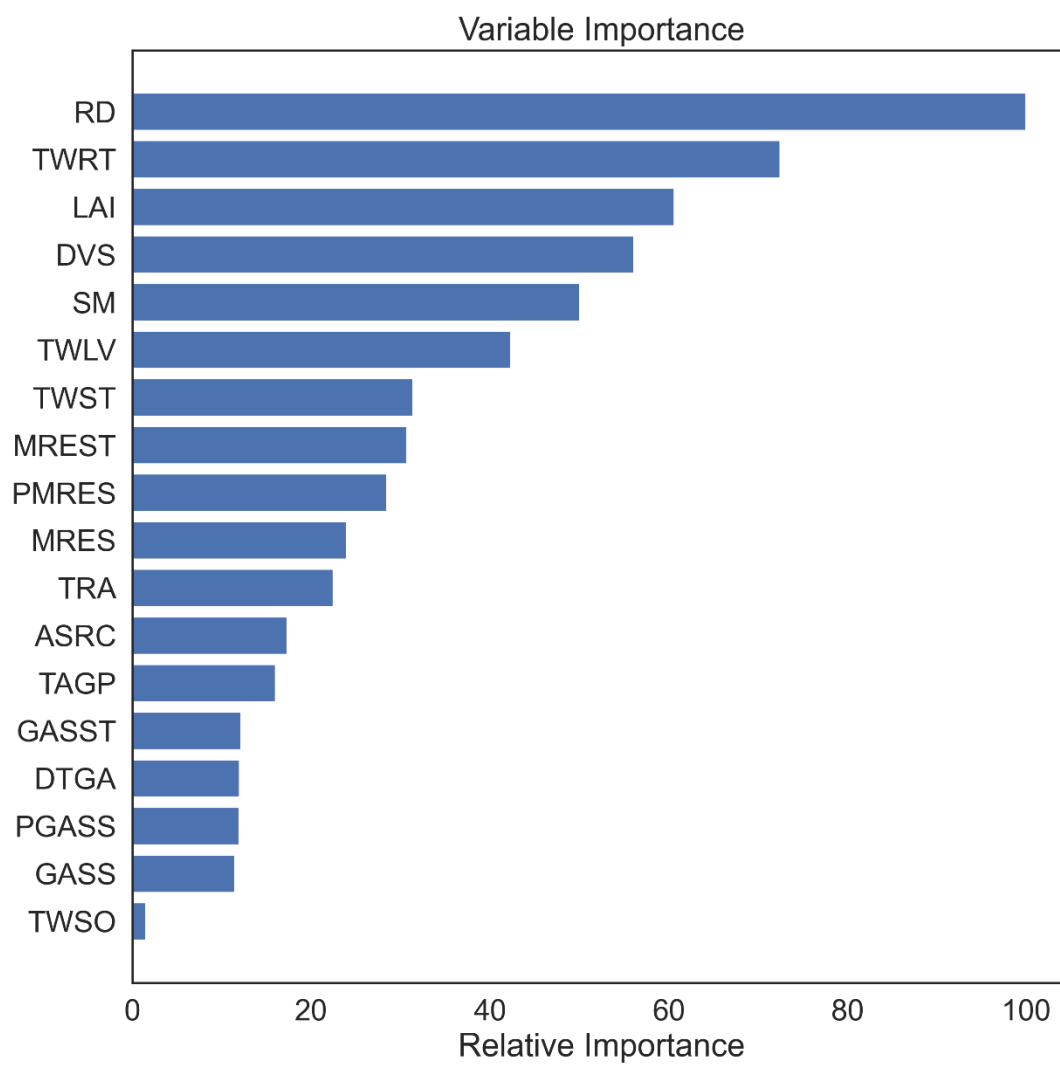


Figura 17. Importância relativa das variáveis para a construção do modelo global (cana + arroz).

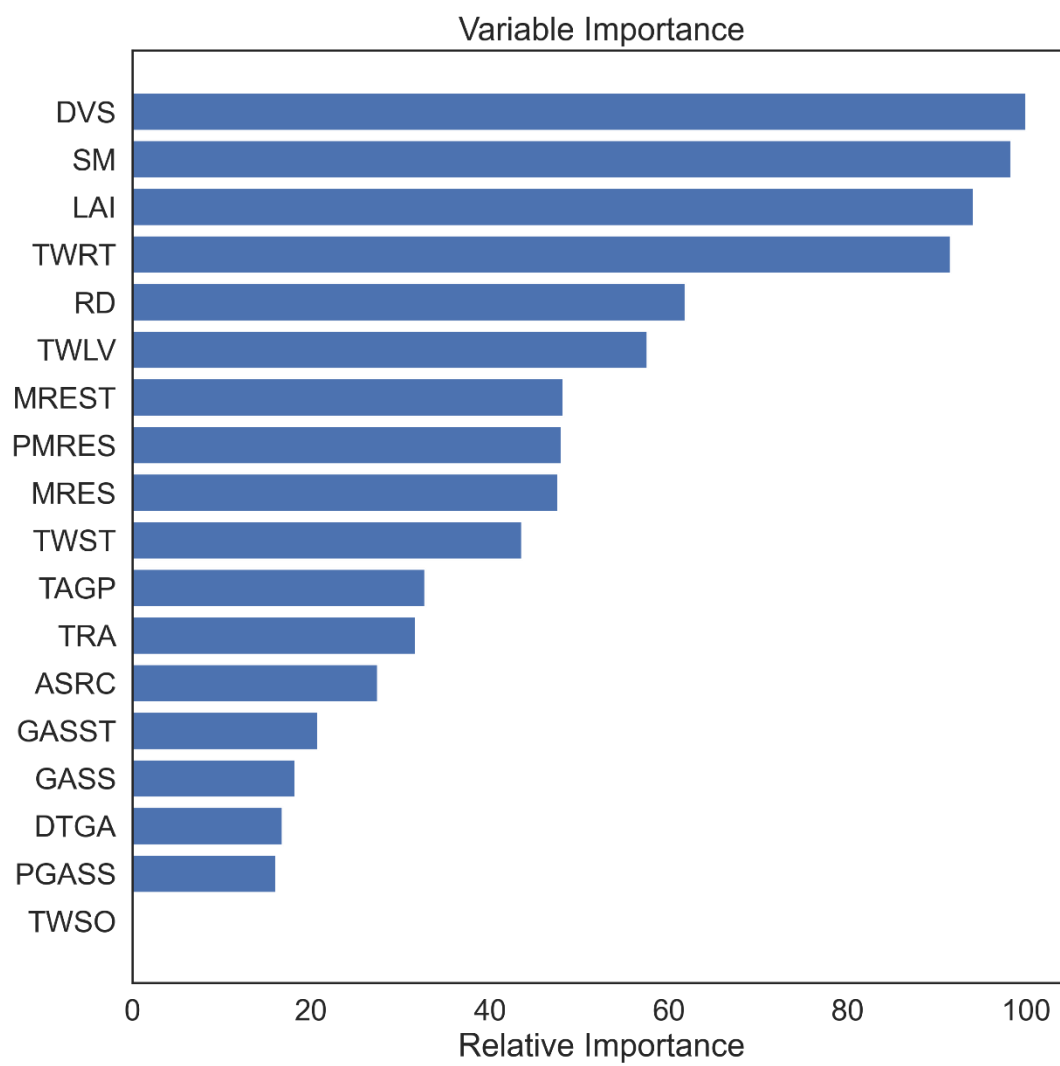


Figura 18. Importância relativa das variáveis para a construção do modelo da cana.

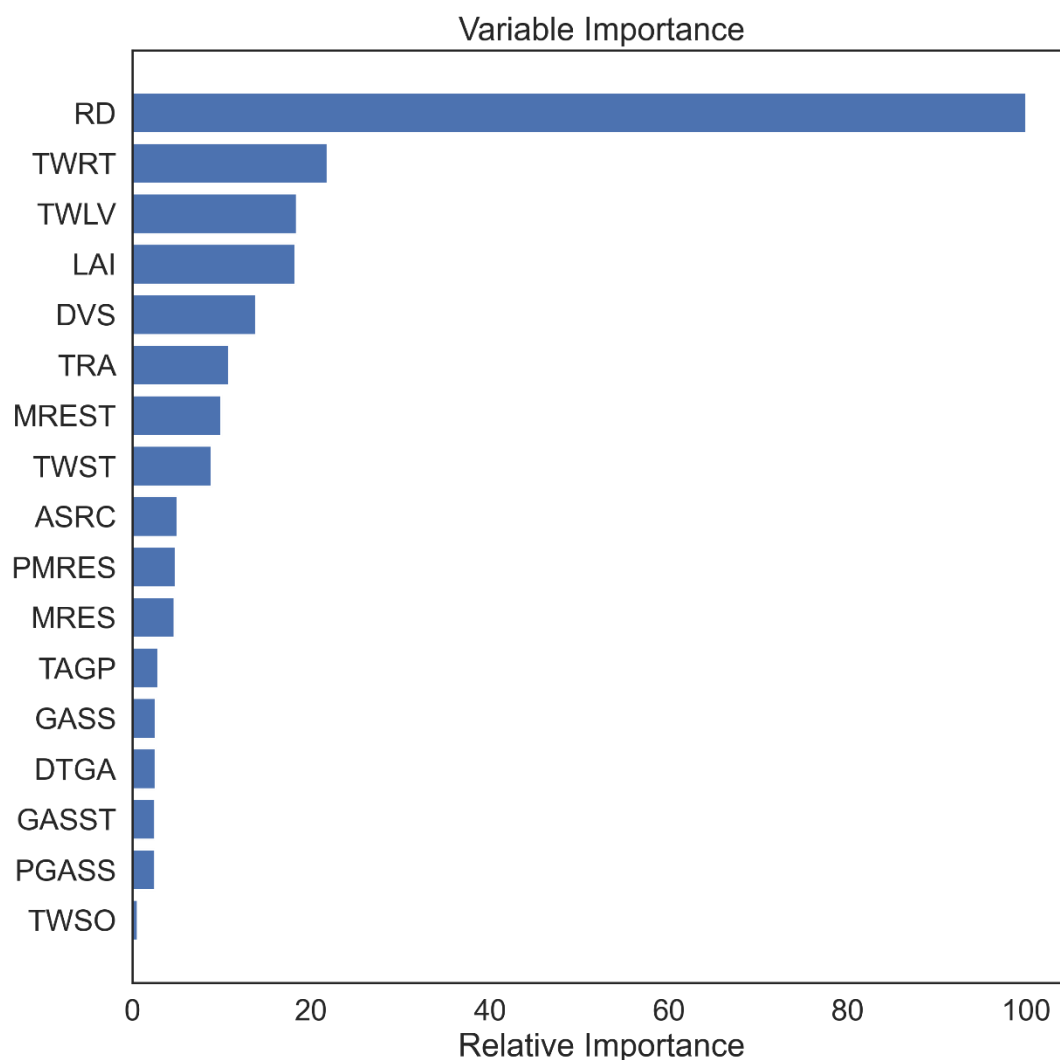


Figura 19. Importância relativa das variáveis para a construção do modelo do arroz.

O modelo de RF global, cana e arroz foram submetidos à análise de SHAP para verificar a importância das variáveis na estimação de XCO_2 . Nos gráficos (Figura 20 a Figura 22), as variáveis mais influentes na estimação de XCO_2 está disposta em ordem decrescente no eixo Y. A interpretação das variáveis dependerá da cor do ponto (vermelho ao azul) e da posição em que está inserida no gráfico (esquerda ou direita). Valores a direita apresentam um impacto positivo na estimação de XCO_2 , enquanto valores a esquerda, impacto negativo. As cores representam o valor da

variável observada no eixo Y. Sendo assim, altos valores de uma variável podem possuir impactos positivos ou negativos na estimativa de XCO_2 .

Para o modelo global (Figura 20), variáveis de absorção de CO_2 para fotossíntese e manutenção (PMRES, MRES, MREST, ASRC, PGASS, DTGA, GASS GASST) são pouco impactantes na estimativa de XCO_2 (SHAP ~ 0). Isso se deve a quantidade de pontos próximos ao eixo central do gráfico.

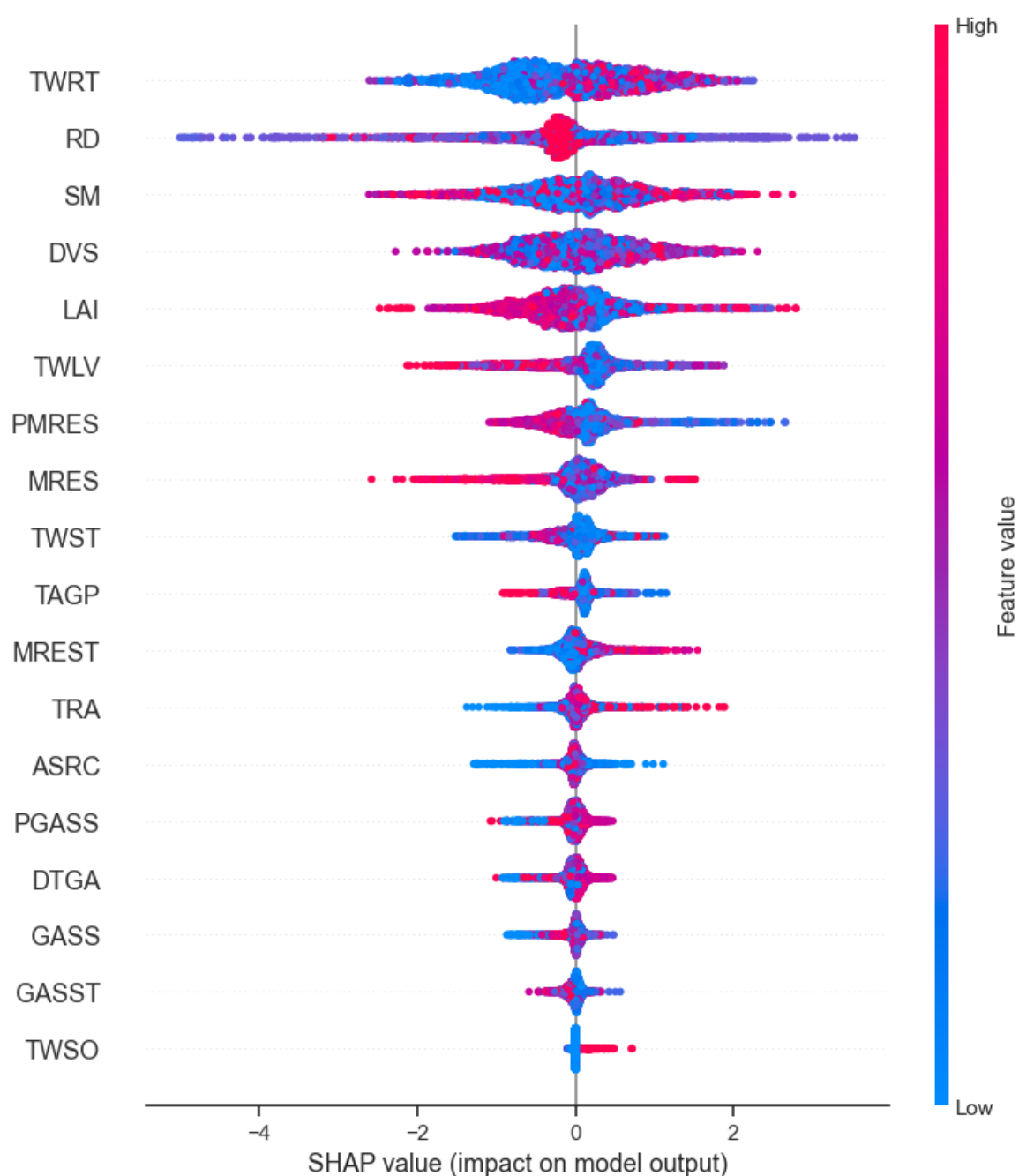


Figura 20. Impacto de cada variável independente no modelo de RF global (cana + arroz). Variáveis do eixo Y apresenta importância das variáveis em ordem decrescente. Eixo X (valores SHAP) representam o impacto de cada variável na previsão de XCO₂.

As variáveis mais importantes foram TWRT, RD, SM, DVS e LAI, apresentando impactos positivos quando os valores são altos (TWRT), intermediários (RD) ou baixos (SM, DVS e LAI).

Para o cultivo de cana-de-açúcar (Figura 21), as variáveis que mais contribuíram para a estimativa foram: DVS, SM, MRES, TWLV e LAI. Para este cultivo, valores baixos de DVS, ou seja, quando o cultivo está em brotamento, apresenta impacto negativo sobre a estimativa, enquanto altos valores (fase vegetativa) apresenta impactos positivos.

O SM apresenta impactos negativos à estimativa quando alto, ou seja, quando o solo está enxarcado. Valores mais intermediários ou baixos tendem a impactar positivamente a estimativa.

A respiração para manutenção (MRES) apresenta impacto positivo quando os valores estão baixos/intermediários enquanto impacta negativamente quando estão altos, sendo assim, períodos de fotorrespiração podem comprometer a estimativa.

As variáveis TWLV e LAI possuem impactos negativos à estimativa quando os valores são altos, ou seja, plantas que estão em fase de senescência ou muito tenras podem impactar negativamente a estimativa.

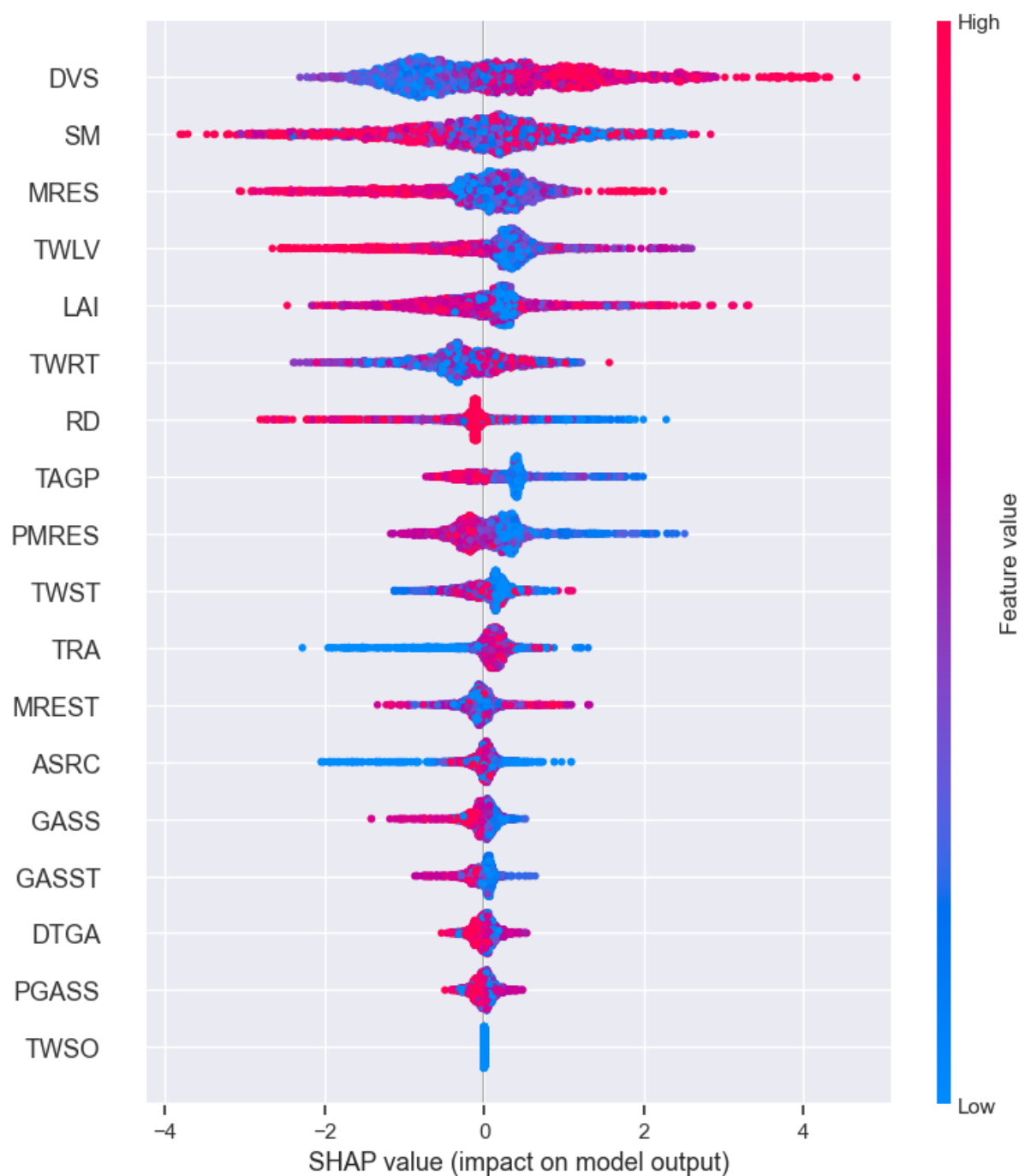


Figura 21. Impacto de cada variável independente no modelo de RF (cana).

Para o cultivo de arroz (Figura 22), as variáveis mais impactantes foram RD, TWLV, LAI, TWRT e TRA. Valores altos de RD impactaram tanto positivamente quanto negativamente na estimativa enquanto valores baixos/intermediários tendem a impactar positivamente. O mesmo comportamento se observa no TWLV.

A taxa de transpiração (TRA) apresentou impacto negativo a estimativa quando valores são baixos. Isto indica que plantas que, na rizicultura, plantas fotossinteticamente ativas com boa condutância estomática impactam positivamente na estimativa de XCO₂.

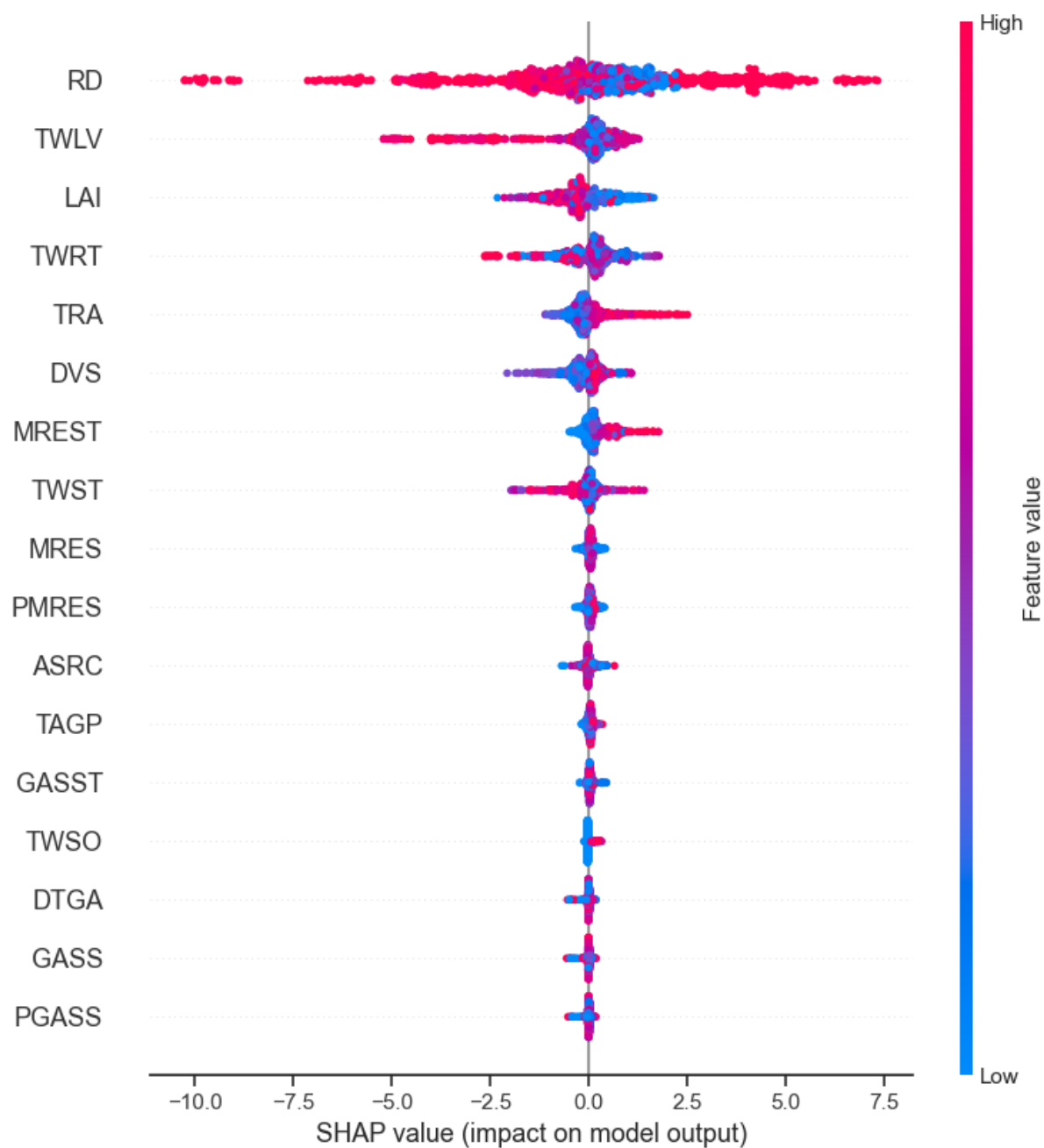


Figura 22. Impacto de cada variável independente no modelo de RF (arroz).

6. CONCLUSÃO

Inicialmente, realizamos a calibração do modelo WOFOST utilizando o pacote NLOpt. Este processo foi essencial para garantir uma estimativa de carbono robusto nos cultivos de cana-de-açúcar e arroz. Com base neste balanço, fomos capazes de estimar o XCO₂ atmosférico. Para isso, empregamos uma técnica de ensemble que combinou o modelo WOFOST com o algoritmo Random Forest. Esta abordagem proporcionou uma estimativa precisa e confiável do XCO₂ atmosférico.

Sob uma ótica econômica, esses resultados podem auxiliar os formuladores de políticas e os agricultores a tomar decisões informadas sobre a gestão de cultivos, levando em consideração as projeções de produtividade e as emissões de CO₂.

Do ponto de vista ecológico, a capacidade de prever com precisão as emissões de CO₂ pode contribuir para os esforços de mitigação das mudanças climáticas. Ao entender melhor como as práticas agrícolas influenciam as emissões de CO₂, podemos desenvolver estratégias mais eficazes para reduzir a pegada de carbono na agricultura.

Por fim, o presente trabalho contribuiu com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU com os objetivos 2, 13, 15, ou seja, na luta pela fome zero e agricultura sustentável, ações contra as mudanças climáticas e, por conseguinte, a vida terrestre (ONU, 2015).

7. REFERÊNCIAS

- BASSU, S.; FUMAGALLI, D.; TORETI, A.; CEGLAR, A.; GIUNTA, F.; MOTZO, R.; ZAJAC, Z.; NIEMEYER, S. Modelling potential maize yield with climate and crop conditions around flowering. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 271, p. 108226, 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429021001726>>
- BUNCE, J. A. Acclimation of photosynthesis to temperature in eight cool and warm climate herbaceous C₃ species: Temperature dependence of parameters of a biochemical photosynthesis model. **Photosynthesis Research**, [s. l.], v. 63, n. 1, p. 59–67, 2000.
- CONFALONIERI, R.; ACUTIS, M.; BELLOCCHI, G.; DONATELLI, M. Multi-metric evaluation of the models WARM, CropSyst, and WOFOST for rice. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 220, n. 11, p. 1395–1410, 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380009001495>>
- DE WIT, A.; BOOGAARD, H. A gentle introduction to WOFOST. **Wageningen Environmental Research**, [s. l.], p. 47, 2021. Disponível em: <<https://www.wur.nl/en/show/A-gentle-introduction-to-WOFOST.htm>>
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - Portal Embrapa. [s. l.], 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>
- FAO. Chapter 2 - FAO Penman-Monteith equation. [s. l.], 1998. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e06.htm#chapter%20%20%20%20fao%20penman%20monteith%20equation>>
- HU, S.; SHI, L.; HUANG, K.; ZHA, Y.; HU, X.; YE, H.; YANG, Q. Improvement of sugarcane crop simulation by SWAP-WOFOST model via data assimilation. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 232, p. 49–61, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429018311420>>
- JOHNSON, J. **NLopt Python Reference - NLopt Documentation**. 2021. Disponível em: <https://nlopt.readthedocs.io/en/latest/NLopt_Python_Reference/>. Acesso em: 28 nov. 2023.
- LA SCALA JÚNIOR, N.; DE FIGUEIREDO, EB.; PANOSSO, A. A review on soil carbon accumulation due to the management change of major Brazilian agricultural activities. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 72, n. 3 suppl, p. 775–785, 2012.
- LUNDBERG, S. M.; LEE, S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. Em: (I. Guyon, U. Von Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, R. Garnett, Eds.) **ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS 2017, Anais...** : Curran Associates, Inc., 2017. Disponível em: <https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/8a20a8621978632d76c43dfd28b67767-Paper.pdf>
- MACHADO, K. S.; SELEME, R.; MACENO, M. M. C.; ZATTAR, I. C. Carbon footprint in the ethanol feedstocks cultivation – Agricultural CO₂ emission assessment. **Agricultural Systems**, [s. l.], v. 157, p. 140–145, 2017.

MOON, T.; SIM, S.; SON, J. E. Calibration of food and feed crop models for sweet peppers with Bayesian optimization. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, [s. l.], v. 64, n. 4, p. 615–625, 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s13580-022-00510-x>>

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | United Nations Development Programme**. 2015. Disponível em: <<https://www.undp.org/pt/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 14 fev. 2024.

POWELL, M. J. D. A Direct Search Optimization Method That Models the Objective and Constraint Functions by Linear Interpolation. Em: **Advances in Optimization and Numerical Analysis**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1994. p. 51–67.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiología vegetal. **Cell**, [s. l.], 2010.

VAN ITTERSUM, M. K.; LEFFELAAR, P. A.; VAN KEULEN, H.; KROPFF, M. J.; BASTIAANS, L.; GOUDRIAAN, J. On approaches and applications of the Wageningen crop models. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 18, n. 3–4, p. 201–234, 2003. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030102001065>>

CAPÍTULO 3 – Extracting daily data from NASA's xco₂ with xcodex: a python package created for extraction and structuring

ABSTRACT: Monitoring CO₂ levels is necessary to understanding climate change and NASA's OCO-2 satellite has been instrumental in global CO₂ monitoring, providing daily XCO₂ records available on the GES DISC platform, aiding the study of CO₂ sources and sinks. However, these records are complex netCDF (nc4) files, requiring specialized software. To simplify data handling, the XCODEX package (XCO₂ Daily EXtractor) was developed in Python. It allows for easy file acquisition, data extraction, organization, and identification of missing data in specific regions. The package was evaluated using data from the Mauna Loa observatory, producing a correct linear regression model with a lower trend. It was also applied in ten global locations proving the applications of the package. The XCODEX package simplifies the manipulation of nc4 files by providing an intuitive solution. It is freely available in the [PyPi repository](#), facilitating efficient and easy-to-use access to daily XCO₂ data.

Keywords: Python package, library, webscrap, data preprocessing.

8. INTRODUCTION

The growing anthropogenic activity is the main responsible for the emission of carbon dioxide (CO₂), corresponding to an increase of 40% since the pre-industrial era (Riahi et al., 2022). This emission has contributed to the intensification of the added greenhouse effect, negatively affecting ecosystems and, therefore, humans (Park; Kug, 2022), generating a worldwide concern for the mitigation of this gas.

Despite all efforts to characterize emissions, the removal of CO₂ from the atmosphere is not widely understood (Ciais et al., 2019; Eldering et al., 2017) because it is difficult to characterize, subject to spatial and temporal variations of various aspects scattered in the biosphere (Jones et al., 2016).

One way to learn this change is through *airborne fraction* (AF), characterized by anthropogenic carbon emitted and not reabsorbed by the Earth system. This has been increasing by an average of 2 to 3 ppm per year (Eldering et al., 2017; Raupach et al., 2014), showing the importance of checking this gas obtained by remote sensing.

Long-term CO₂ measurements are conducted at ground stations, such as Mauna Loa (1958) and TCCON (2004), aiming at the study of the behavior of this gas in the atmosphere (Ciais et al., 2019). To expand the measurements of greenhouse gases (GHG), especially CO₂, orbital soundings such as the Greenhouse gases seeing satellite (GOSAT) and Orbital Carbon Observatory-2 (OCO-2/NASA) programs were implemented as sources of measurement. Both, especially the OCO-2, have good accuracy and have been confirmed by surface measurements using, for example, the TCCON as a reference (Liang et al., 2017; Wunch et al., 2017).

The OCO-2 mission was launched in 2014, supplying *column-averaged CO₂ dry air mole fraction* (XCO₂) soundings to find sources and sinks (Hakkarainen et al., 2019) in a precise and spatially resolved manner (TAYLOR et al., 2020). It does so through three spectral channels (ABO₂, WCO₂ and SCO₂) concentrated in the oxygen-A (0.765 μm) and CO₂ (1.61 and 2.06 μm) bands, respectively (Ott; Weir, 2022), launched over the troposphere (Boesch et al., 2011). However, there is a limitation as

to the maximum and minimum latitude at which the polls are taken. In this way, coverage becomes limited to the tropics and less precise at higher latitudes, closer to the poles (Crowell et al., 2018).

The data obtained by OCO-2 are widely used in lines of research, such as the accuracy analysis of surveys (Connor et al., 2016), Behavior of the global carbon cycle (Eldering et al., 2017) and in agroecosystems (Morais Filho et al., 2021), exposing changes in CO₂ concentration in specific regions and enabling studies on the relationship between XCO₂ and extreme weather events (Longo et al., 2020; Santos et al., 2022).

One of the products made available by NASA is the OCO-2 GEOS L3 (Goddard Earth Observing System, Level 3). This product offers daily grid probes of 0.5 x 0.625 decimal degrees, corresponding to approximately 38.5 km², interpolated with the averages of XCO₂, through the GEOS CoDAS (Constituent Data Assimilation System) model, using data assimilation (Ott; Weir, 2022). When data are not available, such as in cloudy sky scenes, the gaps are filled by GEOS simulations with all earlier observations in a statistically correct manner (Ott; Weir, 2022).

To store the data for this product, NASA adopts Network *Common Data Form* (netCDF) files, developed by *the Unidata Program Center in Boulder* (Liu et al., 2018). netCDF (nc4) is a hardware-independent set of libraries and data formats that support the creation, access, and sharing of matrix-oriented scientific data, used primarily in geosciences (Nativi et al., 2005).

The data in the nc4 files are organized into multilayer arrays where each vector represents a quantity such as latitudes, longitude, and time (Figure 1-a). For example, XCO₂ values are obtained by crossing these vectors (Figure 1-b), however, the understanding and extraction of these data require specific programming knowledge.

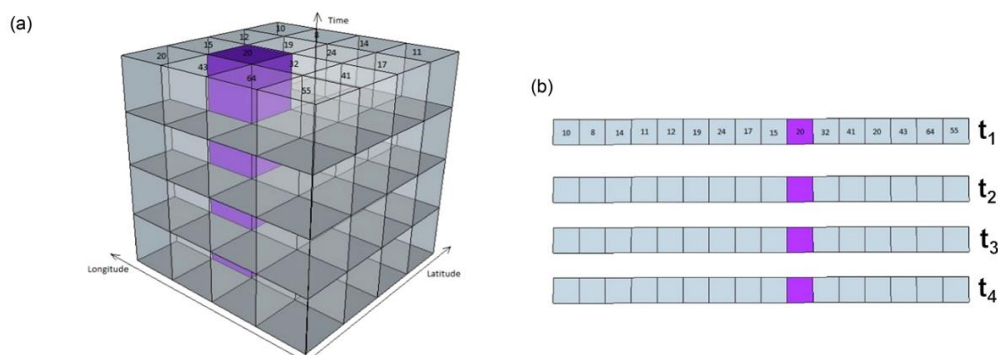


Figure 23. Graphical description of a file of type nc4, a) vectors of latitude, longitude and time, b) Breakdown of the crossing of latitude and longitude over time (t). Modified from Liu et al. (2018)

Faced with the complexity and challenges related to the spatio-temporal characterization of XCO_2 , and its data extraction in the nc4 files of the OCO-2 GEOS L3 product, the XCODEX package was developed, in the Python language, for extraction and structuring of the data in an intuitive and simple way. In the present work, we applied the XCODEX package in Mauna Loa and five locations for both hemispheres in order to verify its functionality.

9. MATERIAL AND METHODS

9.1. Introduction to XCODEX

The daily XCO₂ data, measured by OCO-2/NASA, for the entire planet, is downloaded by the XCODEX package (Figure 24-A), composing the historical series desired by the user. From the downloaded files, the data extraction phase begins (Figure 24-C) when the user defines the places of interest, consisting of three steps: declaration of variables (i); comparison between dates (ii); Data extraction (iii). Finally, the time series, organized for each locale, are organized in tables of the type Pandas DataFrame (Figure 2-D). XCODEX manages missing data in case of problems while obtaining nc4 files. In this way, the user will be notified, during the use of the package, about the amount of missing data and the links needed to complete the initial dataset (Figure 24-E).

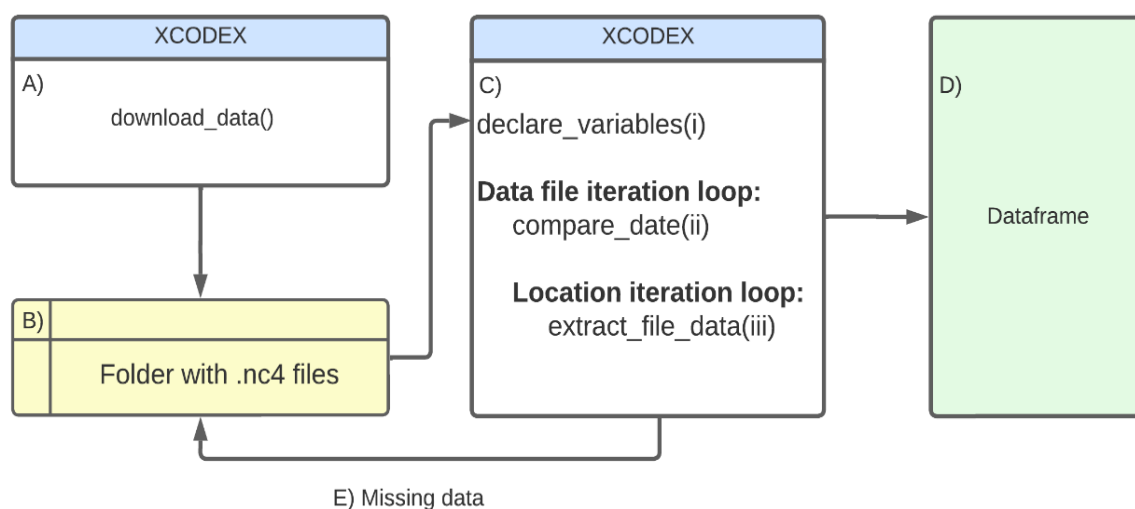


Figure 24. XCODEX package flowchart, with steps A) Download the Global XCO₂ data, B) Organization of the downloaded files, C) Extraction of temporal data for each

desired location, D) Organization of the final data E) recovering missing data and adding to the first nc4 folder.

In step C (Figure 2), you first declare the variables that will store the package health information, such as count indexes, geographic coordinates, and user-defined period, and the desired results, such as XCO₂ (i). The package is based on a comparison between the dates contained in the nc4 files and the calendar dates, where each file stands for an XCO₂ polling day (ii). When the script recognizes that these two dates are synchronized, the process of extracting the data (iii) and its consecutive structuring in table form begins (DataFrame pandas, Figure 2-D). The results stored in the final DataFrame are locale, date, latitude, longitude and XCO₂, as well as others related to the structure of the files.

A missing data detection system composes the package and creates a text file describing the missing data links (Figure 24 2-E). The user can later use these links to complete their first data folder and use it again for spatialized data extraction and over the defined period.

9.2. Package dependencies

The XCODEX package was developed in the Python language starting with version 3.8 and is available for use in the [PyPi](#) repository. For proper use, some libraries are needed and are automatically installed. They are pandas (i); numpy (ii); netCDF4 (iii) and requests (iv). Finally, it is recommended to use IDEs that support scripts in Jupyter Notebook format.

9.3. XCODEX in detail

9.3.1. Download

In the data download phase, the user sets the start and end dates of data extraction (i.e.: "1st of January, 2015"; "31st of December, 2015"). These parameters will be passed to the *calendar_list()* method that will create a calendar with the time series.

With the time series formed, a second method will form a list of links to download the data. To do this, two authentication files (*.netrc* and *.dodsrc*) from the [Earthdata login](#) system need to compose the user's directory. In the first interaction with the user, such credentials will be asked, and the files will be created automatically. Finally, a "*downloaded_data*" folder will be created in the user's execution directory and the automatic download of the historical series will begin.

9.3.2. Extraction

To use this function, the user must enter the location of the folder that holds the nc4 files, the start and end dates of the historical series and the locations, with latitude and longitude of extraction in dictionary form.

The first method, called *variables()*, defines the variables used in the main routine *xco2_extract()*, these being the locality, latitude, and longitude, XCO₂ and XCO₂_prec (poll quality), year, month, day, julian day and the name of the nc4 file.

Progressive reading (iteration) of the nc4 files will be performed next. In the first step of this iteration, the dates contained in the files and generated in the calendar will be compared. Its operation will verify that the year, month, and day, respectively, are consistent with the current nc4 file. If this condition is false, a true Boolean is issued, subjecting the next file to comparison, until this is satisfied, allowing the construction of the historical series.

A new iteration will analyze each location, latitude, and longitude reported by the user. This information will be saved in a list, and then a new comparison between dates will be performed. The successive comparison of dates allows us to name the missing data, both by instabilities of connection to the NASA server, and by the absence of the value itself. Thus, no problems do not affect the construction of the historical series since it is treated as missing data.

When both date comparisons succeed, the *numpy.where()* and *numpy.isclose()* functions find the latitude and longitude indices of the nc4 file, corresponding to those

reported by the user, and are then stored in a list. In practice, these indices function as the "addresses" of the vectors compared to the geographical coordinates of the place.

The combination of latitude and longitude indices, shown in the earlier step, supplies the XCO₂ and XCO₂_prec data, ending the first iteration. This will be repeated until all locations are resolved, in the desired period for the analysis. Finally, a *pandas.DataFrame()* is elaborated with the location information, julian days, day, month, year, latitude, longitude, latitude index, longitude index, XCO₂ and XCO₂_prec of each iterated file. The storage of this table can be conducted, after the extraction, by the user.

XCODEX makes it possible to name missing data. The variable *missing_data()*, when employed, creates a subset holding the null data links and enables the user to complete their dataset.

9.4. Some applications of the XCODEX package

9.4.1. Mauna Loa

Commonly, data from ground-based observatories are used to compare and confirm data obtained by satellites (Liang et al., 2017; Wunch et al., 2017). In the present article we compare the monthly CO₂ data obtained by the ground-based observatory of Mauna Loa (Tans; Keeling, 2023) with daily XCO₂ product (Brad Weir et al. 2022) extracted by the XCODEX package in the same locale.

CO₂ data from the Mauna Loa station were obtained from the [GML](https://gml.noaa.gov/) (Global Monitoring Laboratory, <https://gml.noaa.gov/>) platform and XCO₂ data for the same location were obtained from [GES DISC](#).

Both data sets were stratified monthly, in the historical series from Jan 01, 2015, to December 31, 2021, and submitted to training and testing for simple linear regression modeling using the Ordinary Least Squares (OLS) method. The model was trained with 70% of the data set (n = 84) and the estimated and observed values of the test period were compared with the 1:1 line in order to verify its performance.

For model validation, The root mean square error was evaluated (RMSE, 13), coefficient of determination adjusted (R^2 adj, 14), e estimative mean error (EME, 15).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - y_i)^2}{N - 1}} \quad (13)$$

$$R^2 \text{adj} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (14)$$

$$\text{EME} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)}{N} \quad (15)$$

Where: \tilde{y}_i the estimated value; \bar{y}_i the mean of the observed values; y_i the observed value ;N the total number of observations.

In addition, the normality and homoscedasticity test of data was performed by the Shapiro-Wilk and Breush-Pagan methods ($\alpha = 0.05$), respectively. Finally, the Kaiser-Meyer-Olkin test (KMO) was performed to test the proportionality of the variances.

9.4.2. Other places on the planet

As a second example of application of the XCODEX package we used 10 (ten) regions of the globe, in the same time series as done in Mauna Loa, being 5 in each hemisphere, using different biomes for its analysis. The selected locations in the northern hemisphere were: London – England (i); Handan – China (ii); Lhasa – Tibet (iii); Yakutsk – Russia (iv); and Winnipeg – Canada (v). For the southern hemisphere, the selected locations were: São Paulo – Brazil (i); Maputo – Africa (ii); Ushuala – Argentina (iii); Manaus – Brazil (iv); and Alice Springs – Australia (v).

10.RESULT AND DISCUSSION

10.1. Mauna Loa

CO₂ data from the Mauna Loa observatory (Tans; Keeling, 2023) were compared with those of XCO₂ extracted by XCODEX. Both the XCO₂ data extracted by XCODEX, and the CO₂ data showed normal distribution (p-value = 0.07; 0.195, α = 0.05), homoscedasticity (0.290, α = 0.05) and KMO = 0.494.

It is worth mentioning that CO₂ values are measured *in situ*, and therefore are more sensitive to the influence of the biosphere, that is, the processes of respiration and photosynthesis. On the other hand, measurements of XCO₂, which is the average CO₂ in the column, are obtained by remote sensing, from the troposphere (Boesch et al., 2011), in a regional resolution. Thus, the amplitude of the values obtained by Tans and Keeling (2023), in the historical series analyzed, especially in the transition between stations, are larger than that extracted by the XCODEX packet (Figure 25).

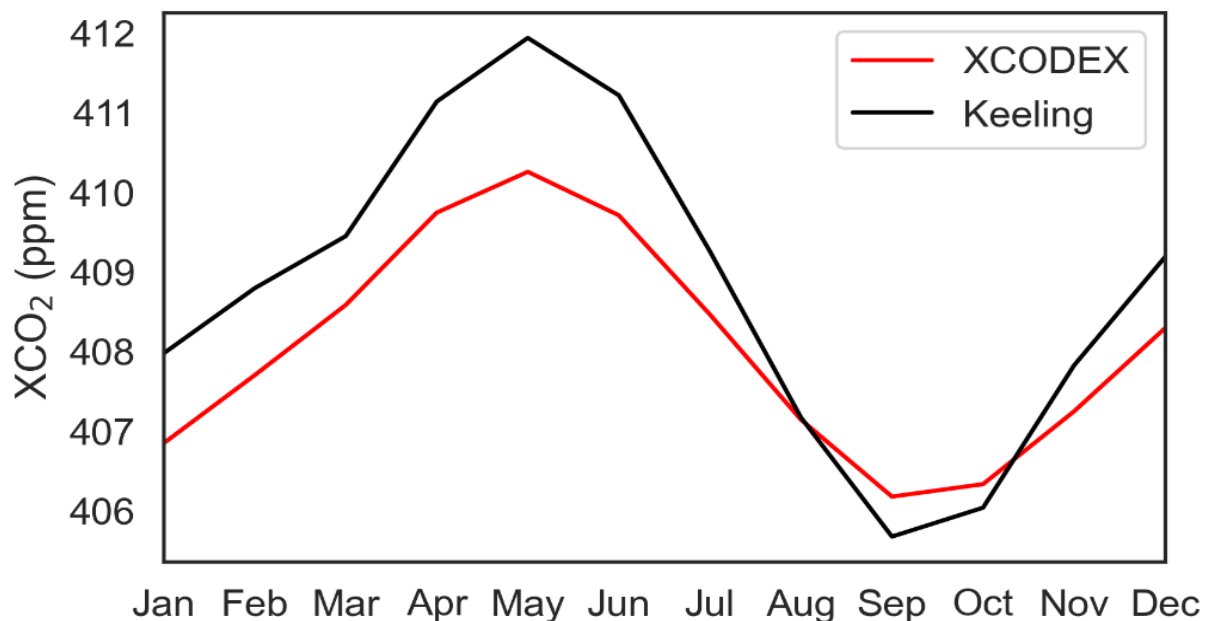


Figure 25. Monthly CO₂ concentration values for the Keeling series (Tans; Keeling, 2023) and XCO₂ extracted by the XCODEX package on the period of jan/2015 to dec/2021.

The model ($Y = 1.025X - 9.543$, $p < 0.001$) showed high correlation (adjusted $R^2 = 0.983$), high accuracy (RMSE = 0.659 ppm) and small trend (EME = 0.025 ppm) (Figure 26) in agreement with the results reported by Wunch et al. (2017).

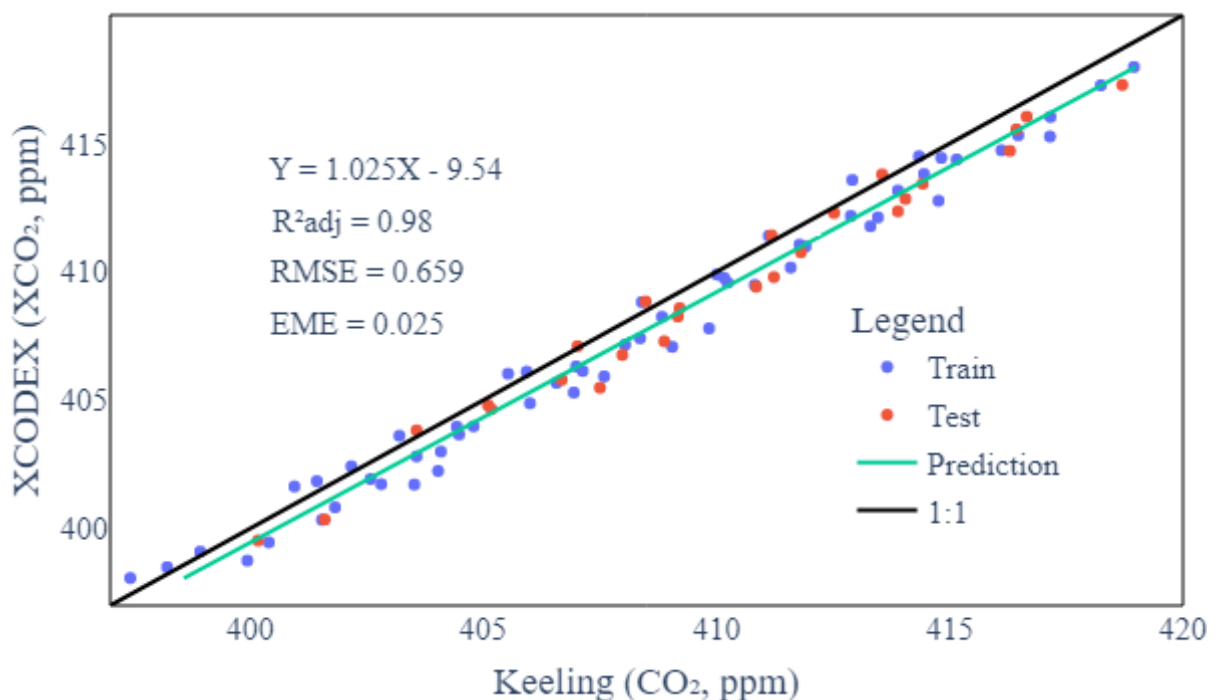


Figure 26. Linear regression of adjusted R^2 , RMSE and EME values of the model between XCODEX values and obtained by the Mauna Loa observatory.

10.2. Other places

For the second application, 05 sites were analyzed for each hemisphere (Figure 27) and the XCODEX package extracted the daily data from XCO₂, following the criteria performed for Mauna Loa.

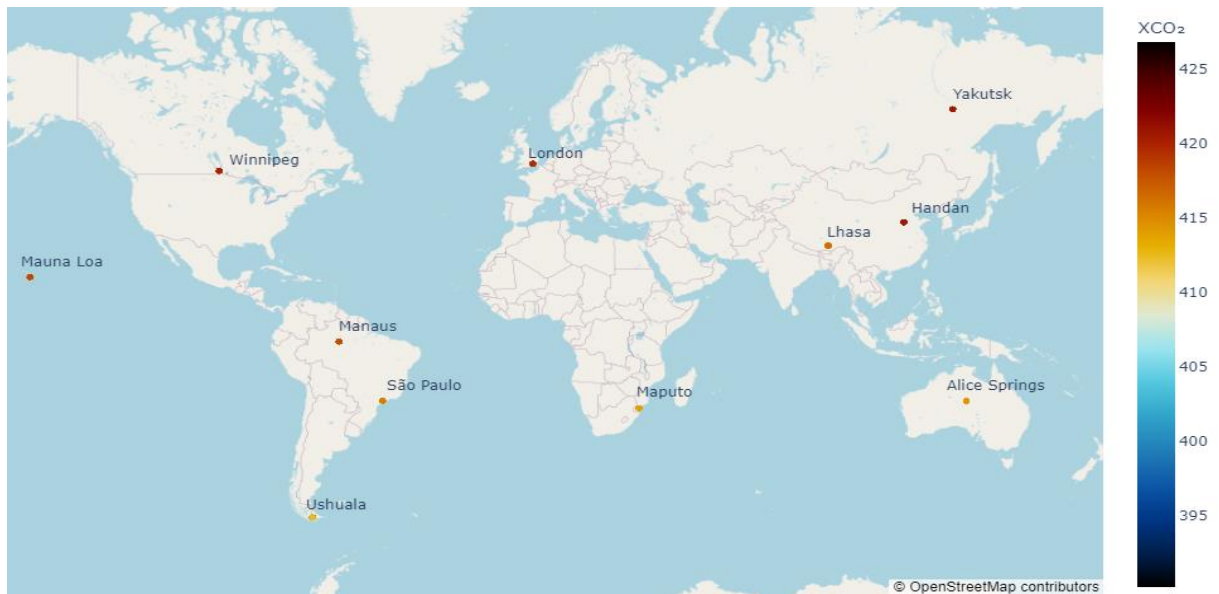


Figure 27. Map showing the localities and average values of XCO₂ (ppm) from January 2015 to December 2021.

The highest concentrations of XCO₂ occurred in the northern hemisphere, mainly in regions of high and middle latitude, with a decrease in concentration during the late spring and summer period and, finally, a new increase with stability during the winter (Figure 28). This shows the predominance of the respiration process of soils and plants (Bond-Lamberty et al., 2018) during the winter, acting as sources (Ciais et al., 2019; Eldering et al., 2017), and CO₂ sequestration by photosynthesis during the summer (Eldering et al., 2017).

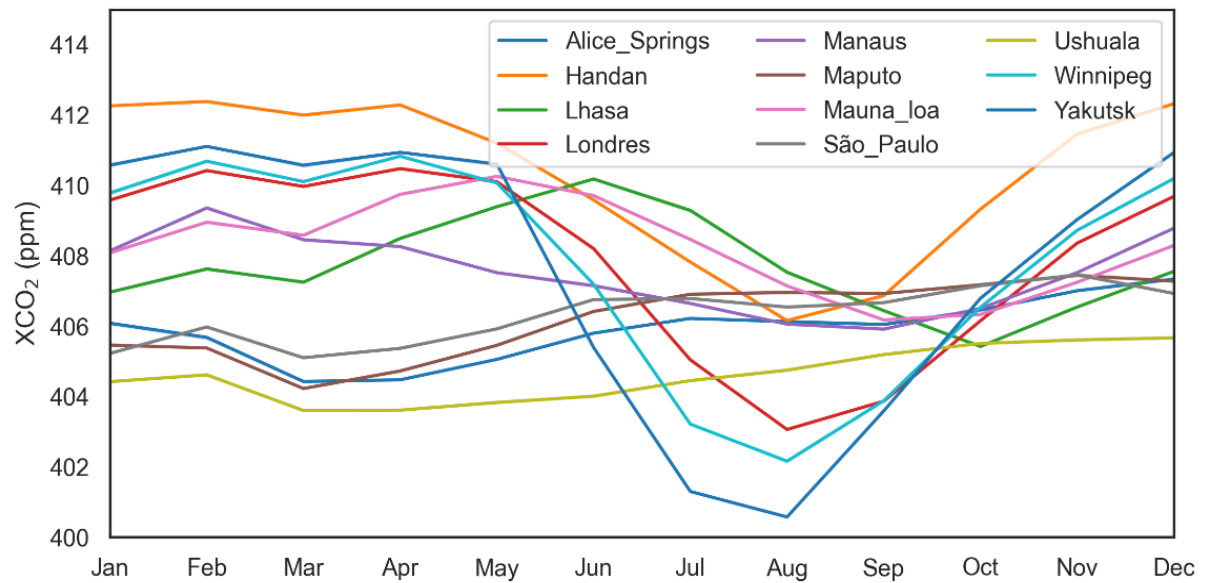


Figure 28. Monthly averages of XCO₂ (ppm) in the studied period extracted from the XCODEX package.

In the southern hemisphere, on the other hand, there was a lower concentration of XCO₂ and did not present clear seasonality throughout the months (Figure 28). This is due to the lower thermal amplitude and higher average temperatures favoring the sequestration of CO₂ in the photosynthesis process (Ciais et al., 2019). A similar rate of increase in XCO₂ was also observed in the studied localities, ranging from 400 ppm to 410 ppm showing a behavior like the world concentration (represented by the Keeling data) in the study period (Figure 29).

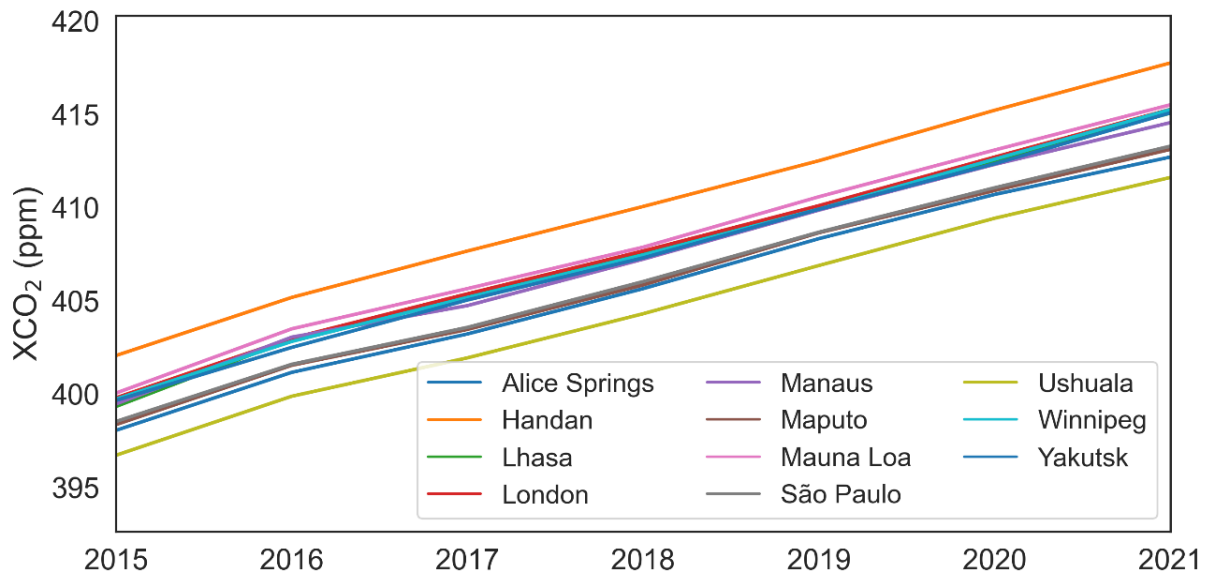


Figure 29. Comparison of the XCO₂ increase of the selected locations with those obtained at Mauna Loa, extracted with the XCODEX package, during the historical series.

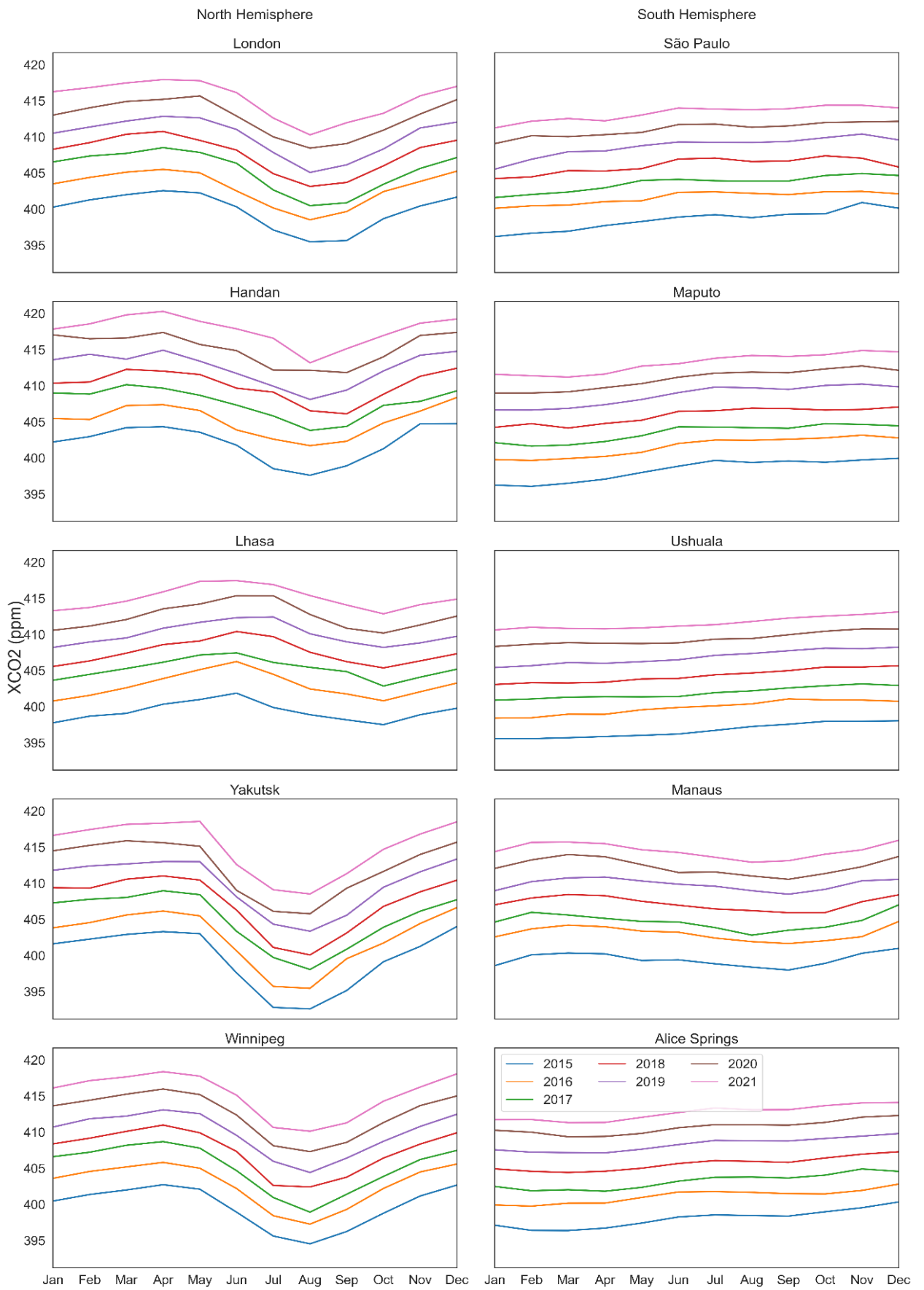


Figure 30. Monthly average of XCO₂ in the distinct locations of the northern and southern hemisphere.

The advective factor may also influence the concentration of XCO₂ measured, especially in the northern hemisphere. This is due to the mass of air displaced from places with heavy burning of fossil fuels coming from other parts of the continents (Eldering et al., 2017; Keeling, 1960), especially between the hemispheres (Ciais et al., 2019) overloading the kidnapping processes, contributing to the increase in AF (Friedlingstein et al., 2006) throughout the historical series.

11. CONCLUSION

Faced with the complexity of handling nc4 files, the XCODEX package was able to download and extract daily XCO₂ data in distinct locations in an uncomplicated way and with no plain trend in the data. It should be considered that, because these are data obtained by remote sensing, the maximum and minimum values of XCO₂ are less representative when compared with measurements at the terrestrial level, *in situ*. However, the temporal variability of these data is like the terrestrial one and are of fundamental importance for understanding the behavior of sources and sinks on a global scale.

12. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our gratitude to Newton La Scala for his insightful considerations and contributions to our work. We would also like to thank Glauco de Souza Rolim for this invaluable mentoring and guidance throughout this research.

13. REFERENCES

BOESCH, H.; BAKER, D.; CONNOR, B.; CRISP, D.; MILLER, C. Global Characterization of CO₂ Column Retrievals from Shortwave-Infrared Satellite Observations of the Orbiting Carbon Observatory-2 Mission. *Remote Sensing*, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 270–304, 2011.

BOND-LAMBERTY, B.; BAILEY, V. L.; CHEN, M.; GOUGH, C. M.; VARGAS, R. Globally rising soil heterotrophic respiration over recent decades. *Nature*, [s. l.], v. 560, n. 7716, p. 80–83, 2018.

BRAD WEIR; LESLEY OTT; OCO-2 SCIENCE TEAM (2022). OCO-2 GEOS Level 3 daily, 0.5x0.625 assimilated CO₂ V10r. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), [s. l.], 2022. Disponível em: <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OCO2_GEOS_L3CO2_DAY_10r/summary>. Acesso em: 19 mar. 2023.

CIAIS, P.; TAN, J.; WANG, X.; ROEDENBECK, C.; CHEVALLIER, F.; PIAO, S.-L.; MORIARTY, R.; BROQUET, G.; LE QUÉRÉ, C.; CANADELL, J. G.; PENG, S.; POULTER, B.; LIU, Z.; TANS, P. Five decades of northern land carbon uptake revealed by the interhemispheric CO₂ gradient. *Nature*, [s. l.], v. 568, n. 7751, p. 221–225, 2019.

CONNOR, B.; BÖSCH, H.; MCDUFFIE, J.; TAYLOR, T.; FU, D.; FRANKENBERG, C.; O'DELL, C.; PAYNE, V. H.; GUNSON, M.; POLLOCK, R.; HOBBS, J.; OYAFUSO, F.; JIANG, Y. Quantification of uncertainties in OCO-2 measurements of XCO₂: simulations and linear error analysis. *Atmospheric Measurement Techniques*, [s. l.], v. 9, n. 10, p. 5227–5238, 2016.

CROWELL, S. M. R.; RANDOLPH KAWA, S.; BROWELL, E. V.; HAMMERLING, D. M.; MOORE, B.; SCHAEFER, K.; DONEY, S. C. On the Ability of Space-Based Passive and Active Remote Sensing Observations of CO₂ to Detect Flux Perturbations to the Carbon Cycle. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, [s. l.], v. 123, n. 2, p. 1460–1477, 2018.

ELDERING, A.; WENNBERG, P. O.; CRISP, D.; SCHIMEL, D. S.; GUNSON, M. R.; CHATTERJEE, A.; LIU, J.; SCHWANDNER, F. M.; SUN, Y.; O'DELL, C. W.; FRANKENBERG, C.; TAYLOR, T.; FISHER, B.; OSTERMAN, G. B.; WUNCH, D.; HAKKARAINEN, J.; TAMMINEN, J.; WEIR, B. The Orbiting Carbon Observatory-2 early science investigations of regional carbon dioxide fluxes. *Science*, [s. l.], v. 358, n. 6360, 2017.

FRIEDLINGSTEIN, P.; COX, P.; BETTS, R.; BOPP, L.; VON BLOH, W.; BROVKIN, V.; CADULE, P.; DONEY, S.; EBY, M.; FUNG, I.; BALA, G.; JOHN, J.; JONES, C.; JOOS, F.; KATO, T.; KAWAMIYA, M.; KNORR, W.; LINDSAY, K.; MATTHEWS, H. D.; RADDATZ, T.; RAYNER, P.; REICK, C.; ROECKNER, E.; SCHNITZLER, K.-G.; SCHNUR, R.; STRASSMANN, K.; WEAVER, A. J.; YOSHIKAWA, C.; ZENG, N. Climate–Carbon Cycle Feedback Analysis: Results from the C4MIP Model Intercomparison. *Journal of Climate*, [s. l.], v. 19, n. 14, p. 3337–3353, 2006.

HAKKARAINEN, J.; IALONGO, I.; MAKSYUTOV, S.; CRISP, D. Analysis of Four Years of Global XCO₂ Anomalies as Seen by Orbiting Carbon Observatory-2. *Remote Sensing*, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 850, 2019.

JONES, C. D.; CIAIS, P.; DAVIS, S. J.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GASSER, T.; PETERS, G. P.; ROGELJ, J.; VAN VUUREN, D. P.; CANADELL, J. G.; COWIE, A.; JACKSON, R. B.; JONAS, M.; KRIEGLER, E.; LITTLETON, E.; LOWE, J. A.; MILNE, J.; SHRESTHA, G.; SMITH, P.; TORVANGER, A.; WILTSHIRE, A. Simulating the Earth system response to negative emissions. *Environmental Research Letters*, [s. l.], v. 11, n. 9, p. 095012, 2016.

KEELING, C. D. The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere. *Tellus*, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 200–203, 1960. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/tellusa.v12i2.9366>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

LIANG, A.; GONG, W.; HAN, G.; XIANG, C. Comparison of satellite-observed XCO₂ from GOSAT, OCO-2, and ground-based TCCON. *Remote Sensing*, [s. l.], v. 9, n. 10, 2017.

LIU, H.; VAN OOSTEROM, P.; TIJSSSEN, T.; COMMANDEUR, T.; WANG, W. Managing large multidimensional hydrologic datasets: A case study comparing NetCDF and SciDB. *Journal of Hydroinformatics*, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 1058–1070, 2018. Disponível em: <<https://iwaponline.com/jh/article/20/5/1058/38915/Managing-large-multidimensional-hydrologic>>

LONGO, M.; SAATCHI, S.; KELLER, M.; BOWMAN, K.; FERRAZ, A.; MOORCROFT, P. R.; MORTON, D. C.; BONAL, D.; BRANDO, P.; BURBAN, B.; DERROIRE, G.; DOS-SANTOS, M. N.; MEYER, V.; SALESKA, S.; TRUMBORE, S.; VINCENT, G. Impacts of Degradation on Water, Energy, and Carbon Cycling of the Amazon Tropical Forests. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, [s. l.], v. 125, n. 8, p. e2020JG005677, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JG005677>>. Acesso em: 5 abr. 2023.

MORAIS FILHO, L. F. F.; MENESES, K. C. De; SANTOS, G. A. de A.; BICALHO, E. da S.; ROLIM, G. de S.; LA SCALA JR, N. xCO₂ temporal variability above Brazilian agroecosystems: A remote sensing approach. *Journal of Environmental Management*, [s. l.], v. 288, p. 112433, 2021.

NATIVI, S.; CARON, J.; DAVIS, E.; DOMENICO, B. Design and implementation of netCDF markup language (NcML) and its GML-based extension (NcML-GML). *Computers & Geosciences*, [s. l.], v. 31, n. 9, p. 1104–1118, 2005. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098300405001019>>

OTT, Lesley.; WEIR, Brad. OCO-2 GEOS Level 3 daily, 0.5x0.625 assimilated CO2 V10r. Greenbelt, MD, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), [s. l.], p. 10, 2022. Disponível em: <https://docserver.gesdisc.eosdis.nasa.gov/public/project/OCO/README_OCO2_GEOS.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2023.

PARK, S.-W.; KUG, J.-S. A decline in atmospheric CO2 levels under negative emissions may enhance carbon retention in the terrestrial biosphere. *Communications Earth & Environment*, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 289, 2022.

RAUPACH, M. R.; GLOOR, M.; SARMIENTO, J. L.; CANADELL, J. G.; FRÖLICHER, T. L.; GASSER, T.; HOUGHTON, R. A.; LE QUÉRE, C.; TRUDINGER, C. M. The declining uptake rate of atmospheric CO2 by land and ocean sinks. *Biogeosciences*, [s. l.], v. 11, n. 13, p. 3453–3475, 2014. Disponível em: <<https://bg.copernicus.org/articles/11/3453/2014/>>

RIAHI, K.; R. SCHAEFFER; J. ARANGO; K. CALVIN; C. GUIVARCH; T. HASEGAWA; K. JIANG, E. K.; R. MATTHEWS; G.P. PETERS; A. RAO; S. ROBERTSON; A.M. SEBBIT; J. STEINBERGER; M. TAVONI; D.P. VAN VUUREN. Mitigation pathways compatible with long-term goals. In: P.R. SHUKLA; J. SKEA; R. SLADE; A. AL KHOURDAJIE; R. VAN DIEMEN; D. MCCOLLUM; M. PATHAK; S. SOME; P. VYAS; R. FRADERA; M. BELKACEMI; A. HASIJA; G. LISBOA; S. LUZ; J. MALLEY (Eds.). IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022. p. 295–408.

SANTOS, G. A. de A.; MORAIS FILHO, L. F. F.; MENESES, K. C. De; SILVA JUNIOR, C. A. Da; ROLIM, G. de S.; LA SCALA, N. Hot spots and anomalies of CO2 over eastern Amazonia, Brazil: A time series from 2015 to 2018. *Environmental Research*, [s. l.], v. 215, p. 114379, 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935122017066>>. Acesso em: 5 abr. 2023.

TANS, P.; KEELING, R. Mauna Loa CO2 monthly mean data. 2023.

TAYLOR, T. E.; ELDERING, A.; MERRELLI, A.; KIEL, M.; SOMKUTI, P.; CHENG, C.; ROSENBERG, R.; FISHER, B.; CRISP, D.; BASILIO, R.; BENNETT, M.; CERVANTES, D.; CHANG, A.; DANG, L.; FRANKENBERG, C.; HAEMMERLE, V. R.; KELLER, G. R.; KUROSU, T.; LAUGHNER, J. L.; LEE, R.; MARCHETTI, Y.; NELSON, R. R.; O'DELL, C. W.; OSTERMAN, G.; PAVLICK, R.; ROEHL, C.; SCHNEIDER, R.; SPIERS, G.; TO, C.; WELLS, C.; WENNBERG, P. O.; YELAMANCHILI, A.; YU, S. OCO-3 early mission operations and initial (vEarly) XCO₂ and SIF retrievals. *Remote Sensing of Environment*, [s. l.], v. 251, p. 112032, 2020.

WUNCH, D.; WENNBERG, P. O.; OSTERMAN, G.; FISHER, B.; NAYLOR, B.; ROEHL, C. M.; O'DELL, C.; MANDRAKE, L.; VIATTE, C.; KIEL, M.; GRIFFITH, D. W. T.; DEUTSCHER, N. M.; VELAZCO, V. A.; NOTHOLT, J.; WARNEKE, T.; PETRI, C.; DE MAZIERE, M.; SHA, M. K.; SUSSMANN, R.; RETTINGER, M.; POLLARD, D.; ROBINSON, J.; MORINO, I.; UCHINO, O.; HASE, F.; BLUMENSTOCK, T.; FEIST, D. G.; ARNOLD, S. G.; STRONG, K.; MENDONCA, J.; KIVI, R.; HEIKKINEN, P.; IRACI, L.; PODOLSKE, J.; HILLYARD, P. W.; KAWAKAMI, S.; DUBEY, M. K.; PARKER, H. A.; SEPULVEDA, E.; GARCÍA, O. E.; TE, Y.; JESECK, P.; GUNSON, M. R.; CRISP, D.; ELDERING, A. Comparisons of the Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2) CO_2 measurements with TCCON. *Atmospheric Measurement Techniques*, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 2209–2238, 2017. Disponível em: <<https://amt.copernicus.org/articles/10/2209/2017/>>. Acesso em: 26 nov. 2023.

CAPÍTULO 4 – Considerações finais

14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, desenvolvemos e apresentamos uma metodologia precisa para a calibração do modelo WOFOST, utilizando o pacote NLOpt e o algoritmo COBYLA. Além disso, criamos um pacote Python para a extração e composição de séries temporais de dados diários de XCO₂, coletados pelo satélite OCO-2/NASA. Esses avanços nos permitiram estabelecer uma correlação entre os resultados do modelo WOFOST e os valores diários de XCO₂, e desenvolver um ensemble de modelos que combina o WOFOST com o Random Forest para a estimativa de XCO₂.

A relevância deste trabalho reside na abordagem inovadora para a estimativa de XCO₂, que combina dois modelos distintos, permitindo a interpretação de fenômenos físicos e biológicos a partir de uma perspectiva estatística. Isso nos possibilita estabelecer relações causais entre a presença de CO₂ atmosférico, enriquecido por atividades antrópicas que intensificam as mudanças climáticas, e cultivos de grande importância para matrizes energéticas sustentáveis e a produção de grãos, fundamentais para a alimentação em diversos países ao redor do mundo.

Para o futuro, planejamos expandir este trabalho através da elaboração de modelos de aprendizado em escala global, abrangendo outras regiões e séries temporais mais extensas. Acreditamos que isso contribuirá para a obtenção de modelos mais precisos, fundamentais para o avanço do estudo das mudanças climáticas nos agrossistemas. Essa evolução será importante para promover uma produção sustentável de alimentos no Brasil e no mundo.

Uma vez alcançado esse objetivo, será possível integrar modelos de predição de produtividade e estimação de XCO₂ para compreender e tomar decisões informadas sobre a produção de alimentos. Além disso, esses modelos poderão ser utilizados para estudar diferentes cenários de mudanças climáticas, conforme propostos pelo IPCC.

15. ANEXOS

Tabela 5. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
SLATB00	0,00075	0,000567	0,001653	0,000901	0,000555	0,001316	0,000104	0,00045	0,000456	0,000499	0,000491	0,00092	0,001221	8,79E-05	0,000842	4,31E-05	0,00057	0,000685
SLATB21	0,001564	0,00118	0,002454	0,001891	0,001086	0,002496	0,000631	0,001878	0,00142	0,002161	0,001408	0,001577	0,00159	0,001565	0,001649	0,000726	0,00162	0,001739
SLATB29	0,00214	0,002685	0,001404	0,002097	0,003351	0,002421	0,002324	0,002339	0,002781	0,003481	0,00295	0,0024	0,002506	0,002392	0,002501	0,003763	0,002442	0,002416
SLATB64	0,002535	0,002582	0,002207	0,002415	0,002147	0,002691	0,002871	0,003038	0,002858	0,002509	0,004162	0,002781	0,002357	0,002707	0,001859	0,002708	0,002637	0,002501
SLATB95	0,001358	0,001926	0,000936	0,001792	0,002124	0,000979	0,001795	0,001914	0,00177	0,001851	0,001928	0,002092	0,001873	0,001527	0,002149	0,002126	0,001504	0,001825
SLATB01	0,001375	0,000898	0,001073	0,001004	0,000938	0,001204	0,000954	0,001103	0,001191	0,001072	0,000993	0,00095	0,001288	0,001702	0,001101	0,000971	0,001104	0,000999
AMAXTB00	83,53839	81,91054	75,66567	79,9601	80,83533	81,90176	77,17553	73,37185	79,71011	85,389	76,46726	81,68534	80,11572	80,35567	74,33434	79,74399	72,20997	78,56022
AMAXTB14	89,44274	86,71247	87,80779	87,66452	89,92379	83,79941	81,30046	89,20975	85,52123	78,51433	80,91606	81,33359	82,8009	89,16147	89,85966	83,38462	87,29683	80,14575
AMAXTB82	89,82694	89,99484	85,57523	76,79624	89,25472	89,99166	89,82386	89,2565	89,51325	89,94486	89,99999	89,95264	88,19044	89,31365	88,40699	89,68035	88,79936	87,81647
AMAXTB01	74,79452	63,97471	57,3166	62,24874	50,1428	62,71336	62,57416	60,11224	72,4562	72,26997	68,36083	62,77985	60,97016	51,47217	73,79705	73,17341	63,26457	63,28077
TMPFTB00	0,034019	0,020476	0,172971	0,000893	0,001263	0,031152	0,000896	0,095191	0,010152	0,004941	0,048774	0,008788	0,000858	0,007305	0,001729	0,006856	0,001414	0,003092
TMPFTB08	0,801179	0,799459	0,788844	0,800488	0,822149	0,781884	0,800239	0,799909	0,796224	0,794013	0,684477	0,803485	0,80173	0,800944	0,780662	0,838951	0,801024	0,798798
TMPFTB10	0,996186	0,976005	0,988627	0,999543	0,88724	0,968513	0,989538	0,987186	0,998441	0,990853	0,994534	0,993984	0,997661	0,872978	0,980431	0,999216	0,909647	0,982233
TMPFTB35	0,999604	0,999797	0,991447	0,99959	0,786479	0,999225	0,997772	0,995704	0,995348	0,993787	0,999557	0,997747	0,999054	0,993543	0,997691	0,993441	0,987453	0,990764
TMPFTB45	0,009856	0,021307	0,18314	0,009016	0,153945	0,031179	0,000817	0,0254	0,023567	0,033314	0,004712	0,051194	0,002978	0,079136	0,075632	0,090246	0,01482	0,05017
RFSETB0	0,785537	0,758397	0,998172	0,812636	0,692642	0,710781	0,588738	0,740313	0,750093	0,733041	0,770263	0,788442	0,645111	0,530649	0,769277	0,819332	0,969471	0,785715
RFSETB1	0,738447	0,65216	0,801082	0,812367	0,811932	0,767769	0,722929	0,63248	0,899343	0,595621	0,494685	0,750565	0,869892	0,678451	0,698301	0,53327	0,727542	0,755572
SPAN	89,98146	89,89146	85,588	90,01393	89,74185	87,81089	90,0206	90,62285	90,02992	89,01636	89,99497	89,99021	90,21413	89,96651	89,72511	91,26238	89,98841	87,47617
TSUM1	5658,914	5647,654	5879,573	5680,301	5616,572	5537,154	5593,948	5621,778	5840,176	5610,976	5606,514	5662,933	5652,469	5611,506	5599,786	5637,055	5661,62	5672,134
TDWI	30,01083	30,82894	31,28464	30,44582	30,18355	30,84151	30,00997	30,10664	30,71975	30,16475	30,24796	30,0707	30,72713	30,07981	30,18607	30,03392	30,82569	30,13002
RRLAI	0,052045	0,050625	0,048385	0,050089	0,053356	0,057011	0,049892	0,049988	0,050119	0,049155	0,064783	0,049906	0,049447	0,047377	0,048474	0,051004	0,047432	0,049785
TSUMEM	197,6861	210,176	161,3036	200,6003	194,4475	234,2654	199,7864	200,4886	201,4817	193,282	199,6133	200,0292	198,0948	201,0397	200,9745	198,2016	199,9723	200,0826
TBASE	10,61524	8,791726	9,323614	9,981373	9,560122	8,04795	10,00748	9,856929	9,718196	9,848795	17,78731	19,89165	10,34844	9,984263	10,7308	18,04668	10,39793	10,01255
CVL	0,756837	0,757748	0,756569	0,757502	0,757405	0,757664	0,75477	0,757563	0,757903	0,757958	0,757285	0,751471	0,757851	0,759643	0,755364	0,756387	0,757908	0,757755
CVR	0,748941	0,749859	0,746148	0,750024	0,752158	0,748243	0,746816	0,749904	0,749975	0,750057	0,750793	0,750267	0,75031	0,751216	0,749957	0,750107	0,74992	0,749261
CVS	0,860893	0,899977	0,815962	0,867854	0,813776	0,899689	0,899816	0,896421	0,88163	0,895928	0,899997	0,847816	0,881937	0,819311	0,884587	0,899665	0,883144	0,875922
Q10	2,376629	1,973424	2,462726	2,001743	2,396882	1,911803	1,977511	1,998102	2,37405	2,327866	1,967524	2,362681	2,271852	1,938216	1,985786	1,984739	2,034448	1,998424
RML	0,028048	0,025765	0,02625	0,029989	0,036521	0,023	0,023582	0,028681	0,027662	0,021415	0,019531	0,028002	0,022479	0,02685	0,026444	0,024484	0,037026	0,02796
RMR	0,005228	0,008591	0,003602	0,009995	0,002034	0,002114	0,004089	0,004935	0,00344	0,002	0,002012	0,004523	0,003437	0,003968	0,005356	0,002047	0,002686	0,005775
RMS	0,002849	0,002772	0,003029	0,002998	0,003656	0,002438	0,002693	0,002791	0,002866	0,002711	0,00248	0,002899	0,003185	0,003492	0,002754	0,002624	0,002865	0,002909
RDI	10,14269	10,15072	19,68525	12,22632	10,59224	18,29421	10,01679	12,43267	10,3899	10	10,0157	10,01463	10,05911	13,02004	13,24656	11,76959	10,29502	10,00199
RRI	1,952471	1,585903	1,987971	1,950952	2,564559	2,13434	1,994069	2,039303	1,981536	0,923671	2,48103	2,30427	1,615155	1,992127	1,898326	1,099485	1,019785	1,174757
RDC	60,01969	52,7631	70,48636	58,21583	39,98078	50,46535	61,01806	60,06802	63,04455	52,24889	49,90564	51,99915	58,72702	59,46947	59,82553	59,15803	57,69335	60,02656
TSUM2	642,172	637,2174	648,8449	642,111	609,0673	634,7436	644,2697	640,7493	637,1152	632,6278	626,1104	627,2251	640,1251	643,443	639,3355	641,9611	641,7761	642,0133

Tabela 6. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP (Continuação da Tabela 5).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SLATB00	0,000185	0,000808	0,001076	5,76E-05	0,000606	3,33E-05	0,000171	0,000748	0,000371	0,000618	0,001257	0,000804	0,000221	0,000995	6,95E-05	7,02E-05	0,000514	0,000563
SLATB21	0,002317	0,002074	0,001868	0,001078	0,001634	0,000705	9,45E-07	0,0015	0,001151	0,001516	0,001419	0,001807	0,000952	0,001434	0,000701	0,000993	0,001671	0,001043
SLATB29	0,002806	0,002934	0,00405	0,001838	0,002437	0,002698	0,00282	0,002617	0,003467	0,002445	0,002223	0,002435	0,003447	0,002988	0,00259	0,0021	0,002783	0,001832
SLATB64	0,001826	0,002835	0,004113	0,002516	0,002218	0,003233	0,003974	0,002404	0,003554	0,002487	0,002376	0,00199	0,003335	0,002508	0,002897	0,00281	0,002611	0,002403
SLATB95	0,00169	0,002283	0,001941	0,001855	0,001743	0,002332	0,001879	0,001405	0,001857	0,00179	0,001511	0,002248	0,00179	0,00178	0,001785	0,001921	0,001783	0,001795
SLATB01	0,001213	0,001012	0,001545	0,00153	0,001058	0,001	0,001034	0,001089	0,000963	0,001215	0,000979	0,001449	0,001041	0,000709	0,000994	0,000701	0,001001	0,001711
AMAXTB00	79,54841	80,42809	82,32115	85,284	79,34262	76,46677	79,49491	73,54365	82,18446	79,60097	83,92687	73,75108	79,40606	76,59252	82,14573	79,80515	76,90726	79,56535
AMAXTB14	79,26476	87,40616	83,97144	85,64573	85,84213	79,55749	79,80283	85,64852	80,88538	87,66081	89,95218	89,38279	79,95058	88,74397	86,16262	89,58689	84,61055	83,09049
AMAXTB82	89,93186	89,87065	89,57991	89,91883	89,92444	89,88933	87,89482	83,15137	89,83594	87,97132	74,13793	89,88805	89,75413	88,24647	89,23213	89,35632	85,66323	88,90826
AMAXTB01	65,44816	46,88287	62,34656	64,35983	62,05077	63,20217	63,19525	53,17175	63,75414	74,16789	72,66373	63,86724	67,54689	79,46543	70,1829	64,88793	59,03409	66,36792
TMPFTB00	0,002716	0,022042	0,004612	0,003667	0,001569	0,00199	0,041411	6,38E-17	0,035487	0,024697	0,022493	0,004333	0,000123	0,017732	0,026402	0,046263	0,078739	0,063576
TMPFTB08	0,79889	0,775882	0,80345	0,688002	0,801201	0,612107	0,798942	0,802558	0,777147	0,801875	0,763256	0,774598	0,800096	0,80011	0,804769	0,827881	0,760146	0,799705
TMPFTB10	0,999902	0,995296	0,884353	0,999135	0,899769	0,998329	0,976405	1	0,99623	0,946293	0,999845	0,999926	0,999826	0,953069	0,99044	0,995603	0,982018	0,98398
TMPFTB35	0,999017	0,996268	0,999754	0,997315	0,983232	0,999429	0,991606	1	0,999116	0,998002	0,999261	0,988799	0,999982	0,863963	0,983651	0,996054	0,951711	0,991363
TMPFTB45	0,003327	0,00401	0,001009	0,001108	0,029385	4,01E-06	0,083481	1,97E-19	0,085943	0,007592	0,049913	0,004319	0,250196	0,130572	0,028013	0,077064	0,052275	0,104608
RFSETB0	0,778719	0,732206	0,841556	0,871204	0,658076	0,818758	0,686991	0,808345	0,759456	0,743507	0,833077	0,762008	0,770702	0,803249	0,587669	0,772152	0,78024	0,751853
RFSETB1	0,694271	0,644687	0,722766	0,630919	0,8768	0,596142	0,474623	0,7678	0,648961	0,783648	0,764082	0,67461	0,668124	0,623341	0,777996	0,648242	0,723946	0,714318
SPAN	89,96553	88,79424	89,93614	90,04296	89,82395	90,00038	90,20841	88,61989	90,05217	89,71133	93,62944	91,02471	90,00591	89,99723	90,45741	91,14286	90,09401	89,80447
TSUM1	5661,552	5637,719	5839,146	5623,218	5665,158	5615,7	5603,022	5646,084	5664,147	5897,095	5692,861	5617,187	5660,871	5626,112	5877,264	5873,185	5660,591	5646,399
TDWI	30,33072	30,01968	30,22382	30,03787	30,0822	30,00298	30,60469	30,82868	30,00113	30,36719	32,08923	30,02495	30,00053	31,02168	30,04584	30,32088	30,21687	30,09859
RGR LAI	0,051193	0,057389	0,05005	0,051406	0,051141	0,049999	0,049663	0,052878	0,049163	0,050041	0,048936	0,045749	0,050007	0,050296	0,05019	0,046286	0,049745	0,043941
TSUMEM	202,4383	200,0866	199,68	221,549	200,7334	200,0163	200,8798	175,7241	200,1014	200,0655	184,4926	178,4315	200,0861	199,9917	208,7718	210,0925	198,1829	207,4395
TBASE	10,30775	10,11292	9,896869	8,987733	17,74753	9,999146	10,58805	10,46568	19,93849	10,16728	6,831591	8,922113	10,01313	10,00002	10,55613	7,134807	10,0193	10,65418
CVL	0,757675	0,757519	0,755216	0,759294	0,757709	0,757752	0,757547	0,756953	0,751147	0,757518	0,759127	0,757785	0,757531	0,752768	0,757017	0,757537	0,752834	0,757096
CVR	0,750033	0,749902	0,749299	0,7451	0,753375	0,750506	0,750149	0,749866	0,75027	0,750006	0,750483	0,749946	0,74991	0,749874	0,749599	0,750558	0,749514	0,750191
CVS	0,888985	0,896852	0,899452	0,850009	0,878353	0,899041	0,888038	0,871984	0,863668	0,879196	0,876348	0,884035	0,890285	0,787048	0,894999	0,880757	0,780822	0,880901
Q10	1,991528	1,981857	1,949182	1,954629	2,00682	1,97891	1,965707	1,97801	1,97381	1,890687	2,138075	1,972957	1,840987	1,971604	1,829212	2,006871	1,971429	1,884
RML	0,026464	0,025708	0,021197	0,023678	0,027984	0,022556	0,028102	0,026791	0,024893	0,027976	0,02897	0,026672	0,025792	0,027716	0,023013	0,025587	0,027275	0,027048
RMR	0,002016	0,002028	0,002002	0,009214	0,003882	0,004971	0,002217	0,003667	0,003233	0,004949	0,007188	0,006007	0,011777	0,006276	0,014663	0,013746	0,003277	0,003066
RMS	0,002837	0,002791	0,00254	0,002766	0,002896	0,002718	0,003267	0,002891	0,002817	0,002916	0,003583	0,002815	0,00281	0,00284	0,002661	0,002711	0,00346	0,002722
RDI	10,04336	10,28429	10,0011	13,93412	10,04275	10,38639	10,12715	10,23569	10,0707	10,11791	10,60394	10,00317	10,00016	12,94577	12,59233	10,09353	10,80872	10,13934
RRI	1,085518	2,064139	2,086064	1,995714	1,175315	2,057212	1,964621	1,926935	1,073515	1,957225	1,910733	1,976817	1,099879	1,185222	1,136184	1,931769	1,641169	1,721101
RDC	63,1022	58,06908	59,94927	57,57101	60,28554	60,11962	63,82522	61,80128	61,43338	59,80359	59,82209	60,48947	60,08176	58,19763	59,86292	61,77237	63,53907	55,96329
TSUM2	636,7206	638,289	641,9008	645,5612	642,8092	643,5111	638,5229	639,163	645,6602	641,1868	653,6453	640,7212	640,4289	639,0242	643,2488	646,5938	648,6795	634,8081

Tabela 7. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP (Continuação da Tabela 5).

	2020	2021
SLATB00	0,000608	0,000237
SLATB21	0,00138	0,00122
SLATB29	0,003193	0,00282
SLATB64	0,003775	0,003319
SLATB95	0,002005	0,001695
SLATB01	0,001281	0,001026
AMAXTB00	73,05857	76,06975
AMAXTB14	70,12294	85,9556
AMAXTB82	87,60517	89,48146
AMAXTB01	80,60088	77,1905
TMPFTB00	0,000652	0,027872
TMPFTB08	0,796998	0,79658
TMPFTB10	0,923668	0,890355
TMPFTB35	0,980761	0,695523
TMPFTB45	0,110865	0,060164
RFSETB0	0,891142	0,775752
RFSETB1	0,509419	0,651868
SPAN	89,9607	89,99836
TSUM1	5646,137	5813,056
TDWI	30,05691	30,25286
RGRLAI	0,055592	0,053023
TSUMEM	203,0403	198,6548
TBASE	19,97702	9,97628
CVL	0,750508	0,759862
CVR	0,749587	0,751757
CVS	0,883965	0,831168
Q10	1,864327	1,964109
RML	0,015892	0,033921
RMR	0,003225	0,007095
RMS	0,002669	0,00338
RDI	10,008	10,69875
RRI	0,583955	1,149612
RDC	60,09055	60,67985
TSUM2	640,184	642,2701

Tabela 8. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Morro Agudo-SP.

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
SLATB00	0,000297	0,000613	0,000902	0,000629	0,000633	5,46E-05	0,000349	0,001763	0,000883	0,000105	0,000836	0,0003	0,000946	0,000627	0,001052	0,000293	0,000859	0,001028
SLATB21	0,001946	0,001815	0,001491	0,001856	0,001767	0,001831	0,001703	0,002665	0,001924	0,001933	0,00153	0,001335	0,001993	0,001704	0,001739	0,001288	0,001646	0,000312
SLATB29	0,003006	0,002935	0,002228	0,001468	0,002499	0,002178	0,002908	0,001635	0,002274	0,003163	0,003662	0,002477	0,001339	0,002812	0,002069	0,003747	0,002219	0,002173
SLATB64	0,002734	0,00239	0,002239	0,00177	0,00284	0,001966	0,002639	0,001328	0,002197	0,002626	0,002147	0,001855	0,001963	0,002476	0,002648	0,002174	0,002145	0,002537
SLATB95	0,001874	0,001885	0,00176	0,001508	0,001907	0,001594	0,001702	0,001492	0,001576	0,001862	0,001508	0,001699	0,002105	0,001854	0,001541	0,002097	0,001851	0,001814
SLATB01	0,000797	0,001053	0,001003	0,001015	0,000956	0,000887	0,000926	0,001005	0,000999	0,000999	0,000996	0,00134	0,001296	0,001022	0,001093	0,00103	0,000893	0,000996
AMAXTB00	77,08488	79,30598	80,05323	77,0243	79,13228	77,13828	76,84834	77,24374	76,95658	76,98158	79,72245	75,55888	75,05858	78,51854	80,82235	80,3739	79,93584	80,25157
AMAXTB14	87,74473	88,11777	87,83419	87,68156	85,08868	89,43855	89,9886	88,10311	87,08631	87,50899	87,4214	87,31318	87,00518	88,15029	85,91945	87,8538	88,21396	87,22579
AMAXTB82	89,6023	87,82996	76,34231	73,90145	89,6511	86,87639	72,12476	83,034	76,94251	88,75164	89,99909	89,85545	86,18296	89,62106	75,53915	89,12449	76,56691	79,99773
AMAXTB01	69,21595	73,07083	40,17213	63,53608	41,06281	18,77239	72,27845	39,41705	40,04822	68,9413	65,94035	62,42168	48,11108	62,52909	72,88335	61,90416	64,06042	71,59202
TMPFTB00	0,013077	0,009104	0,001122	0,085704	0,002097	0,004826	0,018639	0,071657	0,004251	0,02267	0,042239	0,034208	0,329519	0,080405	0,055899	0,008454	0,001695	0,025436
TMPFTB08	0,794515	0,800466	0,800319	0,790008	0,803878	0,798914	0,80457	0,886963	0,799845	0,797301	0,768631	0,800864	0,801302	0,814042	0,845696	0,748614	0,780397	0,806561
TMPFTB10	0,864644	0,885701	0,999705	0,99116	0,812086	0,782619	0,895968	0,995158	0,997616	0,846542	0,999974	0,98269	0,985866	0,977552	0,999922	0,991986	0,983182	0,991254
TMPFTB35	0,689736	0,892489	0,998182	0,983154	0,90507	0,605043	0,883964	0,999459	0,999515	0,607474	0,999624	0,954775	0,998193	0,941133	0,987159	0,99516	0,996981	0,990313
TMPFTB45	0,107794	0,003596	0,000651	0,013433	0,136509	0,02154	0,003209	0,004224	0,001208	0,149285	0,045734	0,12781	0,051623	0,020153	0,053215	0,001154	0,106031	0,032688
RFSETB0	0,762637	0,788811	0,812479	0,836088	0,79354	0,786512	0,766734	0,773541	0,813467	0,764193	0,791859	0,779699	0,743588	0,772119	0,802458	0,776971	0,811036	0,807442
RFSETB1	0,705115	0,753306	0,813208	0,763842	0,73516	0,696593	0,710199	0,988982	0,813324	0,694217	0,768006	0,722362	0,782566	0,719699	0,714217	0,741464	0,816476	0,812017
SPAN	89,90094	89,10091	90,03099	90,93995	86,00235	89,99413	89,68766	89,98656	90,0272	90,00085	88,41863	89,97635	93,42751	90,00967	90,34857	90,03385	89,98588	90,83702
TSUM1	5650,034	5904,452	5684,674	5640,068	5656,029	5656,088	5671,734	5901,433	5920,447	5901,006	5675,53	5919,437	5642,398	5571,052	5679,005	5907,622	5682,385	5683,253
TDWI	30,48523	30,58894	30,00119	30,43927	30,15326	30,26245	30,75273	30,00145	30,00543	30,25255	30,09245	30,00642	30,04739	30,19039	30,59086	30,18401	30,12999	31,06455
RGRLAI	0,039183	0,049327	0,04797	0,048039	0,04806	0,049564	0,04974	0,050038	0,052752	0,049952	0,063153	0,05021	0,049888	0,049999	0,042461	0,05055	0,056918	0,050749
TSUMEM	199,67	194,8944	200,287	197,7489	202,7626	200,183	199,8442	199,9256	199,9768	199,9474	165,6821	200,4988	185,1863	199,4553	194,913	206,6335	199,9972	194,6101
TBASE	10,04674	8,986313	10,05027	9,988575	11,69836	9,991569	9,695353	10,04987	10,02521	9,998051	19,99857	16,57291	12,68994	13,28933	9,947233	17,43077	17,44554	12,0288
CVL	0,75994	0,758693	0,757242	0,758398	0,754595	0,757705	0,759936	0,75754	0,757461	0,759958	0,758849	0,756873	0,75517	0,757652	0,759206	0,759405	0,757518	0,755846
CVR	0,75232	0,750219	0,750349	0,749927	0,749752	0,749924	0,751281	0,750003	0,749995	0,750799	0,750687	0,749668	0,750657	0,750913	0,750504	0,751263	0,750012	0,749966
CVS	0,798889	0,871174	0,868821	0,883307	0,875836	0,899341	0,795188	0,879831	0,800205	0,825946	0,873639	0,878215	0,882323	0,795532	0,860462	0,872681	0,799973	0,859671
Q10	2,426341	2,369431	2,372219	2,082854	2,130929	2,54091	2,409153	2,486124	2,005175	2,381024	2,214409	2,00043	2,358985	1,981355	2,475845	2,41947	2,367952	2,134056
RML	0,03236	0,028642	0,029979	0,029638	0,039914	0,034204	0,037704	0,027916	0,03027	0,032393	0,027561	0,036883	0,031558	0,037457	0,029405	0,026942	0,030214	0,028607
RMR	0,006531	0,005155	0,010068	0,007058	0,003752	0,00767	0,002061	0,00318	0,009995	0,007528	0,006022	0,003874	0,008044	0,003284	0,007836	0,01074	0,009525	0,010946
RMS	0,002589	0,0031	0,002997	0,00306	0,003242	0,002584	0,002871	0,00294	0,002998	0,002551	0,002893	0,002848	0,002816	0,00367	0,003092	0,003036	0,003023	0,003341
RDI	10,23805	10,33678	19,96909	11,70729	11,33912	10,56774	10,06012	12,80575	20,19253	10,04735	14,82114	12,76581	17,91288	14,59811	13,76238	10,33221	10,42612	14,26121
RRI	1,142313	1,143928	1,864012	1,074044	2,112281	1,954351	2,012047	1,437032	1,94591	1,123854	1,957377	1,950154	1,310156	2,197751	2,109625	0,87701	1,227359	1,658645
RDC	61,11526	59,79788	60,26956	66,47798	57,50035	60,10807	56,99608	46,43224	59,68689	59,99317	59,07948	60,00678	51,50197	61,86188	58,96852	60,29867	60,90014	64,272
TSUM2	641,9303	641,7846	642,7857	644,9708	636,8786	642,3265	639,832	638,4093	641,8675	642,0934	642,6325	642,1322	654,3731	627,0385	640,6581	641,7701	642,3422	649,6965

Tabela 9. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Morro Agudo-SP (Continuação da Tabela 8)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SLATB00	5,98E-05	0,000173	0,000585	0,000368	0,000708	0,000411	0,000134	0,001935	0,00126	0,000725	0,000659	0,001152	0,001619	0,000632	5,80E-05	0,000406	0,001621	0,000321
SLATB21	0,000703	0,000532	0,001667	0,002316	0,000706	0,001367	0,001686	0,002265	0,001268	0,001905	0,001871	0,001551	0,002169	0,00184	0,001198	0,00146	0,002112	0,001411
SLATB29	0,003355	0,002968	0,002584	0,002079	0,002177	0,002732	0,003312	0,00133	0,002951	0,002642	0,002842	0,00231	0,001336	0,002753	0,003157	0,002765	0,001177	0,003131
SLATB64	0,003373	0,001387	0,002299	0,002617	0,002218	0,003342	0,003083	0,001876	0,003478	0,002425	0,002539	0,002533	0,002152	0,002513	0,001975	0,002856	0,001788	0,002715
SLATB95	0,001846	0,00137	0,001791	0,001706	0,001922	0,001266	0,001476	0,001643	0,001128	0,001815	0,001771	0,001755	0,001147	0,00177	0,001509	0,002113	0,001322	0,001802
SLATB01	0,000397	0,001231	0,00099	0,001104	0,001117	0,001469	0,001309	0,000715	0,001219	0,000961	0,001003	0,00101	0,000768	0,000999	0,000991	0,000931	0,001	0,000994
AMAXTB00	78,357	72,28852	81,04424	77,82096	77,86429	76,47153	78,82918	76,82868	86,3055	79,86606	77,06177	79,76617	77,52127	77,12378	80,82846	76,60176	80,30615	76,89889
AMAXTB14	82,63313	85,73612	86,5205	85,24828	89,9945	85,92538	83,35857	89,61272	82,96768	87,77386	87,41598	82,77166	77,74076	86,72688	89,99822	87,41122	89,99571	79,61677
AMAXTB82	89,17129	88,15287	89,90235	88,41037	58,48571	89,80024	89,75641	64,94335	81,38346	85,94469	87,61905	89,08267	83,85095	84,67885	89,8468	86,49995	64,36107	89,63431
AMAXTB01	56,57015	72,68954	73,49541	72,53787	59,70126	62,29648	62,13393	70,82204	70,18039	72,67065	72,65663	72,27451	63,13058	72,62242	62,24372	65,36677	67,67424	62,70771
TMPFTB00	0,038577	0,002299	0,047101	0,004634	0,062942	0,029832	0,00899	0,012796	0,000841	0,056212	0,003128	0,004319	0,001731	0,000923	0,025746	0,014815	0,001241	0,003626
TMPFTB08	0,799214	0,731515	0,820136	0,678401	0,800099	0,804783	0,799625	0,758306	0,695295	0,808144	0,799367	0,800086	0,800152	0,799021	0,813325	0,815942	0,683251	0,78631
TMPFTB10	0,997703	0,969028	0,99607	0,995829	0,829559	0,996987	0,993095	0,99423	0,999923	0,89132	0,993204	0,999975	0,999236	0,961917	0,994639	0,986807	0,996452	0,988727
TMPFTB35	0,999502	0,949644	0,969839	0,986989	0,922446	0,998557	0,994411	0,988834	0,99982	0,904034	0,902763	0,999938	0,999317	0,995792	0,723257	0,974189	0,981141	0,9303
TMPFTB45	0,10648	0,006593	0,091853	0,107759	0,064138	0,096915	0,07496	0,010632	0,000108	0,001404	0,003171	0,002938	0,000518	0,043826	0,003594	0,048967	0,009837	0,055473
RFSETB0	0,733204	0,827701	0,665624	0,889381	0,808479	0,752032	0,712459	0,829379	0,89525	0,791363	0,787451	0,780243	0,791435	0,801545	0,649443	0,755246	0,673862	0,793002
RFSETB1	0,540811	0,614493	0,88778	0,813045	0,798814	0,630399	0,662133	0,936106	0,691776	0,769416	0,745918	0,738684	0,742585	0,759838	0,789746	0,703521	0,957302	0,74662
SPAN	89,79957	89,53879	89,69116	93,01683	88,98415	89,87588	90,30901	89,91329	89,82941	89,88214	89,90291	89,99729	90,2076	92,27504	88,24271	87,40007	89,17173	89,97963
TSUM1	5680,522	5629,578	5640,911	5646,583	5682,634	5639,177	5661,68	5660,023	5570,335	5634,842	5658,806	5654,941	5909,469	5669,351	5873,882	5636,09	5882,612	5708,104
TDWI	30,59197	30,32999	30,00842	30,04331	30,01466	30,31419	30,38233	30,30269	30,05095	30,54497	30,38647	30,53552	30,22368	30,02246	30,39564	31,1571	30,01831	30,28948
RGRLAI	0,048979	0,050873	0,051357	0,045816	0,052653	0,047165	0,050036	0,045908	0,050004	0,051683	0,050001	0,049748	0,056666	0,042747	0,049144	0,055399	0,056803	0,049483
TSUMEM	197,9618	205,9368	199,7774	203,693	184,8712	185,3276	201,9695	196,3371	199,8216	199,5455	200,0016	200,0023	181,2832	216,7604	185,5382	188,9452	166,1368	189,394
TBASE	9,526164	10,1545	10,13867	11,45507	19,89127	13,24182	19,62945	10,06784	18,05667	10,1409	10,00038	17,65937	3,033153	11,13078	10,2229	9,795405	7,208584	7,545099
CVL	0,759433	0,75619	0,757374	0,757971	0,754338	0,758075	0,75767	0,756914	0,757565	0,757577	0,759437	0,757552	0,749053	0,752457	0,758323	0,757264	0,757429	0,752801
CVR	0,75012	0,749944	0,749257	0,749697	0,749186	0,750018	0,74725	0,750148	0,749974	0,74983	0,74494	0,749892	0,748053	0,750335	0,750863	0,750071	0,750043	0,750634
CVS	0,898641	0,890418	0,882764	0,883109	0,853414	0,897473	0,885534	0,881478	0,891206	0,883121	0,833299	0,879238	0,86815	0,840969	0,811916	0,879228	0,881931	0,761929
Q10	2,39418	2,484964	2,362563	2,311286	2,372053	2,370141	2,523737	2,415357	2,387336	2,374359	1,968222	1,990045	1,960472	1,805006	2,731846	2,214382	1,815414	1,937323
RML	0,022654	0,028024	0,028258	0,028189	0,02925	0,025182	0,026879	0,026606	0,02649	0,029591	0,028044	0,027829	0,027755	0,029646	0,035851	0,026956	0,026942	0,03595
RMR	0,009643	0,009368	0,004743	0,004059	0,008754	0,013782	0,002021	0,002089	0,006663	0,005818	0,005117	0,003617	0,00469	0,007907	0,002034	0,013357	0,002079	0,004647
RMS	0,002626	0,002837	0,002926	0,002855	0,002548	0,002725	0,002704	0,002814	0,002817	0,002924	0,002912	0,002883	0,002917	0,002948	0,003585	0,002574	0,002858	0,003649
RDI	10,45413	11,37683	10,15044	10,00029	15,05708	10,79529	10,02929	11,89636	10,00087	10,03477	10,02332	10,04936	10,00811	12,96625	11,99291	10,9675	10,57641	14,19467
RRI	0,943089	1,992149	1,9804	2,005964	1,267474	2,169012	1,972753	1,556202	1,153268	1,96956	1,194455	1,964388	1,181948	0,935312	0,428979	1,55455	1,022624	1,222348
RDC	60,39832	62,35335	59,8326	58,91419	62,95347	56,5162	56,97837	67,07635	59,70635	57,63872	60,01767	60,02363	60,76528	49,05385	43,7371	55,18828	58,27163	59,88791
TSUM2	642,2142	644,0104	643,1364	640,3775	646,2703	631,8469	647,0279	659,5645	643,4664	644,8811	641,7564	642,0112	642,0224	615,6525	620,8951	636,5462	640,1967	641,9884

Tabela 10. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Morro Agudo-SP (Continuação da Tabela 8)

	2020	2021
SLATB00	0,00039843	0,000899351
SLATB21	0,000715824	0,001899361
SLATB29	0,002191312	0,002250551
SLATB64	0,002283717	0,002249332
SLATB95	0,001682062	0,00175084
SLATB01	0,001275882	0,000998446
AMAXTB00	63,74106909	77,37707946
AMAXTB14	76,54157063	87,47896399
AMAXTB82	87,58974254	55,01309857
AMAXTB01	75,31291376	62,1908068
TMPFTB00	0,000235777	0,000228135
TMPFTB08	0,802330785	0,800121861
TMPFTB10	0,710472132	0,999889114
TMPFTB35	0,998115311	0,999954594
TMPFTB45	0,068295566	6,30882E-05
RFSETB0	0,707614371	0,99998939
RFSETB1	0,58398038	0,999723699
SPAN	97,58189172	89,98246365
TSUM1	5643,321186	5724,258698
TDWI	31,09980143	30,00106517
RGRLAI	0,050215426	0,049450223
TSUMEM	200,8784266	199,5965039
TBASE	9,770388712	10,19025018
CVL	0,749092795	0,757524818
CVR	0,749172997	0,749996499
CVS	0,895225365	0,800050362
Q10	1,951024837	2,378063857
RML	0,023571881	0,029995466
RMR	0,002438447	0,010011393
RMS	0,002789256	0,003000824
RDI	10,12331687	10,02313735
RRI	0,383758997	1,200538959
RDC	60,04683695	58,68485563
TSUM2	641,7196985	643,442

Tabela 11. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Goiatuba-GO.

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
SLATB00	0,000901	6,75E-05	0,001084	0,0009	0,000898	0,000888	0,000233	0,000589	0,000937	0,000902	0,000871	0,000706	0,000433	0,001336	0,001102	0,000159	0,000655	0,000665
SLATB21	0,001896	0,002398	0,001454	0,0019	0,001897	0,001915	0,002372	0,001908	0,001698	0,001887	0,001392	0,00166	0,001438	0,002638	0,000371	0,000635	0,001901	0,001377
SLATB29	0,00225	0,002573	0,003048	0,00225	0,002253	0,002133	0,002463	0,002725	0,002136	0,002245	0,002297	0,002621	0,002416	0,000662	0,002361	0,002083	0,003125	0,002576
SLATB64	0,002251	0,002406	0,002391	0,00225	0,00223	0,00223	0,002692	0,002474	0,002567	0,002241	0,002362	0,002455	0,002428	0,001127	0,002654	0,001395	0,00312	0,003099
SLATB95	0,000986	0,002019	0,001939	0,00175	0,001754	0,001749	0,001812	0,0018	0,001748	0,001748	0,00161	0,001819	0,00175	0,00184	0,001575	0,001417	0,002192	0,001795
SLATB01	0,001001	0,001006	0,001005	0,001	0,001006	0,000991	0,001001	0,001001	0,001006	0,001007	0,00102	0,000999	0,001006	0,00095	0,001028	0,000728	0,001	0,001253
AMAXTB00	87,49283	75,90032	77,24739	80	79,99753	79,85408	75,60481	79,82849	79,63068	80,30128	79,11105	79,09968	80,0997	83,81737	80,64117	89,11947	73,43471	77,89776
AMAXTB14	79,7022	89,39266	88,31762	87,5	87,51776	86,52377	89,60778	87,86812	88,50774	87,5034	85,45601	87,55412	87,51147	89,70102	86,02896	79,89911	87,82618	87,15176
AMAXTB82	55,07043	89,21292	89,76425	77,25	77,11219	76,61586	89,8258	85,28719	78,6634	77,26336	81,32879	89,91729	89,67337	71,49441	78,62308	87,88404	79,82514	89,98661
AMAXTB01	37,17918	29,44746	62,71581	62,25	42,72795	40,6641	72,52929	72,45986	72,98858	72,54591	72,30639	67,61372	67,6226	64,41666	69,08835	72,50004	65,64798	61,73981
TMPFTB00	0,000664	0,001012	0,000526	0	0,000385	0,002071	0,052292	0,043417	0,000497	0,002394	0,006916	5,17E-05	0,000608	0,000518	0,084185	0,007184	0,005654	0,054919
TMPFTB08	0,8	0,775393	0,796821	0,8	0,800287	0,799351	0,808747	0,798501	0,787895	0,799444	0,796192	0,677473	0,803438	0,802017	0,834382	0,779527	0,669519	0,802812
TMPFTB10	0,999999	0,829389	0,927719	1	0,751309	0,995418	0,848932	0,903861	0,998011	0,999499	0,925992	0,997594	0,994863	1	0,997844	0,99765	0,931683	0,989369
TMPFTB35	0,999977	0,641311	0,748805	1	0,999846	0,998316	0,841706	0,906422	0,995924	0,997756	0,984625	0,999899	0,991543	0,998155	1	0,993964	0,893213	0,999011
TMPFTB45	3,33E-05	0,002119	0,142892	0	0,001262	0,008649	0,004121	0,003427	0,001332	0,011852	0,000806	0,002011	0,002516	0,002724	0,039369	0,106905	0,153578	0,047892
RFSETB0	0,999959	0,748382	0,763029	0,8125	0,999781	0,820064	0,79219	0,792027	0,794743	0,811436	0,821303	0,874005	0,657704	0,799466	0,821373	0,826672	0,659462	0,767659
RFSETB1	0,999981	0,617305	0,662604	1	0,999853	0,804705	0,610439	0,767025	0,810408	0,813875	0,814392	0,834671	0,894731	0,998918	0,79147	0,769469	0,987162	0,67659
SPAN	89,99976	89,84684	90,00156	90	89,99372	89,76084	90,01836	89,14427	89,95995	89,9904	90,28365	90,05352	90,23498	89,89851	93,25056	86,29106	91,40181	89,75179
TSUM1	5920,235	5633,069	5638,062	5681	5681,29	5652,108	5716,29	5662,463	5680,603	5679,834	5685,745	5671,314	5685,219	5608,712	5678,238	5712,355	5891,185	5656,979
TDWI	30,00019	30,99342	30,19933	30	32,3684	30,0832	30,42227	30,07936	30,03435	30,02891	30,65322	30,24607	30,06029	30,01126	30,1187	30,54321	30,82178	30,00735
RGRLAI	0,049993	0,049867	0,049973	0,05	0,049505	0,051251	0,046942	0,045957	0,050032	0,050133	0,049682	0,050203	0,052639	0,031301	0,048734	0,046985	0,05	0,060974
TSUMEM	200,0085	183,9362	196,6889	200	199,9458	200,7163	199,4527	215,4104	222,3667	200,0139	203,1335	198,8075	199,1797	165,5799	206,5817	199,041	200	230,5802
TBASE	9,999877	10,73556	9,737175	10	10,00429	10,06481	9,966645	15,45029	18,82979	10,02095	10,2661	10,06576	17,92608	14,39433	9,937041	10,4594	10	10,14158
CVL	0,758522	0,759927	0,753798	0,7575	0,750006	0,757587	0,752837	0,757035	0,754772	0,757577	0,758891	0,757531	0,757591	0,757332	0,757985	0,757178	0,759859	0,755461
CVR	0,748319	0,752103	0,749946	0,75	0,757517	0,750617	0,749636	0,749891	0,750167	0,749954	0,749671	0,74999	0,750031	0,749836	0,75088	0,750976	0,74971	0,75032
CVS	0,799999	0,81096	0,787195	0,8	0,799871	0,873451	0,787074	0,870893	0,847757	0,867077	0,873956	0,878512	0,877302	0,899891	0,853755	0,884506	0,800047	0,887738
Q10	2,371776	2,442341	2,058146	2,375	1,998383	1,987595	2,608453	2,377625	2,383821	2,071182	2,175103	2,37633	2,381715	2,463978	2,24201	2,332622	2,427676	1,878242
RML	0,030092	0,034814	0,036119	0,03	0,030007	0,031831	0,023186	0,02775	0,029965	0,029996	0,029963	0,028411	0,028467	0,022065	0,037995	0,025711	0,03703	0,026845
RMR	0,010024	0,00387	0,002011	0,01	0,009967	0,009754	0,00773	0,005757	0,009947	0,009992	0,009944	0,004968	0,005924	0,002374	0,009823	0,013708	0,004589	0,00885
RMS	0,003002	0,003441	0,003583	0,003	0,002998	0,002967	0,003483	0,002968	0,00302	0,002999	0,003117	0,002915	0,003025	0,002589	0,003101	0,002708	0,002207	0,002806
TDI	10,94955	22,95405	10,19506	10	19,9622	10,9922	12,55451	10,15762	12,35745	20,68977	10,74994	10,00724	10,85285	10,61374	10,917	11,2411	12,88548	15,94928
RRI	1,94924	2,029975	1,955266	1,2	1,198483	1,918855	1,548539	1,992978	2,17749	1,951685	1,900284	1,954109	1,13707	1,058352	1,257277	0,817206	0,892253	1,937435
RDC	60,01856	59,9755	62,53302	60	61,49155	59,94604	57,3428	60,10513	60,31339	64,48061	60	59,99399	59,98091	60,60827	64,6941	58,78599	48,00931	58,92605
TSUM2	642,0354	641,8221	641,4802	642	645,0114	642,0049	640,1039	640,1212	642,3185	641,7872	642	642,084	642,3399	650,5905	644,8152	646,3253	622,9752	641,0322

Tabela 12. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Goiatuba-GO (continuação da Tabela 11)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SLATB00	0,000473	0,000484	0,000663	0,000645	0,000305	0,000477	0,000649	0,00025	0,00029	6,42E-05	0,000385	0,000217	0,000545	0,000674	0,000314	0,000133	0,000641
SLATB21	2,64E-07	0,001779	0,000234	0,001139	0,002009	0,001472	0,001748	0,001736	0,001426	0,001733	0,001632	0,001185	0,001195	0,001879	0,001025	0,000657	0,00125
SLATB29	0,002926	0,002253	0,002822	0,002614	0,00291	0,00295	0,002591	0,002104	0,002245	0,002366	0,002442	0,003438	0,003073	0,002742	0,003043	0,003219	0,003193
SLATB64	0,002725	0,001899	0,003007	0,002653	0,002719	0,002494	0,002392	0,002005	0,002737	0,002753	0,002102	0,002888	0,003742	0,002705	0,002504	0,003203	0,003385
SLATB95	0,001743	0,001734	0,002274	0,001621	0,001909	0,001796	0,001992	0,001634	0,002564	0,001592	0,002094	0,001806	0,001709	0,001548	0,001766	0,002171	0,001794
SLATB01	0,001	0,00097	0,000551	0,000607	0,001	0,001	0,000937	0,00104	0,000596	0,000855	0,001004	0,000973	0,001149	0,000967	0,000658	0,001551	0,000954
AMAXTB00	78,73679	80,24379	77,90233	81,29817	76,98958	79,02896	77,17464	78,33149	79,41387	78,24415	80,62813	76,94858	82,55775	79,54597	78,09549	84,62696	77,0952
AMAXTB14	79,89013	87,79874	82,28178	82,67513	87,26907	89,93627	88,07839	85,66371	85,27133	77,93318	80,8048	79,39187	88,33636	85,57743	79,62571	84,38449	86,75245
AMAXTB82	89,40567	71,60755	88,11714	89,88438	89,59002	89,72759	86,57812	85,62723	87,67773	90	84,24828	89,22001	88,26044	88,2292	52,99959	90	89,19709
AMAXTB01	63,8151	70,40547	69,41255	64,50911	70,07045	63,40528	61,57018	54,32614	50,23903	75,04879	72,2141	63,12407	63,49009	63,34817	63,43319	45,02807	75,38533
TMPFTB00	0,000105	0,008332	0,000202	0,025075	0,002	0	0,01513	0,006151	0,167712	0,018517	0,000775	2,17E-20	0,014264	0,008602	0,002952	3,67E-17	0,014191
TMPFTB08	0,8	0,799532	0,799706	0,805097	0,790224	0,8	0,792936	0,818516	0,819722	0,800146	0,783521	0,843592	0,808487	0,793514	0,800061	0,799705	0,797756
TMPFTB10	0,999965	0,99206	0,994585	0,997689	0,884053	0,98462	0,907857	0,950954	1	1	0,999189	0,846064	0,991684	0,720768	0,999837	0,99478	0,851204
TMPFTB35	1	0,98647	0,999663	0,992964	0,616549	0,993561	0,998345	0,979706	0,98336	1	0,998806	0,851766	0,995487	0,959353	0,999889	0,998993	0,673824
TMPFTB45	0,011033	0,021781	0,000425	0,084307	0,290554	0,007291	0,008333	0,089528	0,022751	0,053256	0,002285	1,01E-17	0,075604	0,002761	0,106334	0,000468	1,2E-17
RFSETB0	0,788687	0,799777	0,744889	0,769245	0,768906	0,95695	0,761164	0,784724	0,756783	0,645568	0,801265	0,797878	0,830101	0,790184	0,796732	0,648362	0,751623
RFSETB1	0,742498	0,78444	0,658105	0,708425	0,716374	0,933852	0,780679	0,643291	0,789612	0,992732	0,796392	0,730954	0,640156	0,762551	0,763582	0,807293	0,572314
SPAN	90,80774	89,86929	93,79265	89,67065	91,18339	90	90,00325	90,45165	90,12105	89,46541	89,7002	90	90,47343	92,07442	89,99886	90,27391	89,99481
TSUM1	5905,232	5668,162	5645,455	5653,695	5829,718	5568,126	5667,799	5901,283	5719,213	5922,136	5559,186	5693,277	5649,266	5656,177	5938,088	5661,145	5597,558
TDWI	30,49861	30,04696	30,51235	30,02339	30,59518	30	30,00425	30,69344	30	30,46045	30,00791	30,85372	30,42657	30,2693	30,00024	30,01821	30,4241
RGLAI	0,051594	0,049831	0,049989	0,050317	0,05	0,05	0,049984	0,051686	0,063388	0,05103	0,049821	0,046825	0,047391	0,048554	0,050257	0,050003	0,049957
TSUMEM	201,5799	200,7945	199,9893	201,2598	167,5995	200	200,0022	194,3051	191,5207	194,4142	200,4925	204,621	197,7851	194,8719	199,9839	203,8296	198,8535
TBASE	10,05024	10,04841	10,00067	10,21153	5,303814	19,99895	10,02989	11,31604	17,30654	11,30561	9,977859	8,913379	6,114937	11,25853	10,63404	10,09654	9,903189
CVL	0,757603	0,757657	0,757494	0,750108	0,754543	0,752115	0,757501	0,755638	0,757343	0,755663	0,757499	0,751892	0,757617	0,757066	0,755493	0,757503	0,757953
CVR	0,749979	0,752991	0,749834	0,750014	0,750092	0,749419	0,74996	0,750904	0,750212	0,749646	0,749989	0,750191	0,750199	0,750187	0,749985	0,749926	0,752328
CVS	0,87838	0,864136	0,890123	0,887216	0,886365	0,846743	0,876346	0,883884	0,884383	0,860801	0,872583	0,767333	0,897988	0,871523	0,872965	0,888618	0,821672
Q10	1,996108	2,288108	2,382728	1,99665	2,380668	2,462228	2,379723	1,891353	1,969163	2,353396	1,995749	1,960449	2,530989	2,391347	1,993164	1,860062	2,404795
RML	0,038129	0,031447	0,026319	0,026814	0,031199	0,028444	0,028771	0,026047	0,038485	0,028771	0,029262	0,037547	0,024891	0,029732	0,028658	0,026613	0,034508
RMR	0,012026	0,009668	0,002018	0,002054	0,008624	0,005341	0,005485	0,006457	0,007622	0,007166	0,0068	0,003981	0,00951	0,006144	0,006114	0,006785	0,004711
RMS	0,00291	0,003114	0,002848	0,002875	0,002554	0,002921	0,00294	0,002718	0,002944	0,0031	0,002956	0,003611	0,002782	0,002682	0,002868	0,002847	0,003428
RDI	10,00009	15,74867	10,81795	10,1679	12,72405	10	10,00049	10,17241	10	12,79029	10,06768	10	19,80811	11,34069	10	10,49961	10,02373
RRI	1,860714	1,351241	1,052603	1,058337	1,127172	1,245107	1,962091	1,14265	0,881483	1,937583	1,185033	1,842394	1,921117	1,170903	1,178726	1,196429	2,008817
RDC	60,00088	63,63788	59,75355	56,92137	60,00001	60	59,93205	60,06007	60,93484	58,38056	60,03117	60	65,72756	58,7349	60,00423	59,89503	59,92294
TSUM2	641,998	649,5458	642,0684	641,8178	642	642	641,8842	642,0737	643,5265	645,4648	642,0534	642	643,6623	641,3521	642,0008	639,4723	642,1714

Tabela 13. Resultados da otimização das variáveis de cana-de-açúcar no município de Quirinópolis-GO.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SLATB00	0,000182	0,000387	6,88E-05	0,000364	0,000312	0,000113	0,000349	6,2E-05	0,000474	0,000383	0,000129	0,000743	0,001044	0,00086	0,000221	0,00103
SLATB21	0,000809	0,000634	0,000885	0,001573	0,001269	0,001531	0,001656	0,000372	4,85E-05	0,000172	0,001142	0,001915	0,000822	0,00061	0,001976	0,001659
SLATB29	0,001723	0,002829	0,003242	0,001049	0,002906	0,002885	0,002869	0,00406	0,002394	0,003794	0,00293	0,002832	0,001992	0,002905	0,002456	0,001947
SLATB64	0,002484	0,003959	0,003036	0,001505	0,002845	0,001595	0,002802	0,003011	0,002297	0,002981	0,002874	0,00237	0,002946	0,002952	0,003986	0,002297
SLATB95	0,002445	0,001931	0,002208	0,001813	0,00179	0,001687	0,001809	0,002166	0,001123	0,001875	0,001843	0,001847	0,001672	0,001798	0,002516	0,001505
SLATB01	0,001134	0,000995	0,001327	0,001288	0,000857	0,000539	0,002183	0,001242	0,001811	0,002178	0,00174	0,000994	0,001217	0,001742	0,00251	0,002849
AMAXTB00	80,31995	79,23373	78,1338	79,74141	79,48515	78,24299	76,32667	75,74993	83,02794	86,63339	77,18435	80,15723	79,9658	78,31918	70,62676	80,21876
AMAXTB14	88,87262	78,82955	80,45431	80,901	82,08987	75,2012	80,9136	83,16056	78,78142	77,39225	79,76906	78,6792	87,93927	79,66586	79,71041	87,07491
AMAXTB82	89,90498	90	89,86011	74,70054	89,98576	70,90716	69,39137	89,64815	89,94444	74,78142	90	89,4849	78,20154	89,58234	90	80,43436
AMAXTB01	69,26201	65,89026	65,54832	73,42244	63,5076	62,29343	65,05351	51,40406	56,76342	75,22817	65,07172	68,82031	60,50397	44,02805	82,10044	61,44586
TMPFTB00	0,031008	9,76E-18	0,020682	0,030006	0,003842	0,000271	0,02707	0,021345	0,000506	0,012939	0,004685	0,003099	0,020833	0,001889	0,226042	0,058574
TMPFTB08	0,791463	0,800072	0,693982	0,800255	0,800051	0,666611	0,793814	0,79477	0,797536	0,799729	0,797396	0,734175	0,813991	0,799625	0,861444	0,791111
TMPFTB10	0,998629	1	0,999442	0,997792	0,998371	0,990529	0,989632	0,966808	0,999957	0,960342	0,931628	0,991606	0,983913	0,999353	0,96039	0,960139
TMPFTB35	0,976624	1	0,993077	0,993071	0,999911	0,999517	0,999874	0,979824	0,954335	0,999009	0,858157	0,995809	0,992124	0,999443	0,988315	0,990484
TMPFTB45	0,042289	1,34E-17	0,09557	0,027005	0,004377	0,026092	0,051318	0,059469	0,001558	0,014695	3,58E-17	0,003331	0,023895	0,001037	0,046158	0,034481
RFSETB0	0,679165	0,761786	0,690802	0,713691	0,776073	0,873371	0,784788	0,633381	0,803243	0,7291	1	0,917403	0,815796	0,798912	0,66895	0,761318
RFSETB1	0,652384	0,66604	0,707707	0,854506	0,69472	0,850155	0,742138	0,509216	0,765379	0,703464	0,720967	0,760126	0,797424	0,742722	0,3584	0,82473
SPAN	99,02076	89,55717	89,09516	90,49171	90,01978	89,48897	91,55771	92,96295	90,39	88,20728	89,99584	90,32446	89,96389	90,01343	87,79825	90,94691
TSUM1	5551,79	5652,405	5673,869	5664,213	5656,701	5583,095	5628,296	5639,487	5628,004	5672,206	5656,757	5648,059	5584,576	5672,519	5747,453	5667,062
TDWI	31,00083	30,23458	30,15292	30,18919	30,27587	30,44236	30,18639	30,74097	30,17631	30,04076	30,26469	30,1268	30,0391	30,00103	30,24741	30,28229
RGRLAI	0,041351	0,05	0,050984	0,075784	0,050006	0,060916	0,049809	0,047181	0,039419	0,049669	0,051293	0,053053	0,048288	0,050073	0,049958	0,057216
TSUMEM	190,7107	200	194,6814	242,6043	199,9968	200,6689	201,2544	205,028	164,7421	201,1566	192,8789	200,4209	195,8898	200,1754	199,426	207,6755
TBASE	10,85382	9,999387	10,56258	10,29925	19,99746	8,458002	10,62538	10,47021	6,971253	11,15331	8,619465	10,27795	11,13217	10,0025	8,347995	11,3289
CVL	0,757173	0,75754	0,757103	0,759765	0,751257	0,754761	0,754848	0,757213	0,754673	0,755864	0,752158	0,758103	0,756204	0,75996	0,751097	0,756354
CVR	0,74974	0,7499	0,749943	0,74984	0,750281	0,747526	0,75016	0,749555	0,751832	0,749963	0,751942	0,749841	0,749423	0,744521	0,749054	0,74986
CVS	0,891581	0,891991	0,893828	0,863526	0,857102	0,880082	0,872068	0,897542	0,865636	0,888808	0,767661	0,879666	0,864855	0,842996	0,9	0,870644
Q10	2,131409	1,985326	2,085198	2,163085	1,890155	1,991843	1,991193	1,830638	2,024836	1,930549	1,997341	1,994909	2,047791	1,93308	1,932134	1,995245
RML	0,016179	0,026118	0,026184	0,030652	0,026884	0,02636	0,028542	0,034832	0,029708	0,025124	0,03651	0,028476	0,031022	0,027816	0,023356	0,029553
RMR	0,002022	0,002	0,002416	0,007932	0,009988	0,006836	0,005897	0,011267	0,003437	0,002167	0,00342	0,006115	0,010741	0,004373	0,002256	0,008145
RMS	0,002045	0,002831	0,002848	0,003067	0,002837	0,003303	0,002922	0,002519	0,002872	0,00266	0,003635	0,002613	0,003065	0,002814	0,002917	0,002911
RDI	19,80901	10	10,45806	18,14028	10	10,08539	10,63709	10,80788	13,43834	14,48443	10	10,30662	11,336	10,01832	13,93696	11,45862
RRI	1,125716	1,139183	0,908981	0,855458	1,982509	1,173941	1,187284	1,066727	1,969558	1,90021	1,908792	1,963571	1,276517	1,047724	0,586397	1,176036
RDC	62,84674	60	54,99377	59,12093	59,2618	59,84981	59,30803	64,02555	59,40254	47,9043	59,39376	59,91788	62,72386	57,48713	57,70354	56,07282
TSUM2	647,8911	642	640,9239	622,5238	640,5937	641,9459	642,5658	641,5416	649,2066	622,7543	642,7966	641,8749	641,0683	637,6664	663,799	647,1142

Tabela 14. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,75	18,99901	18,99999	18,99996	19,74755	19	19	18,99592	18,99999	18,99992	19	19,00952	19,00032	19,75027	19,00143	19,7501	19	18,99952
DTSMTB45	4,76E-07	0,002807	0	0,000208	0,000394	0,001136	0	0,011351	0,000101	0,000689	5,39E-05	1,890373	0,036607	0,003746	0,084975	0	0	0
SLATB00	0,0028	0,003675	0,003675	0,003688	0,002799	0,003675	0,003675	0,003677	0,003675	0,003675	0,003675	0,003675	0,003675	0,00279	0,003688	0,002784	0,0028	0,003675
SLATB13	0,002782	0,003475	0,003475	0,003475	0,002602	0,003717	0,0026	0,003469	0,003475	0,003474	0,003708	0,003475	0,003473	0,002599	0,003474	0,002356	0,0026	0,002679
SLATB24	0,001946	0,003075	0,003075	0,003075	0,00217	0,003141	0,002205	0,003137	0,003141	0,003129	0,003075	0,003075	0,00307	0,002221	0,003139	0,0022	0,0022	0,002711
SLATB28	0,002	0,001958	0,002875	0,002875	0,002	0,002875	0,001957	0,002882	0,002941	0,002875	0,002	0,002	0,00196	0,001585	0,002877	0,00196	0,00196	0,002875
SLATB31	0,002675	0,0018	0,0018	0,0018	0,002675	0,0018	0,0018	0,001797	0,00189	0,002675	0,001808	0,0018	0,001812	0,0018	0,0018	0,002675	0,002675	0,001456
SLATB57	0,002575	0,0017	0,0017	0,001741	0,0017	0,001727	0,0017	0,001697	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,001698	0,002575	0,0017	0,002575	0,002575	0,0017
SLATB67	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,001693	0,0017	0,0017	0,0017	0,001699	0,001699	0,0017	0,001699	0,002575	0,0017	0,001699
SLATB01	0,002575	0,0017	0,0017	0,0017	0,001712	0,001709	0,0017	0,001707	0,00171	0,001728	0,0017	0,0017	0,001703	0,0017	0,001709	0,0017	0,0017	0,0017
SSATB00	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,000213	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,000225	0,0003	0,000269	0,000225	0,000269
SSATB09	0,000225	0,000225	0,0003	0,000225	0,0003	0,000225	0,0003	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000224	0,0003	0,000225	0,000199	0,0003	0,000225
SSATB02	5,69E-25	3,78E-23	2,58E-10	2,03E-10	3,71E-25	4,91E-08	1,29E-25	3,54E-07	8,05E-22	2,76E-25	1,38E-15	1E-08	7,71E-09	1,19E-23	4,73E-08	0	0	0
KDIFTB00	0,4	0,4	0,400003	0,400001	0,4	0,40007	0,4	0,401482	0,4	0,4	0,4	0,400029	0,400483	0,4	0,400373	0,4	0,4	0,4
KDIFTB65	0,4	0,4	0,400001	0,400001	0,4	0,400031	0,4	0,400941	0,4	0,4	0,4	0,400007	0,401237	0,4	0,400045	0,4	0,4	0,4
KDIFTB01	0,6	0,750001	0,6	0,750007	0,600007	0,750054	0,6	0,600458	0,75	0,600005	0,75	0,750041	0,750019	0,599712	0,740341	0,75	0,6	0,599949
KDIFTB02	0,6	0,6	0,6	0,750002	0,601001	0,750034	0,6	0,599979	0,600002	0,599993	0,75	0,747274	0,599768	0,600041	0,758928	0,6	0,6	0,599977
EFFTB10	0,5475	0,5475	0,54	0,54	0,547496	0,539999	0,54	0,53997	0,5475	0,54	0,54	0,54	0,547434	0,5475	0,547188	0,5475	0,5475	0,54
EFFTB40	0,36	0,36	0,36	0,359999	0,359982	0,359999	0,36	0,359958	0,36	0,36	0,36	0,359981	0,359845	0,360002	0,405088	0,405	0,36	0,361045
AMAXTB00	37,99998	60,25012	38,00004	37,99977	37,99983	60,24192	37,99999	60,22173	38	38,00007	38	37,99829	59,71589	60,24998	58,04639	60,25	38	37,99929
AMAXTB14	37,99998	38,00103	37,99971	37,99828	37,98932	37,99863	37,99979	37,98301	38,00006	38,00228	37,99995	37,97282	37,95828	37,99801	37,97638	37,99548	38	37,9669
TMPFTB00	0	0	4,11E-06	2,43E-06	4,72E-05	0,000237	0	0,00149	0	0	0	4,42E-05	0,000959	0	0,002641	0	0	0
TMPFTB11	0	0	2,5E-06	1,66E-06	1,22E-05	7,93E-05	0	0,001461	0	0	0	2,6E-05	0,007331	0	0,009698	0	0	0
TMPFTB14	0,122967	0,07	0,07	0,078153	0,069999	0,051001	0,07	0,070002	0,07	0,07	0,120428	0,070004	0,134528	0,068965	0,068621	0,1225	0,1225	0,1225
TMPFTB23	0,9	0,975001	0,900001	0,899999	0,89999	0,899998	0,9	0,899761	0,975	0,9	0,9	0,899996	0,975011	0,9	0,966892	0,9	0,9	0,899999
TMPFTB27	1	0,999996	0,999999	0,749627	0,999967	1	1	0,999133	1	1	0,749949	0,999988	0,999857	1	0,996521	1	1	1
TMPFTB33	1	0,999966	1	0,75	0,999952	0,75	1	0,999567	1	1	1	0,750076	0,999033	0,750506	0,995099	1	1	1
TMPFTB45	0,3	0,300004	0,300006	0,581364	0,299999	0,54999	0,3	0,299224	0,55	0,550005	0,55	0,549514	0,299781	0,2999	0,304063	0,3	0,3	0,299999
TMNFTB00	0	0,000704	6,48E-06	0	0,00039	5,47E-05	0	0,001508	0	0,000286	0	4,66E-06	0,001785	0,002627	0,002846	0	0	0
TMNFTB03	1	1	1	1	0,999979	0,999925	1	0,999577	1	0,999992	1	0,99995	0,999921	0,999836	0,99605	1	1	1

Tabela 15. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS (Continuação da Tabela 14)

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
RFSETB00	1	0,999957	0,999996662	1	0,999984549	0,812518	1	0,999072	1	0,999999768	0,8125	0,999989	0,998195652	0,999977951	0,999549	1	1	1
RFSETB02	1	0,999993	0,999995471	1	0,999993928	1	1	0,998002	1	0,999998316	1	0,999968	0,999887566	0,999990642	0,999556	1	1	1
RDRRTB00	0	1,35E-07	1,17346E-08	0	4,07989E-06	1,97E-20	3,94792E-26	6,35E-06	0	8,87542E-07	2,02E-25	0,005	2,41558E-05	6,1803E-07	5,79E-05	0	0	6,61044E-23
RDRRTB15	0	1,78E-07	3,29783E-07	0	9,29475E-07	4,05E-21	4,58095E-26	4,32E-05	0	6,848E-07	1,49E-25	9,39E-07	3,16048E-06	2,56394E-06	0,000104	0	0	2,52344E-22
RDRRTB151	0,014999999	0,019592	0,014999596	0,02	0,019999555	0,014997	0,02	0,014964	0,02	0,019999976	0,015	0,014998	0,01989323	0,019996201	0,019931	0,02	0,02	0,014999947
RDRRTB02	0,019999915	0,019999	0,015	0,02	0,019999361	0,014999	0,02	0,014982	0,02	0,019999695	0,015	0,014704	0,019924771	0,0199979	0,01993	0,02	0,02	0,014999947
RDRSTB00	9,48258E-08	7,59E-07	4,13135E-24	0	2,59364E-08	2,28E-07	3,02487E-24	1,54E-05	0	6,84156E-07	0	5,58E-06	4,19902E-06	5,6556E-06	0,000175	0	0	1,89978E-21
RDRSTB15	4,92706E-09	7,52E-07	7,85383E-24	0	1,21481E-05	1E-05	2,01657E-24	6,69E-05	0	3,72697E-09	0	3,15E-06	6,63883E-06	5,85424E-06	0,000141	0	0	1,18315E-21
RDRSTB151	0,019999995	0,02	0,019999925	0,02	0,019999967	0,019997	0,019999994	0,019977	0,02	0,0199999	0,02	0,019755	0,020001563	0,020002575	0,020001	0,020332	0,02	0,019999091
RDRSTB02	0,019999997	0,020001	0,019999999	0,03	0,020000536	0,020006	0,019999995	0,019969	0,02	0,019999719	0,02	0,020048	0,019995191	0,019975429	0,019801	0,02	0,02	0,019999128
TBASEM	9,999997963	10,00054	10	10	10,00404562	10,00178	10	9,977343	10	9,999912695	10	9,999929	9,997265721	10,33083968	9,963374	10	10	10
TEFFMX	34,99999971	35,00029	35	35	34,99872383	34,99581	35	34,87674	35	34,99993309	35	34,99963	34,99927421	35,00243461	34,64798	35	35	35
TSUMEM	94,99999854	95,00034	95	95	95,2053954	95,00098	95	94,80034	95	94,99985877	95	94,99939	94,99773922	94,31742512	94,98262	95	95	95
IDSL	1,66905E-07	1,15E-05	0	0	9,81787E-05	1,96E-05	0	0,002567	0	2,63957E-06	0	8,41E-05	0,001220209	0,000187464	0,00329	0	0	0
TSUM1	1010,047815	1009,971	1009,963121	1010,03212	1009,83956	1009,773	1010,01189	1013,458	1010,008	1010,078566	1010,035	1007,273	1008,88208	1009,992753	1008,711	1010	1010	1007,565409
TSUM2	399,9999973	400,0062	399,9999295	399,999651	399,986877	399,9942	399,9999784	475,261	400,0011	399,9984534	400	399,9987	401,8678058	399,9976465	400,0344	400	400	399,996779
DVSI	-3,13616E-08	1,58E-06	-4,90966E-06	-3,0258E-06	-2,86391E-05	1,56E-06	-5,65844E-08	-0,00031	8,7E-07	-1,04921E-06	0	0,074996	-4,74241E-06	-3,80076E-06	2,09E-05	0	0	-2,46585E-05
DVSEND	2,299999973	2,300009	2,3	2,3	2,30000585	2,299849	2,3	2,299923	2,3	2,29992595	2,3	2,300002	2,299238176	2,302364896	2,303086	2,3	2,3	2,3
RGLAI	0,009999999	0,01	0,01	0,01225	0,009999845	0,01	0,01	0,012251	0,01	0,009999917	0,01	0,01	0,009997476	0,009991252	0,010001	0,01	0,01	0,012250057
SPA	3,39686E-10	1,51E-08	6,93554E-25	0	5,52513E-07	5,89E-08	5,10345E-25	2,6E-06	0	2,23568E-08	0	7,22E-07	4,96752E-07	5,42839E-07	1,37E-05	0	0	1,13339E-25
SPAN	41,99994064	42	41,99986958	41,9998402	41,99973101	42,00007	41,99999474	41,98542	41,75166	41,99976684	41,99993	42,00001	41,99729911	42,04381863	41,83646	42	42	41,99762338
TBASE	7,999934831	7,999864	7,999889669	7,99950136	7,998253231	7,996415	7,999990409	8,504365	8,134739	7,999623778	7,999933	8,017006	8,017395136	8,000709336	7,997367	8	8	7,993729996
CVL	0,600000018	0,600005	0,6	0,6	0,600002048	0,600041	0,6	0,600231	0,6	0,600000453	0,6	0,600003	0,600100872	0,600004361	0,600611	0,6	0,6	0,6
CVO	0,683999539	0,684004	0,683993385	0,68399719	0,684020525	0,684002	0,683999744	0,683664	0,684	0,683999786	0,684	0,684018	0,683937576	0,683947269	0,683828	0,684	0,684	0,683954361
CVR	0,754	0,754	0,753955455	0,754	0,754254969	0,753998	0,753979851	0,758502	0,754	0,758499374	0,7585	0,758504	0,753833021	0,753988274	0,758557	0,754	0,754	0,753999994
CVS	0,699999981	0,700009	0,699999997	0,7	0,699988343	0,699943	0,69999999	0,704617	0,7	0,700000693	0,7675	0,70001	0,699825015	0,700246029	0,699948	0,7	0,7	0,699997881
Q10	1,9999998	2,00001	1,999999901	2,37500131	1,999989484	1,999937	1,999999572	1,997511	2,374999	1,99998497	2	1,999942	1,999926227	1,999932187	1,999655	2	2	1,999980913
RML	0,019999998	0,020001	0,019999587	0,02	0,019998817	0,020001	0,019999987	0,019957	0,02	0,020000558	0,02	0,02	0,019955009	0,019999099	0,019986	0,02	0,02	0,019996956
RMO	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002999959	0,003	0,003	0,002998	0,003	0,00300016	0,003	0,003	0,003000249	0,003002076	0,002999	0,003	0,003	0,002999964
RMR	0,009999996	0,01	0,009999915	0,00999999	0,009999905	0,010012	0,009999999	0,009992	0,01	0,010000471	0,01	0,01	0,010041062	0,009997301	0,010155	0,01	0,01	0,009997468
RMS	0,014999888	0,015001	0,014999792	0,01499998	0,015000586	0,015	0,014999965	0,014946	0,015	0,015000519	0,015	0,015003	0,014987056	0,01499962	0,01499	0,015	0,015	0,014992823
PERDL	0,299999978	0,300021	0,3	0,2999995	0,299948367	0,288745	0,3	0,299495	0,3	0,30515845	0,3	0,299987	0,299976308	0,300077697	0,299958	0,3	0,3	0,3
CFET	0,999999992	1,00002	1	0,99999947	0,999958671	1,005308	1	0,999969	1	0,999972519	1	1,000989	0,999909706	0,999907754	0,999852	1	1	1
DEPNR	3,49999969	3,500037	3,5	3,49999771	3,499589309	3,49889	3,5	3,496173	3,500002	3,499835921	3,5	3,579874	3,499785756	3,499698316	3,498927	3,5	3,5	3,5
IAIRDU	0,999999835	0,999966	1	0,99999846	0,999935383	0,999896	1	0,999221	0,999999	0,999196648	1	0,999924	0,999519077	0,999900613	0,999954	1	1	1
RDI	4,56454E-06	0,002024	0	7,9147E-06	0,005112724	0,012899	0	0,037591	4,25E-06	0,00075633	5,72E-06	0,001547	0,016778204	0,004900103	7,6E-05	0	0	0
RRI	1,199999849	1,200142	1,2	1,19999805	1,173200276	1,199932	1,2	1,19801	1,200002	1,199928575	1,2	1,199737	1,198551591	1,201021902	1,199272	1,2	1,2	1,2
RDMCR	79,99999233	80,00028	80	79,9998812	79,99163727	79,98256	80	79,97618	80,00001	79,99601647	79,99999	79,96038	79,98600699	79,95341361	79,99549	80	80	80

Tabela 16. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS (Continuação da Tabela 14)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,75	19,00115	19,74707	19,75149	19,76417	19,75511	19,75	19,75396	19,65846	19,75	19,74913	19,75	19,75596	19,7495	19,73991	19,74559	19,75278	19,75	19,75023	19
DTSMTB45	5,34E-05	0	0,00307	1,076188	4,39331	0,070328	0	0,113243	2,140993	1,1E-15	0,000893	0	0,069702	0,008601	1,270434	0,179268	0,04147	0	0,008226	1,929604
SLATB00	0,0028	0,002807	0,002802	0,002798	0,002801	0,002738	0,0028	0,002736	0,00278	0,002786	0,0028	0,0028	0,002736	0,0028	0,002808	0,002797	0,002757	0,0028	0,002786	0,002811
SLATB13	0,002356	0,003713	0,002597	0,002592	0,002581	0,002361	0,002794	0,00235	0,002361	0,0026	0,002601	0,0026	0,002356	0,0026	0,002613	0,002355	0,002357	0,0026	0,0026	0,002363
SLATB24	0,002186	0,003234	0,002192	0,002209	0,002123	0,0022	0,001967	0,00213	0,00223	0,002212	0,002119	0,0022	0,002199	0,002167	0,002173	0,002181	0,002915	0,0022	0,0022	0,002197
SLATB28	0,002026	0,002786	0,001992	0,00156	0,001887	0,002	0,002	0,002	0,0029	0,001571	0,001969	0,002	0,00196	0,001998	0,001981	0,002002	0,001901	0,002	0,001958	0,00287
SLATB31	0,001539	0,002657	0,002652	0,002723	0,002655	0,002675	0,002675	0,0018	0,002702	0,002675	0,001496	0,002675	0,00179	0,002674	0,002636	0,002678	0,002873	0,002675	0,002657	0,002631
SLATB57	0,002584	0,001746	0,002613	0,002536	0,002552	0,002575	0,002575	0,002599	0,00257	0,002575	0,00256	0,002575	0,002572	0,002576	0,002606	0,00257	0,002132	0,002575	0,002559	0,002519
SLATB67	0,002551	0,0017	0,002575	0,002574	0,002552	0,002575	0,002575	0,002558	0,002581	0,002575	0,002564	0,002575	0,002573	0,002576	0,002576	0,002571	0,002575	0,002575	0,002576	0,002556
SLATB01	0,002575	0,001769	0,002575	0,002575	0,002572	0,002575	0,0017	0,002575	0,0017	0,002575	0,002573	0,002575	0,002575	0,002575	0,002572	0,002568	0,002575	0,002575	0,0017	0,002655
SSATB00	0,000225	0,000269	0,000224	0,000217	0,000225	0,000194	0,000275	0,000225	0,000225	0,000194	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225	0,000225
SSATB09	0,0003	0,000226	0,000281	0,0003	0,0003	0,000274	0,000225	0,0003	0,000293	0,0003	0,000282	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
SSATB02	7,5E-05	5,67E-06	7,5E-05	1,27E-27	7,5E-05	7,5E-05	3,46E-26	7,5E-05	0	7,46E-05	7,5E-05	7,5E-05	7,5E-05	7,5E-05	7,51E-05	7,54E-05	7,5E-05	0,000075	4,54E-11	7,5E-05
KDIFTB00	0,55	0,401961	0,549969	0,550001	0,550003	0,400092	0,4	0,549972	0,4	0,55	0,549996	0,4	0,549998	0,550015	0,55121	0,54984	0,550009	0,55	0,400001	0,55
KDIFTB65	0,55	0,402267	0,549993	0,4	0,548424	0,40006	0,4	0,549981	0,4	0,55	0,550005	0,4	0,4	0,550003	0,4	0,401828	0,550024	0,55	0,400005	0,55
KDIFTB01	0,6	0,619358	0,600011	0,6	0,606351	0,600928	0,75	0,600012	0,600576	0,6	0,599993	0,599999	0,599993	0,600043	0,599789	0,599432	0,599955	0,6	0,599999	0,6
KDIFTB02	0,599999	0,599621	0,600005	0,599997	0,600879	0,600022	0,6	0,600002	0,636827	0,6	0,600409	0,6	0,599996	0,600098	0,600439	0,599956	0,599934	0,6	0,599981	0,600307
EFFTB10	0,5475	0,539665	0,5475	0,5475	0,54	0,53999	0,5475	0,5475	0,5475	0,5475	0,547835	0,54	0,5475	0,547497	0,5475	0,540012	0,5475	0,54	0,539999	0,547836
EFFTB40	0,405	0,360237	0,405012	0,359354	0,360054	0,360003	0,36	0,414524	0,36	0,405	0,405	0,36	0,359994	0,404999	0,359987	0,359594	0,405009	0,36	0,359994	0,405
AMAXTB00	60,25	60,09445	37,99968	38	38	60,31699	38	37,99136	38	38	60,25009	37,99995	37,99751	37,99144	60,26197	38,24599	60,25058	60,25	37,99919	38
AMAXTB14	60,24999	37,96649	38,00294	38,05264	38,08951	38,00037	38	38,00499	37,65275	60,25	37,99994	37,99961	37,99861	60,22024	37,91044	37,91502	37,97755	38	37,9983	60,25
TMPFTB00	0	0,00138	0	0	0	5,62E-06	0	0	0	0	2,29E-18	0	7,22E-19	5,17E-05	4,39E-16	0,001178	0	0	2E-07	0
TMPFTB11	0,25	0,006657	0	0	0	0,000109	0	0	0	0	0	0	0	0,000181	0,000248	0,00353	0	0	8,03E-06	0
TMPFTB14	0,07	0,122627	0,069996	0,07	0,068964	0,059914	0,07	0,122667	0,07	0,1225	0,113982	0,127152	0,07	0,07001	0,082649	0,122431	0,1225	0,067735	0,07	0,07
TMPFTB23	0,9	0,975718	0,9	0,9	0,9	0,984906	0,975	0,899927	0,9	0,975	0,899404	0,9	0,974996	0,974943	0,899678	0,987266	0,975005	0,9	0,899985	0,9
TMPFTB27	0,75	0,998306	1	1	1	1	1	0,996073	1	0,75	0,996079	1	1	0,999825	1	1	1	1	0,999849	1
TMPFTB33	1	0,997616	1	1	1	1	1	0,99843	1	0,75	0,999406	1	1	0,999935	0,999634	1	1	1	0,999979	1
TMPFTB45	0,248093	0,301935	0,549942	0,55	0,549269	0,549822	0,55	0,299026	0,552186	0,55	0,297636	0,3	0,3	0,54987	0,299179	0,549974	0,3	0,210527	0,299965	0,55
TMNFTB00	0	0,000593	0	0	0,000635	0,000308	0	0,002451	0,003301	0	0,000332	0	0	9,2E-05	0,000538	0	0	0	8,03E-06	0
TMNFTB03	1	0,993623	1	1	0,999993	0,999687	1	0,998498	0,998054	1	0,997602	1	1	0,999829	1	1	1	1	0,999947	1

Tabela 17. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Uruguaiana-RS (Continuação da Tabela 14)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
RFSETB00	1	0,997572598	0,8125	1	0,999869	0,999839	0,8125	0,995633	0,99947	0,8125	0,997943157	1	0,814712	0,812571	1	1	0,812494	1	0,999712866	0,8125
RFSETB02	1	0,994568266	1	1	0,999052	0,999901	1	0,999401	0,99968	1	0,998852166	1	0,99994	0,999905	0,99990521	1	1	1	0,999998594	0,8125
RDRRTB00	0	0,000205082	0,005	0	2,6E-05	2,95E-06	0	2,85E-05	0,000102	0	3,26302E-05	0	3,74E-06	0,005	2,68048E-06	3,5E-23	6,83E-23	0	1,05874E-06	0
RDRRTB15	0	0,000497067	3,87E-22	0	3,87E-05	2,67E-06	0	4,07E-05	7,37E-05	0	9,33838E-06	0	2,87E-06	0,005	3,41145E-07	4,37E-21	6,82E-23	0	5,77715E-07	0
RDRRTB151	0,015	0,019984888	0,02	0,015	0,019971	0,019999	0,015	0,019978	0,019886	0,015	0,019975879	0,02	0,019997	0,019997	0,019991501	0,015	0,015001	0,015	0,019996285	0,015
RDRRTB02	0,015	0,015302939	0,02	0,02	0,019978	0,019995	0,015	0,019988	0,019957	0,015	0,019973325	0,02	0,01999	0,019998	0,02	0,014992	0,019997	0,015	0,019999364	0,015
RDRSTB00	0	0	5,93E-19	0	6,68E-05	2,98E-06	0	5,77E-05	8,13E-05	2,35E-20	6,34334E-05	0	6,95E-06	4,16E-06	1,11359E-05	6,25E-05	3,66E-06	0	8,02342E-07	0
RDRSTB15	0	1,02004E-28	6,34E-18	0	4,27E-05	2,1E-06	0	3,34E-05	0,000192	1,09E-19	0,000123114	0	5,68E-06	5,81E-06	6,46474E-18	3,32E-05	2,58E-06	0	9,38399E-08	0
RDRSTB151	0,02	0,019992282	0,02	0,02	0,02004	0,020011	0,02	0,020037	0,019901	0,02	0,01999024	0,02	0,020034	0,029986	0,019960063	0,019987	0,020006	0,02	0,01999962	0,02
RDRSTB02	0,02	0,019980335	0,02	0,024043	0,020059	0,02001	0,02	0,019996	0,019874	0,02	0,019912254	0,02	0,019798	0,029993	0,019983882	0,020024	0,020005	0,02	0,01999831	0,02
TBASEM	10	10	10	10	10,00923	10,00037	10	9,994586	9,891277	10	9,938784525	10	10,00079	10,00278	9,987794641	10,01117	10,00024	10	9,99975821	10
TEFFMX	35	35	35	35	35,02721	35,00538	35	35,00239	34,93451	35	34,95247401	35	35,00681	35,00243	34,99178856	35,02346	35,00328	35	34,99971287	35
TSUMEM	95	95	95	95	95,0065	95,00103	95	94,9891	94,98462	95	94,94701725	95	95,00098	95,04832	94,98505066	95,00254	95,00064	95	95,01571284	95
IDSL	0	0	1,2E-17	0	0,000804	0,000195	0	0,001101	0,004242	2,27E-18	0,001603072	0	0,004445	0,003582	3,48765E-05	0,000377	0,000119	0	0,000326535	0
TSUM1	1009,986	1004,913991	1010,027	1009,965	1007,08	1010,146	1010	1010,142	991,3031	1010	1009,995288	1010,029	1010,127	1009,628	1008,09419	1012,96	1006,711	1010	1009,907553	1010
TSUM2	400	475,0018633	400,0037	400	400,2601	400,1239	400	397,8195	399,5489	400	401,7000519	400,0001	400,0855	400,011	399,9188593	399,6501	400,0694	400	399,9773275	475
DVSI	3,72E-07	-8,16874E-05	6,45E-06	0	-0,00028	0,00011	0	0,000518	-0,00069	2,33E-18	-8,56858E-06	0	9,56E-05	1,06E-05	-4,99038E-06	-0,00013	1,33E-05	2,53E-05	-8,1507E-06	0
DVSEND	2,3	2,3	2,3	2,3	2,300341	2,300067	2,3	2,300026	2,298138	2,3	2,299094173	2,3	2,300314	2,299621	2,299574435	2,30023	2,300042	2,3	2,299952835	2,3
RGRLAI	0,01225	0,009984804	0,01	0,01	0,010015	0,010002	0,01	0,01	0,009964	0,01	0,009988862	0,01	0,01	0,012124	0,009992202	0,01	0,010001	0,01225	0,009999766	0,01225
SPA	2,61E-08	1,54545E-23	1,3E-19	0	3,85E-06	1,21E-06	0	4,81E-06	1,3E-05	2,09E-20	2,38044E-06	0	2,9E-06	1,86E-07	2,34638E-06	2,73E-07	3,9E-07	0	2,60491E-08	0
SPAN	41,99987	41,99596696	42,00014	41,99991	42,03177	42,00217	42	41,99719	41,82666	42	47,95292861	41,99989	42,01846	42,00486	41,95417474	42,00332	42,00206	42,00092	41,99992369	42
TBASE	7,999941	7,990211758	8,001679	7,752221	7,908858	8,012714	8	8,047616	7,982511	8	8,000108749	7,999951	8,012031	8,001333	7,99283397	7,993932	8,023986	8,021723	7,998589645	8
CVL	0,600001	0,6	0,600032	0,6	0,600216	0,600057	0,6	0,600083	0,600305	0,6	0,600005921	0,6	0,600059	0,600003	0,6	0,600914	0,600033	0,6	0,600002496	0,64
CVO	0,684004	0,683521373	0,684007	0,677986	0,683881	0,684021	0,684	0,684024	0,681035	0,684	0,684002474	0,683999	0,683997	0,684018	0,683718648	0,683815	0,683951	0,684027	0,6839867	0,684
CVR	0,754	0,753999984	0,758503	0,758497	0,7585	0,754007	0,754	0,754274	0,753878	0,754	0,753999472	0,754	0,754013	0,755122	0,753988228	0,754005	0,754004	0,7585	0,753999975	0,7585
CVS	0,699999	0,711530646	0,70016	0,700033	0,700401	0,700076	0,7	0,699988	0,698875	0,7	0,699988092	0,7	0,700362	0,700031	0,699861847	0,700061	0,700043	0,7	0,699989492	0,7675
Q10	1,999994	1,99995097	2,000504	2,000432	2,000401	2,00021	2	1,99827	1,998048	2	1,999923915	1,999999	2,000312	2,000112	1,999057989	2,002174	2,000123	2	1,999912044	2
RML	0,02	0,019957871	0,019989	0,02001	0,020064	0,020023	0,02	0,019992	0,019972	0,02	0,019997543	0,02	0,020011	0,02	0,019967492	0,01998	0,020003	0,02	0,019998011	0,02
RMO	0,003	0,002992687	0,003	0,003001	0,003002	0,003	0,003	0,003	0,002992	0,003	0,002999945	0,003	0,003	0,003	0,002996639	0,003001	0,003	0,003	0,002999791	0,003
RMR	0,01	0,009976813	0,010012	0,010004	0,010008	0,01	0,01	0,009998	0,009929	0,01	0,009998927	0,01	0,010004	0,010002	0,009999816	0,00999	0,009998	0,01	0,009999691	0,01
RMS	0,015	0,014993612	0,015	0,015001	0,015045	0,015009	0,015	0,015303	0,014879	0,015	0,014998851	0,015	0,015005	0,015001	0,014987513	0,014985	0,014997	0,015	0,014999894	0,015
PERDL	0,299999	0,3	0,299912	0,300184	0,300215	0,300006	0,3	0,300677	0,297724	0,3	0,29997755	0,3	0,299966	0,300026	0,299618861	0,299466	0,300004	0,3	0,299943738	0,3
CFET	0,999996	1	0,990334	1,00011	1,000159	1,000124	1	0,993281	0,999713	1	0,999996214	1	1,000476	1,000015	0,999679769	1,000043	1,000076	1	0,999873193	1
DEPNR	3,499999	3,5	3,505195	3,501308	3,500607	3,500706	3,5	3,513395	3,497406	3,5	3,499896631	3,5	3,50066	3,500229	3,49746023	3,502595	3,500431	3,5	3,499995439	3,5
IAIRDU	0,999996	1	0,999959	0,999679	0,99973	0,999844	1	0,999919	0,996983	1	0,999928542	1	0,998894	0,999987	1	0,98283	0,999905	1	0,999940357	1
RDI	0,000113	0	0,08444	0,002713	0,092128	0,095608	0	0,062899	0,272676	9,47E-17	0,00231823	0	0,007527	0,000485	9,40726E-15	0,09833	0,002049	0	0,000497831	0
RRI	1,199996	1,2	1,20285	1,201135	1,202275	1,200317	1,2	1,198044	1,193128	1,2	1,199922556	1,2	1,200725	1,200099	1,235947859	1,201457	1,200195	1,2	1,199945747	1,2
RDMCR	79,99987	80	80,13338	80,00484	80,12491	80,02321	80	79,97045	79,58793	80	79,99678766	80	80,02553	80,0043	79,94272526	80,04051	80,01415	80	77,49580915	80

Tabela 18. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,74906	19,74130599	19,74373	19,74865	19,80148	19,75056	19,74889	19,75001	19,75016	19,75227	19,74923784	19,75538	19,74986	19,71851	19,75482613	19,74945	19,75967	19,75259
DTSMTB45	0,256153	0,015637516	0,088672	0,074254	2,461827	0,001625	1,237256	0,000135	0,130554	0,031381	0,028435921	1,157357	0,002348	3,138844	4,931641436	1,830029	0,430415	0,01247
SLATB00	0,002762	0,002681137	0,002763	0,002802	0,002507	0,002803	0,002806	0,002786	0,002787	0,002799	0,00280149	0,002748	0,0028	0,002779	0,002781891	0,002834	0,002789	0,002775
SLATB13	0,002616	0,002340081	0,002342	0,002604	0,002222	0,002603	0,002801	0,0026	0,002642	0,002603	0,002607084	0,002289	0,002601	0,00224	0,002591029	0,002789	0,002328	0,002601
SLATB24	0,002158	0,002248882	0,002267	0,002203	0,001851	0,002188	0,00261	0,0022	0,002136	0,002343	0,002206329	0,002322	0,0022	0,00205	0,002494134	0,002362	0,002149	0,002133
SLATB28	0,002156	0,001890853	0,002061	0,001969	0,002551	0,002026	0,001998	0,002	0,001971	0,001914	0,001962711	0,00208	0,001999	0,00275	0,001596549	0,002	0,001978	0,001975
SLATB31	0,001465	0,002003876	0,001937	0,001495	0,002272	0,001534	0,002004	0,0018	0,001816	0,002024	0,001797428	0,00171	0,001801	0,002911	0,001464238	0,0018	0,001818	0,001902
SLATB57	0,002322	0,002575691	0,002455	0,002499	0,002819	0,002563	0,003262	0,002575	0,001705	0,002204	0,002561206	0,002479	0,002575	0,00194	0,002592107	0,002575	0,002658	0,003198
SLATB67	0,002609	0,002591319	0,002653	0,002565	0,002636	0,002569	0,001715	0,002575	0,002574	0,002104	0,002570374	0,002374	0,002575	0,002592	0,002555469	0,001955	0,002502	0,001979
SLATB01	0,002655	0,002397486	0,002835	0,002638	0,002888	0,002879	0,002698	0,002575	0,002583	0,001989	0,002585825	0,002093	0,002574	0,002378	0,002714637	0,003131	0,002561	0,002671
SSATB00	0,000225	0,000202504	0,000223	0,000225	0,000225	0,000194	0,00023	0,000225	0,000227	0,000224	0,000224957	0,000176	0,000225	0,000194	0,000224716	0,000225	0,000195	0,00019
SSATB09	0,0003	0,000299924	0,000292	0,000274	0,000297	0,000298	0,000274	0,0003	0,0003	0,000295	0,000274019	0,000276	0,0003	0,000294	0,000298389	0,0003	0,000273	0,000296
SSATB02	3,62E-05	7,49E-05	7,51E-05	7,49E-05	7,51E-05	7,18E-05	5,67E-05	7,50E-05	0,000125	7,55E-05	7,26E-05	0,000112	7,50E-05	5,45E-05	7,90E-05	7,50E-05	7,48E-05	0,000133
KDIFTB00	0,526497	0,551171493	0,548858	0,547811	0,551287	0,55	0,401055	0,55	0,44237	0,54638	0,553770466	0,550143	0,549993	0,50454	0,54500281	0,550358	0,533947	0,454427
KDIFTB65	0,484785	0,54968396	0,539415	0,549744	0,542022	0,550856	0,576717	0,55	0,53423	0,547161	0,550157925	0,537616	0,550006	0,474655	0,550229312	0,577197	0,55246	0,556094
KDIFTB01	0,601821	0,59995217	0,59524	0,599023	0,599339	0,600483	0,610189	0,6	0,601474	0,600404	0,599763228	0,596432	0,599994	0,603292	0,601106022	0,605045	0,59872	0,602124
KDIFTB02	0,58217	0,599869065	0,592651	0,599828	0,591864	0,598191	0,601707	0,6	0,587254	0,599516	0,600488809	0,586594	0,599992	0,540992	0,743476363	0,599885	0,598933	0,600277
EFFTB10	0,547495	0,547492261	0,544589	0,547592	0,546534	0,547276	0,547692	0,5475	0,547655	0,546378	0,547465872	0,54523	0,547499	0,544385	0,547579149	0,54748	0,547545	0,547397
EFFTB40	0,405017	0,405004844	0,403412	0,397321	0,403338	0,404999	0,404861	0,405	0,405125	0,404237	0,405045923	0,403972	0,405	0,411717	0,395552963	0,403229	0,40457	0,40316
AMAXTB00	62,90126	37,98746489	69,3237	61,88443	64,65957	60,25016	60,55609	60,25	60,24142	60,57702	60,33272149	61,65217	38,01566	63,48189	56,01993876	63,34472	63,94958	60,187
AMAXTB14	59,49741	37,96410118	59,81916	60,88966	59,94848	60,24964	60,181	60,25	60,22273	59,88893	60,3485045	60,22373	38,00388	57,46612	63,34933662	60,24595	60,03193	60,24145
TMPFTB00	0,000109	0,000150216	0,003345	0,000327	0,002541	1,50E-06	0,003537	0	0,000362	0,008192	0,001086595	0,001442	0,000202	0,000456	0,004883747	4,46E-05	0,006272	0,006171
TMPFTB11	0,000183	0,000513742	0,01797	0,000748	0,005206	2,09E-05	0,001597	0	0,000239	0,011633	1,30E-18	0,000976	0,000172	0,001713	0,002057835	1,89E-05	0,019784	0,004347
TMPFTB14	0,069452	0,122826702	0,074341	0,049979	0,061229	0,122495	0,058283	0,1225	0,070802	0,069778	0,122594517	0,070093	0,123383	0,093105	0,071591202	0,058466	0,067769	0,070574
TMPFTB23	0,881465	0,899571019	0,899434	0,975824	0,976552	0,975	0,975018	0,975	0,975259	0,973285	0,975039111	0,988703	0,899942	0,982703	0,899404559	0,974999	0,968555	0,9748
TMPFTB27	0,999697	0,99971535	0,950691	0,985855	0,990041	0,999986	0,999644	1	0,999222	0,993567	0,749938951	0,994816	0,999875	0,804702	0,98589703	0,999963	0,988617	0,999899
TMPFTB33	0,999652	0,702606535	0,995998	0,749066	0,994804	0,999998	0,999614	1	0,748238	0,753127	0,750150635	0,750421	0,983928	0,892509	0,999327169	0,923916	0,99599	0,994441
TMPFTB45	0,29994	0,299615118	0,300415	0,297285	0,298724	0,299999	0,300029	0,3	0,300244	0,288507	0,299768076	0,299148	0,300005	0,32929	0,285200429	0,300013	0,32971	0,300335
TMNFTB00	0,00039	0,000660633	4,86E-05	0,002631	0,023872	0,009875	0,001527	6,01E-23	0,118752	0,003613	7,50E-19	0,000143	5,38E-07	0,124191	0,00210249	3,50E-05	0,001014	0,014954
TMNFTB03	0,999878	0,999181245	0,982368	0,998588	0,994123	0,999999	0,99968	1	0,999746	0,998993	1	0,999524	0,999998	0,990358	0,997985165	0,999939	0,99961	0,998567

Tabela 19. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS (continuação da Tabela 18)

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
RFSETB00	0,805791	0,999681377	0,812983	0,812104	0,807001	0,8125	0,812667985	0,812500051	0,811874	0,817098	0,812428088	0,811171	0,999970348	0,998324	0,813431777	0,812493	0,789514	0,813296
RFSETB02	0,816815	0,999391183	0,810692	0,812798	0,807378	0,812503	0,812121906	0,812500015	0,812556	0,818932	0,812518007	0,811775	0,999998008	0,831662	0,817450242	0,812476	0,784542	0,812859
RDRRTB00	0,005	7,90427E-06	0,004995	0,004618	0,004981	1,62E-26	0,005013018	0,004999997	0,005	0,005	0,004983205	0,00498	7,79259E-07	0,003042	0,005104711	0,005	0,004865	0,00504
RDRRTB15	0,005001	1,22337E-06	0,005006	0,005112	0,004942	9,89E-22	0,004994888	0,005000001	0,005	0,005	0,005004558	0,005023	1,06853E-06	0,004555	0,006470535	0,005	0,005024	0,004984
RDRRTB151	0,019436	0,019711251	0,01989	0,018861	0,0199	0,015	0,019984431	0,019999998	0,019999	0,019932	0,019989556	0,019924	0,019999991	0,017911	0,018109936	0,019998	0,019963	0,019795
RDRRTB02	0,019798	0,019795913	0,019854	0,018599	0,019884	0,015	0,017917857	0,019999959	0,019999	0,019787	0,02	0,019927	0,014998851	0,017973	0,017362307	0,019999	0,019672	0,019587
RDRSTB00	0,01001	1,60612E-05	0,010126	0,010317	0,01	9,44E-21	0,010026752	0,01	0,01	0,00997	0,010019628	0,009632	1,32144E-06	3,68E-05	0,010207874	0,009998	0,010215	0,009961
RDRSTB15	0,010011	1,11626E-05	0,010508	0,009741	0,000224	1,76E-22	0,009886778	8,31448E-23	0,010002	0,009974	0,010000373	0,009956	1,33307E-06	0,009387	0,010162799	0,01	0,009814	0,010031
RDRSTB151	0,02001	0,029998433	0,035682	0,019697	0,02894	0,02	0,020157415	0,02	0,019988	0,019929	0,019995978	0,020001	0,019999243	0,024257	0,020073496	0,019984	0,030115	0,021585
RDRSTB02	0,02	0,030025682	0,030041	0,018803	0,031056	0,02	0,020201706	0,02	0,02	0,020262	0,020008419	0,020591	0,019999504	0,017858	0,020824931	0,019999	0,030384	0,021376
TBASEM	10,0053	9,990761085	10,0087	10,18851	10,01123	10	10,02196057	10	9,999983	9,888935	10,00705282	9,961842	10,00137719	9,350012	9,641042162	10,00288	9,97418	10,22228
TEFFMX	34,9973	35,00092384	34,99557	34,95643	35,01805	35	35,04123254	35	34,99831	35,52297	35,00630664	35,08736	34,99928155	35,09326	34,98956945	35,00064	34,9995	35,17176
TSUMEM	94,99986	94,99829005	94,99869	95,06319	95,0329	95	94,95722073	95	95,00003	94,13136	94,99903147	95,02937	95,00005968	94,72974	94,9933965	95,00191	94,97534	95,01154
IDSL	6,28E-05	0,001245554	0,000173	0,009409	0,003447	7,79E-20	0,006046074	0	0,028366	0,000333	6,32451E-19	0,004107	3,35982E-05	0,163074	0,000735269	0,000298	0,006725	0,000856
TSUM1	1008,082	1010,091359	1012,091	1009,062	1000,605	1010,002	1008,233653	1009,75032	1010,315	1010,283	1010,300377	1012,107	1010,033032	956,6186	1007,166737	1010,171	1011,567	1009,608
TSUM2	399,9558	399,9799075	395,167	398,8299	400,2805	400,001	399,340154	399,999986	399,9993	402,796	400,2534378	401,1151	399,9468171	410,9794	405,3276334	399,993	401,2866	400,3535
DVSI	0,075038	0,00083297	0,001043	-0,00022	-0,009	3,32E-06	-5,5227E-05	-1,29596E-06	0,07503	0,080559	-0,000214699	0,000448	-2,29171E-05	0,061343	0,075987319	2,71E-05	-0,00047	0,075078
DVSEND	2,299958	2,299672596	2,301322	2,300872	2,299274	2,3	2,300659669	2,3	2,299988	2,300009	2,299770102	2,339015	2,299990656	2,296135	2,29311628	2,300102	2,311193	2,30027
RGRLAI	0,012249	0,009998454	0,010237	0,009945	0,009521	0,01225	0,010019012	0,012249975	0,012248	0,01	0,010022652	0,009662	0,009999624	0,010124	0,010755319	0,012031	0,010119	0,009999
SPA	7,25E-08	1,85395E-06	0,000751	0,00076	0,000508	5,5E-07	0,000823352	6,1593E-11	1,38E-06	0,00075	0,000748202	0,000631	5,58053E-08	0,000728	4,90004E-05	5,22E-07	0,000602	2,6E-06
SPAN	41,99977	41,81730765	41,91162	42,19361	42	42,4421	42,13614683	42,00002694	41,99523	42,01854	41,94074407	41,80741	41,99903407	42,085	41,97490464	42,04735	41,45592	41,99199
TBASE	7,998766	8,072310145	7,968618	15,54493	8,044691	8,000548	15,61387412	7,999999448	7,999736	15,49889	15,62224418	15,78214	8,000942873	13,89928	7,899305351	8,000393	15,85288	8,002337
CVL	0,639963	0,600121816	0,602939	0,602732	0,6	0,600031	0,649980727	0,600000097	0,640009	0,600003	0,600342963	0,600984	0,600008047	0,601917	0,639366975	0,64	0,600731	0,639998
CVO	0,683974	0,684153361	0,708055	0,782393	0,684571	0,684002	0,683267601	0,683999993	0,683982	0,681726	0,683410338	0,68519	0,684002283	0,784966	0,68405053	0,683991	0,684778	0,683781
CVR	0,758494	0,754353563	0,753548	0,759154	0,752928	0,753689	0,756500259	0,753999981	0,758504	0,754	0,753641808	0,752564	0,758497079	0,751828	0,758522642	0,759387	0,753053	0,758486
CVS	0,699963	0,699808619	0,768095	0,700087	0,699998	0,70002	0,693085838	0,699998717	0,700006	0,767256	0,767588563	0,767204	0,699976675	0,792871	0,742698638	0,699963	0,767192	0,760427
Q10	1,99858	1,998514859	1,999213	2,000816	2,373177	2,000063	1,975539392	1,999999997	1,999993	2,37536	2,000151944	2,410487	1,999996006	2,407978	2,372893709	1,999992	2,383052	2,006046
RML	0,029464	0,019989096	0,019976	0,029463	0,020086	0,019982	0,019219095	0,019999999	0,029501	0,02	0,01988616	0,018822	0,020004462	0,020531	0,029494791	0,02	0,020127	0,029501
RMO	0,003744	0,002993857	0,002997	0,003735	0,002977	0,002999	0,003755893	0,002999991	0,00375	0,003	0,002999955	0,002947	0,003000917	0,003007	0,00374957	0,003799	0,002995	0,003761
RMR	0,017003	0,01000068	0,009855	0,010023	0,009721	0,009999	0,009955692	0,01	0,016999	0,009989	0,010042046	0,010014	0,009999357	0,01172	0,016999121	0,009845	0,010018	0,016986
RMS	0,022044	0,015007058	0,015003	0,015009	0,014593	0,015	0,015109118	0,014999997	0,022004	0,015005	0,014993377	0,015049	0,014999838	0,014848	0,022043523	0,015011	0,01493	0,021996
PERDL	0,299769	0,299897112	0,324331	0,300363	0,255466	0,299798	0,29918355	0,300000182	0,298211	0,293412	0,300133841	0,285983	0,3001066	0,281275	0,260028139	0,289805	0,299029	0,294631
CFET	0,999842	0,999760469	0,999502	1,000113	1,002169	0,999837	0,999280849	0,99999999	0,998924	0,999894	1,000068386	0,992705	0,999832192	0,998061	1,001173246	0,996452	0,998652	1,000081
DEPNR	3,499155	3,49792216	3,484434	3,505327	3,506164	3,498298	3,490241326	3,500011552	3,89575	3,510788	3,518800753	3,361218	3,499646511	3,4978	3,506701979	3,486094	3,368827	3,506071
IAIRDU	0,998912	0,99530611	0,998645	0,986675	0,947519	0,999802	0,99866754	0,9999995858	0,998932	0,999355	0,944070667	0,983505	0,991310736	0,898241	0,957035372	0,985329	0,962747	0,999751
RDI	0,007897	0,045173611	0,041386	0,138479	0,131123	0,002736	0,058863737	0,000468775	0,083336	0,011723	0,013346516	0,312059	0,000470957	4,014991	1,707612526	0,401487	0,791388	0,050167
RRI	1,196289	1,196494981	1,198299	1,27426	1,297228	1,199951	1,194462873	1,109050051	1,192605	1,199325	1,205210218	1,162981	1,199292588	1,457839	1,199049339	1,247481	1,157764	1,177541
RDMCR	79,98059	79,9750732	79,85058	80,02627	80,30288	79,97783	79,79312921	80,00030779	79,64998	79,94727	80,01068167	78,08589	80,08500977	76,03711	79,87507854	79,37719	82,3375	79,91521

Tabela 20. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS (continuação da Tabela 18).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,75	19,75	19,74658	19,75	19,74922	19,72728	19,93117	19,90676	19,7501	19,79742	19,74716	19,74866	19,75654	19,75802	19,7649	19,74966	19,74306	19,72303	19,74889	19,75136
DTSMTB45	5,59E-05	1,1E-09	0,274009	5,79E-05	0,412964	1,5801	0,181777	9,1E-06	0,011053	4,693837	0,047093	1,625519	0,053694	0,243258	0,30633	0,049625	3,734958	0,017554	4,39E-16	0,084353
SLATB00	0,0028	0,0028	0,002776	0,002786	0,002803	0,00288	0,002798	0,0028	0,002801	0,002802	0,0028	0,002807	0,002775	0,0028	0,002801	0,002799	0,002813	0,002812	0,002802	0,0028
SLATB13	0,0026	0,002355	0,00273	0,0026	0,002602	0,002327	0,002351	0,0026	0,0026	0,002369	0,002593	0,002607	0,002356	0,002306	0,002285	0,002366	0,002603	0,002355	0,002358	0,002389
SLATB24	0,002135	0,0022	0,002683	0,0022	0,002754	0,002309	0,002189	0,002138	0,002281	0,002847	0,002201	0,002731	0,002203	0,0023	0,002297	0,002913	0,002275	0,002355	0,002198	0,002229
SLATB28	0,002	0,002	0,002	0,00196	0,001992	0,002158	0,002018	0,001961	0,001961	0,003046	0,002001	0,001978	0,001995	0,002089	0,001966	0,00293	0,001961	0,002258	0,001996	0,001999
SLATB31	0,0018	0,001534	0,001849	0,0018	0,001802	0,001935	0,001532	0,002128	0,001766	0,001463	0,001796	0,00187	0,001841	0,001498	0,001415	0,002293	0,001401	0,001421	0,001465	0,00148
SLATB57	0,002633	0,001674	0,002573	0,002575	0,003064	0,001662	0,002574	0,002675	0,002574	0,002179	0,002575	0,00263	0,002539	0,002603	0,00263	0,002945	0,002488	0,002448	0,002614	0,002302
SLATB67	0,002533	0,002568	0,001715	0,002569	0,002142	0,002576	0,002543	0,002533	0,002568	0,002509	0,002572	0,001963	0,002571	0,002564	0,002648	0,002363	0,002451	0,002483	0,002568	0,002604
SLATB01	0,002575	0,002706	0,002684	0,00258	0,002576	0,002692	0,002883	0,002577	0,002575	0,002564	0,00271	0,003149	0,002868	0,002575	0,002423	0,002479	0,002527	0,002637	0,002586	0,002587
SSATB00	0,000225	0,000198	0,000165	0,000225	0,000225	0,000191	0,000228	0,000224	0,000225	0,0002	0,000225	0,000218	0,000194	0,000197	0,000199	0,0002	0,000194	0,000216	0,000196	0,00021
SSATB09	0,0003	0,0003	0,000299	0,0003	0,0003	0,000265	0,000297	0,000282	0,0003	0,000282	0,0003	0,000299	0,000299	0,000278	0,000282	0,000282	0,000299	0,000298	0,000296	0,0003
SSATB02	7,5E-05	7,54E-05	7,43E-05	7,5E-05	7,5E-05	9,16E-05	9,85E-05	7,5E-05	7,55E-05	7,95E-05	7,93E-05	0,00013	7,48E-05	7,53E-05	7,34E-05	0,000103	0,000117	5,68E-05	2,36E-05	7,58E-05
KDIFTB00	0,55	0,549978	0,549925	0,55	0,550397	0,404218	0,540818	0,55	0,549518	0,484681	0,546699	0,442167	0,551352	0,542845	0,562133	0,440759	0,490145	0,534134	0,443355	0,551818
KDIFTB65	0,549983	0,549666	0,549297	0,550004	0,549593	0,423593	0,550736	0,522079	0,549721	0,43088	0,548679	0,549603	0,547717	0,552491	0,558281	0,568934	0,578142	0,525213	0,549758	0,547579
KDIFTB01	0,599996	0,599971	0,598753	0,599999	0,599521	0,600863	0,599626	0,594897	0,600154	0,599757	0,600089	0,600336	0,600416	0,598754	0,582488	0,600289	0,600487	0,600405	0,599323	0,602897
KDIFTB02	0,600006	0,599995	0,597562	0,600011	0,599857	0,521917	0,599234	0,6	0,601253	0,599256	0,600012	0,596845	0,599608	0,576808	0,59115	0,599999	0,593213	0,598699	0,599775	0,609021
EFFTB10	0,547502	0,548665	0,548788	0,5475	0,547297	0,545631	0,54758	0,5475	0,54781	0,547347	0,547787	0,54751	0,547491	0,54614	0,544944	0,5475	0,544609	0,547671	0,547445	0,545538
EFFTB40	0,404979	0,405235	0,40496	0,405002	0,405019	0,408627	0,404057	0,403047	0,405	0,402378	0,404983	0,404883	0,404363	0,403605	0,403726	0,405003	0,408165	0,404457	0,405271	0,408282
AMAXTB00	60,30441	59,78548	59,59851	60,24999	60,25612	57,53283	66,23874	62,91763	60,249	68,14493	60,62052	60,50449	60,16993	60,8414	63,1717	60,24904	55,89955	53,46564	60,32204	57,32222
AMAXTB14	60,24999	60,25426	60,37794	60,24978	60,24859	64,1279	60,79539	60,24996	60,25029	59,10703	60,17483	60,15489	60,24031	60,02478	60,11032	60,25558	61,77384	62,84065	60,17857	61,22015
TMPFTB00	7,41E-20	9,03E-09	0,016041	1,14E-06	0,00189	0,035415	0,006951	2,2E-08	4,91E-05	5,01E-06	0	0,001686	0,004371	0,000372	0,000388	2,37E-05	0,004296	0,000569	0,000213	0,000895
TMPFTB11	8,3E-21	7,6E-09	0,042799	0,060627	0,000324	0,006518	0,002214	3,94E-07	5,27E-05	0,000129	7,4E-16	0,002296	0,012399	0,00264	0,001267	2,53E-06	0,026904	0,000633	0,006297	0,001969
TMPFTB14	0,070001	0,070001	0,056827	0,07	0,069157	0,046415	0,070432	0,128218	0,070122	0,071968	0,1225	0,122551	0,051831	0,067598	0,070902	0,069998	0,108982	0,122518	0,070036	0,069922
TMPFTB23	0,975	0,975003	0,975082	0,975	0,975047	0,972637	0,975729	0,971255	0,974883	0,960787	0,975107	0,975407	0,975565	0,985772	0,974296	0,975	0,976466	0,974916	0,975043	0,974546
TMPFTB27	1	1	0,996069	0,999998	0,995695	0,935643	0,998691	1	0,999983	0,998967	1	0,998245	0,995021	0,999734	0,998846	0,99997	0,99031	0,99224	0,999296	0,994711
TMPFTB33	0,75	1	0,98728	0,639217	0,999636	0,789224	0,997668	1	0,749991	0,999888	1	0,749304	0,749474	0,999816	0,997135	0,750053	0,9933	0,999602	0,751636	0,749946
TMPFTB45	0,3	0,321218	0,304079	0,299408	0,30005	0,278683	0,300524	0,300002	0,299993	0,339708	0,299967	0,300684	0,296747	0,295409	0,300646	0,299982	0,296266	0,299952	0,298815	0,299744
TMNFTB00	1,75E-05	6,16E-09	0,001118	0,00149	0,000382	0,010584	0,003018	1,11E-07	1,25E-05	0,000323	6,3E-19	0,002092	0,06264	0,001628	0,000429	3,55E-06	0,001479	0,019809	0,000399	0,017219
TMNFTB03	0,99998	1	0,993509	0,999909	0,999883	0,975852	0,997299	1	0,99999	0,999972	1	0,998639	0,998082	0,999473	0,994578	0,99997	0,997647	0,99905	0,997195	0,997962

Tabela 21. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Santa Vitória do Palmar-RS (continuação da Tabela 18)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
RFSETB00	0,812500023	0,812492	0,808318	0,812595	0,812410464	0,799499	0,812296	0,8125	0,812528	0,791697	0,812481	0,812306	0,80837	0,812468	0,814771	0,812515	0,808904	0,813733	0,811667	0,812798
RFSETB02	0,812500153	0,812478	0,806915	0,812499	0,811791097	0,811241	0,812035	0,812499	0,812482	0,80397	0,812436	0,811571	0,79362	0,813106	0,815733	0,812493	0,815688	0,812484	0,813628	0,812861
RDRRTB00	0,00499991	0,005	0,004964	0,005	0,00500021	0,003114	0,004987	0,005	0,005	0,005122	0,004989	0,005006	0,005037	0,004992	0,00493	0,005	0,00462	0,005054	0,005001	0,006365
RDRRTB15	0,004999915	0,005	0,004975	0,005	0,00500198	0,005721	0,004962	0,005	0,005	0,004929	0,005	0,005014	0,005057	0,004912	0,005008	0,005	0,005165	0,007069	0,00501	0,004926
RDRRTB151	0,019999902	0,02	0,018195	0,02	0,019980255	0,01785	0,019741	0,01814	0,02	0,02	0,02	0,01998	0,019969	0,019931	0,019958	0,019998	0,019845	0,01845	0,019991	0,019932
RDRRTB02	0,017584062	0,02	0,017825	0,02	0,019989856	0,018525	0,019957	0,02	0,02	0,019999	0,02	0,019943	0,019925	0,019898	0,019988	0,019999	0,017916	0,017518	0,02	0,01777
RDRSTB00	0,009999851	0,010001	0,010117	0,01	0,010003713	0,011051	0,010112	0,01	0,010001	0,009912	0,01	0,010162	0,009952	0,010002	0,010054	0,010001	0,010296	0,010187	0,010012	0,009986
RDRSTB15	1,05869E-38	0,010002	0,010011	0,010045	0,0100067	0,010862	0,009235	0,01	0,01	0,009743	0,009999	0,010015	0,00996	0,009986	0,008622	0,01	0,01021	0,010235	0,010384	0,010436
RDRSTB151	0,02	0,02	0,020053	0,019964	0,030006611	0,021401	0,024077	0,03	0,02	0,024652	0,019978	0,031624	0,019993	0,021799	0,020027	0,024106	0,031419	0,020673	0,019973	0,031655
RDRSTB02	0,02	0,02	0,020206	0,019987	0,029966266	0,018203	0,02007	0,031397	0,02	0,021066	0,02002	0,03012	0,017532	0,021524	0,020761	0,019998	0,029892	0,021158	0,019954	0,029911
TBASEM	10	9,99999	9,992656	9,99109	9,792599467	9,459681	9,923781	9,999986	9,999442	9,378542	9,987206	9,971625	10,00546	9,930515	8,565594	10,00001	10,35177	9,390272	10,0262	10,56938
TEFFMX	35	35	34,99223	34,98305	35,01460763	35,06239	35,02125	35	34,99777	35,92956	34,99146	34,91217	34,98728	34,92453	36,0071	34,99997	34,87029	34,97049	35,0013	33,95657
TSUMMEM	95	95,00011	94,99775	94,99216	95,00618454	95,27528	95,01129	95	94,99984	94,51025	94,99075	94,99015	95,02995	95,00295	94,61499	94,99844	94,92114	95,34288	95,07511	94,65805
IDSL	0	1,38E-08	0,001748	0,001437	7,73327E-05	0,104181	0,002418	1,76E-07	1,55E-05	0,000122	6,34E-16	0,00407	0,002938	0,00487	0,00327	0,000111	0,097005	0,048713	8,28E-18	0,001367
TSUM1	1009,993822	1010,156	1008,868	1010	1009,934607	989,9718	1032,742	1028,756	1009,823	956,6407	1006,227	1012,237	1011,326	1009,907	1008,913	1008,787	1010,346	1009,522	1010,929	1011,006
TSUM2	399,9899987	399,992	400,0227	399,7894	399,9448316	375,2587	399,8416	400	400,0014	397,4324	399,9939	399,9234	474,8438	400,8489	401,1206	399,991	403,8792	402,3364	400,8048	407,0518
DVSI	-2,40869E-07	0,075061	0,075268	0,07498	-1,09552E-05	0,078424	0,075624	0,075	0,075009	0,063892	0,000103	-0,00045	-0,00013	0,075328	0,077321	0,07506	0,076989	0,077278	0,075753	0,075057
DVSEND	2,3	2,3	2,299764	2,299654	2,300032853	2,311544	2,299001	2,3	2,300005	2,304261	2,299504	2,299681	2,300704	2,299748	2,300814	2,300053	2,300798	2,261379	2,29772	2,299987
RGRLAI	0,01	0,01225	0,012251	0,012248	0,010001858	0,009604	0,012593	0,01225	0,012249	0,009511	0,01225	0,009994	0,009618	0,009996	0,009427	0,010001	0,012201	0,011851	0,009996	0,012718
SPA	4,22581E-40	0,000257	2,26E-07	4,37E-26	0,000751019	0,000651	0,000264	2,93E-27	6,99E-09	0,001002	2,23E-22	0,000752	0,00075	0,000738	0,000778	0,00075	1,22E-05	1,65E-05	0,000748	5,64E-07
SPAN	42	42	41,98596	42	42,01360216	41,73631	41,97932	42	41,99995	41,95571	41,95852	42,01083	42,00989	41,94464	42,12221	41,99906	42,01958	42,10003	41,28322	42,002
TBASE	8	7,999891	7,993569	8,00003	7,990576191	16,59138	7,974721	8	7,999388	17,697	7,998217	15,58049	7,737369	15,50501	15,33075	15,49995	8,01241	7,765378	15,54744	15,50613
CVL	0,600036681	0,651734	0,640157	0,64	0,640051301	0,600861	0,644214	0,64	0,639989	0,603469	0,639915	0,605375	0,600199	0,600461	0,611792	0,600013	0,640212	0,637169	0,600054	0,645566
CVO	0,68400322	0,683999	0,684036	0,684	0,683889564	0,793216	0,684912	0,684	0,683989	0,759166	0,684081	0,684844	0,684187	0,784423	0,788394	0,68398	0,684292	0,680241	0,684649	0,684252
CVR	0,758500001	0,7585	0,759802	0,758608	0,758505216	0,751612	0,758502	0,758645	0,7585	0,757998	0,758508	0,753304	0,754072	0,753994	0,753987	0,754001	0,759649	0,759308	0,753323	0,758489
CVS	0,69999988	0,767499	0,699446	0,7	0,700065844	0,748907	0,700085	0,7675	0,700022	0,661876	0,7004	0,780526	0,697329	0,766972	0,712822	0,767503	0,699679	0,698323	0,768152	0,699942
Q10	1,999998602	2,000006	2	2	1,998457131	2,415181	1,999836	2	1,99999	2,515238	2,019341	2,37543	1,998776	2,379478	2,002052	2,375482	2,375055	2,374797	2,37708	1,917652
RML	0,019999972	0,029501	0,02961	0,0295	0,01999288	0,019103	0,0291	0,0295	0,029503	0,018588	0,022317	0,020019	0,019926	0,020118	0,019938	0,019982	0,029114	0,029505	0,020027	0,029499
RMO	0,002999997	0,003757	0,003751	0,003	0,003001246	0,002671	0,003752	0,00375	0,00375	0,00334	0,003748	0,003768	0,002996	0,002996	0,002999	0,003001	0,003019	0,004013	0,002994	0,00375
RMR	0,009999999	0,016909	0,017025	0,01	0,009980352	0,009635	0,017037	0,017	0,01	0,009028	0,010007	0,009753	0,009897	0,009897	0,01001	0,009947	0,010003	0,016777	0,010017	0,017013
RMS	0,014999979	0,022002	0,022033	0,015	0,015001053	0,016505	0,014971	0,015	0,014996	0,017118	0,015007	0,014956	0,014976	0,014949	0,014937	0,014996	0,0152	0,021479	0,014986	0,022004
PERDL	0,299999806	0,3	0,29083	0,3	0,300263228	0,279016	0,299896	0,3	0,300005	0,300687	0,300281	0,297567	0,299839	0,332209	0,298047	0,299756	0,305214	0,299938	0,300254	0,298493
CFET	0,999999589	1	0,998273	1	1,000007141	1,023226	1,000717	1	0,999985	1,001417	1,000274	0,999484	1,000781	0,977424	1,000089	1,000149	1,001243	0,999989	1,000193	1,013191
DEPNR	3,499998267	3,499997	3,428972	3,5	3,49892699	3,634317	3,504586	3,5	3,499851	3,515768	3,500971	3,501773	3,495424	3,377095	3,498987	3,498322	3,580683	3,496988	3,500979	3,623831
IAIRDU	0,99999906	1	0,989563	1	0,94648728	0,988639	0,994489	0,999999	0,999956	0,992169	0,980777	0,997722	0,996204	0,995619	0,968657	0,971149	0,976946	0,999808	1	0,999858
RDI	4,6809E-05	2,53E-09	5,450937	2,46E-06	0,034667908	6,258468	2,273359	4,8E-06	0,003822	0,034644	0,011971	0,393487	0,124933	1,452943	0,006793	2,249071	1,57716	0,050867	0,02749	0,004843
RRI	1,199997595	1,199998	1,16303	1,2	1,198977799	0,900024	1,170177	1,2	1,199449	1,207633	1,200799	1,197708	1,199582	1,111933	1,202171	1,197143	1,336271	1,199798	1,198716	1,194522
RDMCR	79,99996572	79,99994	79,63683	80,00005	80,00861728	69,90642	79,85691	80	79,99543	79,52662	80,06181	79,57185	82,26491	80,036	79,88505	79,91481	80,80025	78,07585	79,90519	80,01833

Tabela 22. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,82014359	19,74943	19,73481	19,67043	19,76050393	19,65723	20,56248	19,74908	19,78447	20,41407	19,74049	19,77447	19,73101	19,74918	19,89888	19,55666	19,56673	19,59215	19,73687	19,58655	19,75126	
DTSMTB45	4,963874212	0,000533	3,424456	0,010111	0,369127497	4,490061	0,110473	0,036138	2,713361	1,424319	3,808001	0,311748	1,19617	0,810841	0,191499	0,343064	1,726745	0,000657	0,070035	1,018136	15,28858	
SLATB00	0,002752176	0,0028	0,003551	0,002722	0,002794161	0,003129	0,002858	0,002751	0,002663	0,002777	0,003001	0,002848	0,002456	0,0028	0,00267	0,002366	0,002779	0,00229	0,002781	0,002992	0,003227	
SLATB13	0,002493801	0,002601	0,002631	0,002671	0,002258805	0,002495	0,002325	0,002356	0,003442	0,002354	0,002521	0,00276	0,002506	0,002665	0,002285	0,003231	0,002386	0,002541	0,002272	0,003541	0,002251	
SLATB24	0,002322902	0,002201	0,002198	0,002206	0,002452457	0,002355	0,002242	0,00222	0,002492	0,002159	0,002283	0,002171	0,002184	0,00302	0,002303	0,002465	0,002432	0,002001	0,003161	0,002473	0,001785	
SLATB28	0,002174498	0,002001	0,00262	0,001781	0,002400363	0,002018	0,002186	0,002007	0,002539	0,002322	0,001687	0,001904	0,002685	0,002892	0,002137	0,001778	0,002552	0,002196	0,002794	0,00191	0,0017	
SLATB31	0,002660151	0,001982	0,001323	0,002597	0,003265502	0,002377	0,00219	0,00131	0,002527	0,001508	0,003148	0,00256	0,002182	0,001649	0,003096	0,002652	0,003255	0,003118	0,001408	0,00261	0,002278	
SLATB57	0,002425242	0,001719	0,002222	0,001547	0,002067897	0,001884	0,001777	0,002569	0,002055	0,001791	0,002714	0,001757	0,002041	0,002014	0,001408	0,001919	0,001953	0,002053	0,001849	0,003567	0,002183	
SLATB67	0,002580102	0,002575	0,00229	0,002575	0,002718661	0,002632	0,001848	0,002571	0,002738	0,002607	0,002564	0,002613	0,002596	0,002458	0,002634	0,002694	0,002296	0,001757	0,002395	0,002433	0,003326	
SLATB01	0,002889228	0,002575	0,002885	0,002399	0,002417816	0,002455	0,003356	0,002372	0,002814	0,002544	0,002342	0,00252	0,002884	0,002501	0,002326	0,002724	0,002388	0,00244	0,002021	0,002244	0,003114	
SSATB00	0,000227998	0,000225	0,000196	0,000163	0,000192501	0,000168	0,000196	0,000195	0,000186	0,000198	0,000194	0,000174	0,000197	0,000188	0,000166	0,000194	0,000199	0,000223	0,000171	0,000218	0,000103	
SSATB09	0,0003	0,0003	0,0003	0,000264	0,000293306	0,000284	0,000298	0,000297	0,00024	0,0003	0,000287	0,0003	0,000291	0,0003	0,0003	0,000299	0,000289	0,0003	0,0003	0,000292	0,000219	
SSATB02	5,94231E-05	7,5E-05	4,11E-05	0,000131	5,59677E-05	0,0001	0,000123	5,53E-05	4,9E-05	0,000114	6,71E-05	0,000134	5,78E-05	0,000103	0,000106	9,23E-05	8,09E-05	7,9E-05	8,43E-05	3,32E-05	8,65E-05	
KDIFTB00	0,495062229	0,549996	0,501727	0,516049	0,495633546	0,424155	0,470378	0,49352	0,472748	0,505611	0,472558	0,534254	0,402365	0,441	0,402725	0,412174	0,491521	0,504858	0,468948	0,537446	0,418469	
KDIFTB65	0,548159108	0,550011	0,5381	0,552898	0,550639504	0,572286	0,5913	0,400494	0,483437	0,606403	0,58145	0,670347	0,528744	0,568844	0,540024	0,426123	0,448455	0,401644	0,413577	0,439072	0,675221	
KDIFTB01	0,595552061	0,599999	0,673485	0,598948	0,603128806	0,607821	0,596122	0,600285	0,550739	0,601207	0,585484	0,596295	0,584912	0,599762	0,509058	0,60565	0,596937	0,638907	0,616185	0,673249	0,501313	
KDIFTB02	0,542042832	0,600016	0,571084	0,598648	0,575022222	0,58034	0,590623	0,606388	0,585224	0,623366	0,536952	0,696665	0,577623	0,599803	0,63969	0,598898	0,619618	0,598592	0,590635	0,521415	0,507427	
EFFTB10	0,54701513	0,5475	0,548602	0,549597	0,546732143	0,546247	0,547133	0,547775	0,543901	0,546536	0,546815	0,547322	0,548207	0,547512	0,549308	0,549254	0,543694	0,547189	0,546783	0,549746	0,540215	
EFFTB40	0,405333994	0,404997	0,405344	0,403852	0,399844407	0,413839	0,404631	0,404826	0,437836	0,403016	0,404711	0,405163	0,403491	0,403363	0,394822	0,38961	0,404046	0,439966	0,411746	0,411758	0,416887	
AMAXTB00	60,30254217	60,29067	61,83917	58,08525	59,20311114	57,92918	60,1481	60,26993	40,4804	60,69907	60,00612	59,18024	63,96952	63,93737	57,6617	40,40421	64,33955	47,66842	67,87716	62,80425	59,20888	
AMAXTB14	60,62532021	60,26818	68,37677	64,18595	61,14826707	62,10474	59,29332	60,30284	70,59374	62,0817	63,76492	62,90087	60,22377	60,25229	62,54623	65,66391	62,6678	62,22852	61,67707	60,43268	49,40189	
TMPFTB00	0,039266471	4,4E-06	0,003253	0,000208	0,003619974	0,005698	0,041537	0,000166	0,012664	0,014119	0,120742	0,031876	0,010925	0,002567	0,031503	0,000239	0,019202	3,65E-05	0,006661	0,054659	0,009027	
TMPFTB11	0,016220116	5,18E-06	0,007295	0,001595	0,004534085	0,008068	0,033956	0,000208	0,005389	0,017613	0,005206	0,035885	0,014365	0,002988	0,14178	0,000873	0,052809	0,000279	0,025569	0,019063	0,135028	
TMPFTB14	0,083726143	0,122499	0,070704	0,070049	0,062920892	0,119523	0,059869	0,122432	0,075827	0,123358	0,072263	0,110313	0,123466	0,122503	0,072834	0,11487	0,063664	0,070699	0,069614	0,118684	0,119225	
TMPFTB23	0,970929339	0,97498	0,975602	0,974623	0,974655263	0,976123	0,989651	0,974993	0,967127	0,967881	0,979738	0,950754	0,952717	0,975004	0,973787	0,950479	0,946771	0,989979	0,982746	0,958021	0,978773	
TMPFTB27	0,957593599	0,999999	0,992862	0,99979	0,94520923	0,746637	0,998427	0,935279	0,765951	0,992808	0,944106	0,991689	0,992144	0,999822	0,907297	0,998388	0,979233	0,988995	0,997888	0,989462	0,87229	
TMPFTB33	0,962666623	0,749995	0,996802	0,749811	0,993820122	0,63106	0,881809	0,99994	0,966906	0,987947	0,726753	0,791676	0,989211	0,748947	0,999454	0,999287	0,999189	0,983733	0,592958	0,921335	0,998431	
TMPFTB45	0,29999995	0,299919	0,298741	0,247475	0,299709186	0,312756	0,303789	0,348746	0,016956	0,300016	0,263745	0,293684	0,300233	0,299834	0,280016	0,299667	0,22478	0,353495	0,171362	0,269006	0,349023	
TMNF TB00	0,01714046	1,86E-06	0,003558	0,001903	0,008331354	0,087457	0,079783	0,000663	0,333309	0,000671	0,067561	0,014141	0,005378	0,009299	0,00246	0,000728	0,063905	0,087995	0,030644	0,058454	0,001315	
TMNF TB03	0,982277943	0,999999	0,993265	0,999817	0,988210169	0,996726	0,98728	0,999736	0,961895	0,998662	0,982313	0,99821	0,99602	0,999957	0,920695	0,998136	0,993318	0,999489	0,99808	0,877061	0,896793	
RFSETB00	0,822514023	0,812477	0,811887	0,805256	0,820241177	0,853987	0,815352	0,813123	0,836488	0,807889	0,797069	0,830628	0,812976	0,81244	0,812599	0,99974	0,649132	0,802042	0,875623	0,79997	0,837985	
RFSETB02	0,815629624	0,812483	0,811857	0,818666	0,818517685	0,785736	0,79928	0,81214	0,823361	0,754717	0,804988	0,809886	0,81496	0,812639	0,83498	0,891689	0,993946	0,838768	0,798188	0,787004	0,874331	
RDRRTB00	0,004982502	0,005	0,005005	0,005	0,005021544	0,005591	0,00682	0,005001	0,009083	0,004741	0,003576	0,004349	0,00498	0,004971	0,007072	0,000309	0,006053	0,006321	0,005015	0,007147	0,004335	
RDRRTB15	0,004999691	0,005001	0,004999	0,008034	0,005006233	0,007229	0,005064	0,006318	0,005483	0,006675	0,01028	0,002868	0,005001	0,005004	0,004981	0,008059	0,005468	0,005009	0,003714	0,003665	0,004275	
RDRRTB151	0,019325929	0,019999	0,019694	0,019958	0,01989449	0,01565	0,018752	0,019941	0,016529	0,018387	0,018863	0,017255	0,019902	0,019988	0,019978	0,017656	0,019895	0,019205	0,018904	0,017005	0,019981	
RDRRTB02	0,019746658	0,019999	0,019984	0,017845	0,018441699	0,01767	0,017392	0,017704	0,019331	0,017582	0,017755	0,017952	0,019792	0,019987	0,01687	0,019978	0,019311	0,01883	0,019514	0,017808	0,018831	

Tabela 23. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC (continuação da Tabela 22)

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
RDRSTB00	0,00958953	0,010001	0,009946	0,018879	0,00982844	0,001003	0,011241	0,009631	0,002075	0,010198	0,005461	0,010372	0,009883	0,009988	0,009186	0,019442	0,008021	0,010749	0,010513	0,002125	0,022046
RDRSTB15	0,011754001	4,13E-08	0,010527	0,004808	0,010959827	0,017117	0,009261	0,01035	0,007641	0,009653	0,01269	0,014163	0,013388	0,009909	0,010951	0,007154	0,00423	0,021967	0,010881	0,009801	0,000962
RDRSTB151	0,018157665	0,02	0,019575	0,014355	0,018433368	0,025282	0,020207	0,019942	0,028865	0,021614	0,014626	0,015692	0,016171	0,020007	0,017154	0,028353	0,020374	0,02994	0,020538	0,02382	0,006267
RDRSTB02	0,016276222	0,019998	0,018618	0,014877	0,017556091	0,014021	0,020904	0,020013	0,011049	0,021146	0,017877	0,016594	0,016449	0,020146	0,015442	0,012951	0,021294	0,011418	0,018702	0,019108	0,011463
TBASEM	9,703568604	10,00004	9,402142	9,732732	8,878731996	8,151742	9,895994	10,60904	9,182142	10,2251	8,202146	8,517114	8,744961	10,02511	7,911253	10,1176	10,35903	9,163091	10,07878	8,958914	7,113478
TEFFMX	34,4595207	34,99994	34,73395	31,15084	34,34699205	36,9325	34,87451	34,98899	34,01728	35,40267	33,66835	33,59158	33,66479	35,06676	34,3602	35,8858	31,32794	36,1289	34,6218	33,33359	33,78625
TSUMEM	94,6696383	94,99998	94,22858	95,12262	95,87177498	93,40684	94,90055	94,64935	93,60799	94,68642	94,72696	93,55102	93,68542	94,72313	92,74579	92,72445	95,25097	93,02644	95,37699	91,29643	94,14692
IDSL	0,100427447	8,81E-07	0,001045	0,008595	0,069468224	0,099289	0,053735	0,07618	0,006607	0,157021	0,076804	0,07066	0,007284	0,07757	0,156995	0,068573	0,010979	0,004486	0,011356	0,230951	0,273792
TSUM1	935,8422026	1010,106	995,3055	920,6603	945,9796612	911,2148	987,9281	1006,744	752,2386	1001,185	923,8647	900,6768	979,2413	1009,576	887,0316	705,9334	796,8753	750,3049	946,6133	726,4636	759,837
TSUM2	407,8794569	399,9762	405,4194	375,7222	381,0950794	351,2732	387,2591	399,3455	379,3716	397,2232	351,8617	388,4535	375,2597	400,7773	370,3101	406,6855	414,602	424,1975	393,4425	320,6547	370,1304
DVSI	0,061018956	-4,1E-06	0,071595	0,002806	0,073728067	0,037216	0,071137	0,074942	-0,09196	0,075215	0,026388	0,034028	0,050083	0,076029	0,044737	-0,07102	-0,07219	-0,04344	0,072454	-0,0598	-0,03258
DVSEND	2,32902916	2,300004	2,291247	2,301839	2,308220508	2,304474	2,297163	2,29941	2,308872	2,298574	2,29928	2,310747	2,269501	2,299251	2,306661	2,299581	2,278961	2,300202	2,352124	2,196804	2,238472
RGRLAI	0,009421403	0,01	0,009208	0,009087	0,009835601	0,009841	0,010247	0,009997	0,008735	0,009709	0,00936	0,009558	0,010102	0,010002	0,008742	0,011663	0,010174	0,00933	0,008686	0,008133	0,012695
SPA	0,000988855	0,00075	0,000714	0,000806	0,000769365	0,001044	0,000924	0,000751	0,000608	0,000799	0,001041	0,000782	0,000729	0,00075	0,001248	0,000738	0,000754	0,000758	0,000863	0,000587	0,000716
SPAN	41,8954036	42,00305	41,47572	42,37252	41,69908127	41,80401	41,25768	42,0025	41,03455	41,96776	41,21263	41,95303	42,13601	42,01606	38,76792	42,01239	41,16196	42,18194	43,46232	42,51557	37,89269
TBASE	15,47591922	7,998961	15,71483	15,83501	12,43194405	15,65019	15,35589	15,49422	16,38539	15,48304	15,21255	14,95761	15,20119	15,5132	15,64456	17,45986	15,04781	16,39795	14,84502	18,03136	18,59401
CVL	0,640403777	0,6	0,639863	0,645359	0,647152326	0,63178	0,643595	0,600092	0,615256	0,644449	0,639714	0,64303	0,638499	0,605525	0,613764	0,638267	0,641799	0,645531	0,623486	0,643733	0,658617
CVO	0,784093574	0,683994	0,785648	0,809426	0,781383287	0,808779	0,787738	0,784115	0,784329	0,783407	0,790805	0,681352	0,784516	0,684127	0,791043	0,785217	0,786581	0,711569	0,785355	0,779603	0,777849
CVR	0,75781146	0,754001	0,758563	0,758556	0,758198135	0,756909	0,758295	0,754	0,758126	0,758468	0,758592	0,758466	0,758325	0,758501	0,759935	0,758432	0,757572	0,759874	0,751283	0,757398	0,757129
CVS	0,77264841	0,699816	0,768621	0,75856	0,765655744	0,795174	0,77222	0,767438	0,793268	0,767446	0,754819	0,769974	0,767517	0,767617	0,765861	0,768965	0,763916	0,756885	0,77062	0,794432	0,730887
Q10	2,393632264	1,999905	2,388645	2,357207	2,371895918	2,359208	2,311781	2,375877	2,559199	2,376967	2,446393	2,509051	2,338823	2,441652	2,484597	2,381338	2,184219	2,344133	2,375889	2,504666	2,443096
RML	0,022791605	0,02	0,019643	0,017362	0,021073855	0,0196	0,017352	0,019996	0,022292	0,020258	0,016979	0,020045	0,02005	0,019889	0,020717	0,019767	0,020288	0,02978	0,019966	0,018818	0,020594
RMO	0,002935095	0,003	0,003179	0,002659	0,002992708	0,00249	0,002675	0,003	0,002636	0,002991	0,003051	0,003055	0,003086	0,00291	0,002523	0,002859	0,003081	0,002484	0,002514	0,002152	0,0028
RMR	0,00998871	0,009999	0,009638	0,009103	0,009981922	0,006419	0,010009	0,010036	0,008434	0,006762	0,010861	0,002792	0,010091	0,009811	0,009605	0,010006	0,006055	0,017143	0,011213	0,012734	0,006107
RMS	0,015048256	0,014999	0,015821	0,01492	0,015724915	0,015154	0,016157	0,014997	0,011552	0,015011	0,014512	0,016014	0,012532	0,014978	0,014248	0,014636	0,014651	0,017827	0,01537	0,015569	0,016555
PERDL	0,294700563	0,299998	0,267569	0,300189	0,292701091	0,175229	0,363494	0,299831	0,318226	0,299668	0,289311	0,286498	0,285296	0,297325	0,290456	0,300164	0,294673	0,300005	0,299158	0,293013	0,225736
CFET	0,993681054	1,000142	0,992629	1,000024	1,002574619	1,00108	0,992325	1,000127	1,02502	1,008054	0,979735	0,99514	0,996791	1,048262	1,066469	1,002166	1,016421	1,007212	0,99956	0,987033	1,006233
DEPNR	3,425388081	3,499909	3,492013	3,501824	3,508269084	3,221726	3,406939	3,500301	3,468049	3,50238	3,616666	3,39927	3,375508	3,736191	3,462407	3,707718	3,560311	3,789295	3,503671	3,01556	2,667554
IAIRDU	0,987244015	0,999998	0,992881	0,999391	0,997083282	0,837828	0,996238	0,998845	0,897217	0,991562	0,9636	0,996033	0,976959	0,987614	0,994681	0,985542	0,996121	0,886754	0,989946	0,972931	0,812986
RDI	0,291953459	0,00564	1,000047	0,06422	1,391669266	0,450752	0,982169	0,163826	2,726253	2,549408	1,415322	0,162244	1,44895	0,436412	4,012886	0,065324	8,491428	3,869797	0,097372	4,86656	6,913163
RRI	1,187780064	1,199887	1,182622	1,199772	1,309994434	1,183035	1,163287	1,210677	0,830997	1,261418	1,145808	1,159609	1,196141	1,187	1,200946	1,200844	1,193232	0,814509	1,1998	1,135021	1,44974
RDMCR	78,43127136	79,99925	78,25215	80,07007	76,37400083	73,46013	83,00241	80,26081	80,0886	72,36281	79,05513	80,0256	80,99401	80,3266	80,49004	77,922	80,11684	74,90097	84,70496	73,44121	89,66492

Tabela 24. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC (continuação da Tabela 22)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	20,44047872	19,74575189	19,38984	19,95983	19,74944251	19,51166	19,54453	19,71684	19,73674	19,65874	19,71642	20,04554	19,53127	19,64327	19,63628	19,52581	19,76229
DTSMTB45	1,109825122	4,699144533	0,782305	1,005235	0,014750408	0,008	0,800163	2,286973	0,017021	3,346316	0,36217	1,443353	5,542766	0,135221	0,160617	3,278027	0,635866
SLATB00	0,002692511	0,00260426	0,003423	0,003534	0,002800072	0,003735	0,002902	0,003343	0,002648	0,002364	0,002593	0,003026	0,002922	0,002759	0,002813	0,002758	0,002765
SLATB13	0,003381933	0,002421868	0,002732	0,003609	0,002602546	0,002489	0,002664	0,002651	0,002355	0,002344	0,002484	0,002177	0,00238	0,002665	0,002492	0,002506	0,003048
SLATB24	0,00240103	0,002164906	0,0022	0,002235	0,002134867	0,002615	0,002348	0,00301	0,002098	0,002185	0,002342	0,001884	0,001325	0,002201	0,002153	0,002217	0,00269
SLATB28	0,002223632	0,002881162	0,002044	0,002127	0,001999913	0,002022	0,002164	0,00178	0,002001	0,001987	0,002002	0,003152	0,00162	0,003073	0,002026	0,001939	0,003111
SLATB31	0,002770007	0,001774021	0,003019	0,003079	0,001799671	0,002639	0,002352	0,001903	0,001516	0,001534	0,00268	0,002428	0,002558	0,002972	0,002352	0,00261	0,001149
SLATB57	0,002124406	0,002605045	0,001782	0,001428	0,002575246	0,001934	0,002622	0,002433	0,00168	0,00257	0,001885	0,00174	0,001884	0,00213	0,002809	0,001694	0,002322
SLATB67	0,002812259	0,002600107	0,002616	0,002639	0,002549133	0,002552	0,002577	0,00256	0,002573	0,002532	0,002552	0,002827	0,00239	0,00257	0,002434	0,002727	0,0026
SLATB01	0,001715011	0,00251198	0,00231	0,002514	0,002568337	0,002834	0,003142	0,00224	0,002573	0,002326	0,002525	0,003172	0,002784	0,00259	0,00286	0,002406	0,002194
SSATB00	0,000162503	0,000181337	0,000185	0,000126	0,000216995	0,00022	0,00021	0,000195	0,000194	0,000196	0,000192	0,000179	0,000267	0,000216	0,000198	0,000193	0,000205
SSATB09	0,000277844	0,000299999	0,000298	0,00028	0,00029996	0,000299	0,000298	0,0003	0,0003	0,000298	0,000299	0,000249	0,00028	0,0003	0,000299	0,0003	0,000285
SSATB02	0,00012006	0,000109558	9,48E-05	6,23E-05	7,50288E-05	5,57E-05	5,48E-05	7,43E-05	0,000165	5,84E-05	9,95E-05	0,00012	8,47E-05	0,000103	5,6E-05	0,000132	5,99E-05
KDIFTB00	0,455734783	0,458294732	0,440954	0,429669	0,550050368	0,478435	0,427537	0,456662	0,517096	0,5369	0,547794	0,494207	0,427851	0,439815	0,479169	0,516861	0,429902
KDIFTB65	0,552829765	0,546610224	0,592881	0,580969	0,550103035	0,556071	0,402467	0,732041	0,468074	0,432373	0,542395	0,555162	0,440623	0,574056	0,550996	0,557733	0,584888
KDIFTB01	0,598631013	0,596457328	0,59718	0,513873	0,600499667	0,750319	0,570318	0,748317	0,60038	0,596749	0,600305	0,654048	0,60115	0,597416	0,615301	0,751799	0,629725
KDIFTB02	0,623716329	0,62468157	0,599598	0,547477	0,599959405	0,534377	0,58258	0,577301	0,551308	0,59801	0,600499	0,47898	0,581015	0,599048	0,527313	0,598816	0,615893
EFFTB10	0,54648068	0,546752615	0,548653	0,544581	0,547507169	0,539724	0,549728	0,546241	0,545056	0,547213	0,545938	0,54358	0,547514	0,547509	0,547819	0,547513	0,549558
EFFTB40	0,431476886	0,41029802	0,373923	0,41439	0,404955199	0,393788	0,376235	0,397589	0,405042	0,391138	0,41528	0,438187	0,399633	0,403908	0,405941	0,436658	0,391843
AMAXTB00	56,27338742	67,74687738	44,23357	39,8608	60,24313943	54,81098	45,82018	61,0822	56,1995	57,94848	54,99737	56,97071	58,66196	63,87805	63,44211	41,27137	68,38385
AMAXTB14	62,26655495	59,7779184	62,7365	63,82934	60,2547226	51,02093	60,71895	62,13645	63,17936	63,8687	64,43624	68,80906	64,37726	60,43636	56,73064	63,50739	69,19388
TMPFTB00	0,007378301	0,024599234	6,79E-05	0,09551	0,000236347	0,017349	0,002757	0,033974	8,83E-05	0,012335	0,032416	0,021371	0,001734	2,87E-05	0,010661	0,000844	0,039281
TMPFTB11	0,023570462	0,032026262	0,000349	0,092044	0,000245568	0,146879	0,008007	0,004159	0,00015	0,19088	0,024351	0,05369	0,001197	0,000113	0,01254	2,38E-05	0,046977
TMPFTB14	0,117139638	0,075488682	0,057741	0,050421	0,122490008	0,122443	0,070266	0,106906	0,122503	0,124103	0,119441	0,073347	0,122568	0,122449	0,118127	0,127031	0,074406
TMPFTB23	0,98468841	0,975281725	0,97525	0,9457	0,974939152	0,973403	0,983008	0,980335	0,975026	0,975338	0,964047	0,992229	0,975092	0,975133	0,996545	0,977409	0,846706
TMPFTB27	0,84467147	0,961026595	0,999311	0,986404	0,999726583	0,747682	0,998423	0,95803	0,750005	0,997674	0,99749	0,895979	0,749476	0,99999	0,968944	0,750657	0,987182
TMPFTB33	0,742361169	0,757050983	0,999929	0,89037	0,999806599	0,936479	0,994912	0,752961	0,749866	0,985419	0,958307	0,903641	0,637642	0,797231	0,984392	0,709238	0,99778
TMPFTB45	0,225492657	0,29046096	0,283795	0,319625	0,29249883	0,297853	0,292772	0,277874	0,299958	0,385569	0,295517	0,31232	0,299927	0,442018	0,330796	0,328679	0,460435
TMNFTB00	0,06296001	0,031563486	0,000137	0,0847	0,0002302	0,037758	0,000736	0,0001367	0,000217	0,134243	0,074732	0,024343	0,119055	0,063772	0,021752	0,01002	0,041196
TMNFTB03	0,989791969	0,965553368	0,999945	0,980604	0,999835833	0,997086	0,992663	0,998182	0,99988	0,997525	0,989814	0,970698	0,999922	0,999974	0,98486	0,999996	0,99349
RFSETB00	0,900438493	0,823444441	0,999352	0,792456	0,802512556	0,806802	0,810264	0,811906	0,812499	0,812636	0,811348	0,816377	0,811767	0,917997	0,628792	0,811518	0,820467
RFSETB02	0,771775969	0,817669185	0,842952	0,785055	0,812338241	0,80991	0,810258	0,814696	0,811904	0,762706	0,808258	0,781289	0,811553	0,943836	0,819922	0,999954	0,97797
RDRRTB00	0,005655975	0,005003882	0,00432	0,000317	0,004996461	0,000181	0,004697	0,004798	0,005005	0,006016	0,002736	0,004646	0,005004	0,001458	0,004925	0,003773	0,006993
RDRRTB15	0,003762832	0,005415889	0,003741	0,006091	0,005001168	0,00671	0,00644	0,006804	0,007132	0,009948	0,006279	0,002825	0,007949	0,003869	0,008728	0,008748	0,003219
RDRRTB151	0,016338836	0,018806185	0,018773	0,018359	0,019999733	0,016312	0,019926	0,019963	0,018238	0,019046	0,017971	0,016806	0,01999	0,019999	0,018811	0,018222	0,019761
RDRRTB02	0,019551075	0,019506451	0,019992	0,01873	0,019998386	0,01973	0,019875	0,019979	0,019999	0,019984	0,017543	0,017373	0,019991	0,016071	0,019948	0,019554	0,019806

Tabela 25. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Turvo-SC (continuação da Tabela 22)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
RDRSTB00	0,002854212	0,011638596	0,005539	0,002918	0,009992533	0,01235	0,009956	0,019701	0,019549	0,018073	0,006008	0,020713	0,019292	0,009642	0,017748	0,001322	0,010405
RDRSTB15	0,009611221	0,012512183	0,006489	0,00926	0,009999301	0,007709	0,008039	0,012028	0,010503	0,003168	0,005878	0,009213	0,008616	0,01312	0,018024	0,004969	0,008145
RDRSTB151	0,02052825	0,015799613	0,013769	0,021405	0,01999249	0,021131	0,017176	0,030418	0,019327	0,02476	0,019916	0,019512	0,02402	0,015585	0,018256	0,019948	0,025375
RDRSTB02	0,010717127	0,018741085	0,012002	0,01172	0,020015195	0,010714	0,014135	0,019221	0,017284	0,022764	0,014017	0,021211	0,008166	0,012134	0,02379	0,022868	0,015952
TBASEM	5,810777428	9,140857675	8,060603	8,795977	10,00867287	8,395505	10,49569	9,35439	8,086931	8,349686	7,303532	11,07188	8,107992	12,26552	9,956854	6,525845	8,176791
TEFFMX	36,02294817	33,85232725	35,38315	36,44362	35,00771478	36,47313	32,70008	38,00858	38,40273	37,48832	36,55059	33,9862	35,02952	37,54109	34,81521	33,9725	30,09296
TSUMEM	92,755687	93,54292308	93,15953	94,94067	95,00174501	92,73922	93,0006	92,16343	94,63266	91,37468	93,69648	94,32346	91,02914	91,18142	92,13826	92,6794	94,61734
IDSL	0,028413623	0,031705248	0,06652	0,074798	0,000171461	0,012085	0,190951	0,016392	0,002136	0,127914	0,023755	0,055996	0,070591	0,000357	0,018542	0,082138	0,026237
TSUM1	811,9615747	927,5387042	720,628	747,0794	1010,303882	709,3525	734,5372	948,6094	993,0165	875,1515	812,6896	1038,78	706,65	869,7517	863,5861	752,5116	802,6862
TSUM2	437,0046291	379,4702596	355,0879	370,179	399,9858022	400,2801	302,2168	373,6522	386,8222	366,9008	378,1761	432,5672	384,2059	365,9321	375,7343	380,4774	448,169
DVSI	-0,060487654	0,053674692	-0,05503	-0,01533	0,074838464	-0,07282	-0,0693	0,08205	0,065745	-0,02457	-0,06015	0,15653	-0,09999	-0,03172	-0,03482	-0,06659	-0,03008
DVSEND	2,45730075	2,332096656	2,28914	2,284903	2,299197617	2,301167	2,300597	2,311705	2,285193	2,254054	2,306245	2,273771	2,300062	2,300045	2,299369	2,299996	2,276083
RGR LAI	0,009648392	0,010804858	0,010215	0,010367	0,010006159	0,009347	0,009058	0,009273	0,010006	0,009568	0,009309	0,012267	0,009064	0,009329	0,009296	0,009056	0,009735
SPA	0,001009576	0,00075722	0,000354	0,000431	0,000747199	0,000731	0,000774	0,000788	0,000852	0,000613	0,000825	0,000665	0,000763	0,000753	0,000745	0,000587	0,000647
SPAN	41,42949204	42,70878452	42,05729	42,1048	41,9862202	42,01833	41,99247	42,50981	42,00229	41,98019	42,84684	41,65109	41,98239	42,00325	41,55487	41,91514	41,18671
TBASE	15,8236982	15,31732546	9,059214	14,97289	15,49467844	14,56608	10,55711	16,74578	15,50799	15,4761	15,62315	15,32953	15,37682	16,80233	15,42372	15,07211	17,25894
CVL	0,6435454	0,637231589	0,637322	0,632178	0,600006515	0,641356	0,640771	0,643437	0,603042	0,600103	0,642002	0,647118	0,642141	0,600062	0,639989	0,641289	0,60799
CVO	0,846006722	0,780512979	0,785404	0,788528	0,684173974	0,79705	0,784801	0,792563	0,784229	0,702862	0,788218	0,776506	0,786965	0,786177	0,779324	0,78658	0,789553
CVR	0,758485351	0,758491662	0,758512	0,757938	0,753118324	0,758476	0,758413	0,756243	0,751797	0,751336	0,759556	0,759333	0,756336	0,751805	0,756509	0,759246	0,75208
CVS	0,707406606	0,760970021	0,740103	0,74684	0,76762176	0,741678	0,770284	0,762786	0,767644	0,769197	0,796429	0,777481	0,768426	0,767729	0,77112	0,768268	0,857602
Q10	2,501615286	2,034992019	2,397011	2,608893	2,37483553	2,378191	2,353628	2,139043	2,366706	2,267245	2,059885	2,44367	2,01086	2,377372	2,34772	2,378679	2,331124
RML	0,028303384	0,019809106	0,019518	0,016211	0,019998728	0,019733	0,015027	0,015734	0,019958	0,019383	0,025004	0,021604	0,019858	0,019936	0,02082	0,019949	0,021804
RMO	0,002462033	0,002615563	0,002852	0,002768	0,003001766	0,002859	0,002655	0,002746	0,003	0,002431	0,002835	0,00241	0,002988	0,002963	0,002941	0,002991	0,002592
RMR	0,011361901	0,006063933	0,010007	0,009079	0,009930326	0,010071	0,015063	0,015425	0,009986	0,014003	0,010007	0,013955	0,012049	0,009963	0,008578	0,009974	0,010189
RMS	0,011416598	0,015303235	0,01485	0,021256	0,015005592	0,013977	0,015514	0,014985	0,014987	0,01414	0,015209	0,016013	0,014734	0,014822	0,015177	0,01478	0,0157
PERDL	0,333088082	0,273485001	0,300126	0,310688	0,29987918	0,299929	0,283549	0,29308	0,279796	0,264219	0,277726	0,294415	0,264243	0,309925	0,305433	0,328952	0,304538
CFET	1,017324881	1,008425606	1,000024	1,02501	1,000244125	1,000131	1,011573	0,894581	1,000031	0,999535	0,990741	0,996825	1,013588	1,014072	0,961099	0,986169	1,010615
DEPNR	4,063345493	3,585795841	3,499909	3,316398	3,600703004	3,502326	3,486441	3,094428	3,498998	3,27707	3,585894	3,524585	4,184433	3,205632	3,647883	3,482473	3,490067
IAIRDU	0,971789121	0,950503236	0,999893	0,958693	0,994467134	0,998671	0,995642	0,998788	0,999799	0,939686	0,997436	0,98882	0,828799	0,995816	0,866589	0,901193	0,96572
RDI	4,436337451	7,61541586	0,007432	6,005111	0,008066736	0,084375	0,142962	0,71811	0,099427	14,28709	0,349978	0,036137	4,718963	10,81984	5,534573	0,200919	3,91352
RI	1,189532432	1,356745227	1,150135	1,19446	1,198856447	1,196674	1,384974	1,357621	1,200176	1,117896	1,197255	1,053808	1,910151	1,232928	1,198033	1,200004	1,117668
RDMCR	91,37250456	78,5250166	80,06413	70,10565	79,99922539	79,91342	72,74686	78,72368	79,98861	70,85111	80,1352	72,44103	70,44486	73,90217	80,15885	84,62151	79,34785

Tabela 26. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,75021613	19,75	19,74995	19,75039	19,7509585	19,74698	19,75001	19,74945	19,74102	19,75218	19,75001	19,74889	19,74604	19,76494	19,75091	20,53447	19,75
DTSMTB45	0,02730757	7,98271E-21	0,01665	0,062561	0,087013535	0,006126	0,001028	0,001193	0,368263	0,017895	0,002754	0,04223	0,009239	1,552773	0,008664	0,007346	5,59E-07
SLATB00	0,002797523	0,0028	0,0028	0,002773	0,002800529	0,0028	0,002786	0,0028	0,002799	0,002787	0,002784	0,002798	0,002821	0,00263	0,0028	0,002784	0,0028
SLATB13	0,002345381	0,0026	0,002355	0,002362	0,002606284	0,002341	0,0026	0,0026	0,002445	0,002323	0,0026	0,002604	0,002302	0,002247	0,002346	0,002492	0,002355
SLATB24	0,002141642	0,0022	0,002198	0,002202	0,002152923	0,00214	0,0022	0,0022	0,002205	0,002127	0,0022	0,002187	0,002287	0,002523	0,002197	0,002194	0,002134
SLATB28	0,002005512	0,001960077	0,002	0,001955	0,001960349	0,001952	0,00196	0,001999	0,001989	0,001991	0,002	0,002024	0,002791	0,002092	0,002001	0,002	0,002
SLATB31	0,001803545	0,0018	0,001798	0,001778	0,001800944	0,001857	0,0018	0,0018	0,001488	0,001447	0,0018	0,001532	0,002127	0,001834	0,001463	0,001799	0,0018
SLATB57	0,002572663	0,002575	0,002575	0,002551	0,002575285	0,002598	0,002575	0,002576	0,002584	0,002563	0,002575	0,002559	0,002365	0,002558	0,002631	0,002586	0,002618
SLATB67	0,002577423	0,002575	0,002567	0,002566	0,002534843	0,002556	0,002575	0,002575	0,002542	0,002577	0,002575	0,002562	0,002556	0,002614	0,002568	0,002572	0,002544
SLATB01	0,002705304	0,002575	0,002705	0,002872	0,002576166	0,002716	0,002575	0,002575	0,002992	0,002576	0,002575	0,002575	0,002599	0,002363	0,002548	0,00256	0,002575
SSATB00	0,000226	0,000225	0,000198	0,000225	0,000223925	0,000225	0,000225	0,000225	0,000201	0,000226	0,000225	0,000225	0,0002	0,000202	0,000194	0,000213	0,000225
SSATB09	0,00029858	0,0003	0,0003	0,0003	0,000281838	0,000296	0,0003	0,0003	0,000287	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,000297	0,000299	0,000299	0,0003
SSATB02	7,86186E-05	0,000075	7,74E-05	7,5E-05	7,5009E-05	7,5E-05	7,5E-05	7,49E-05	7,64E-05	7,5E-05	7,5E-05	7,51E-05	7,5E-05	7,56E-05	0,000128	7,5E-05	7,5E-05
KDIFTB00	0,547659672	0,55	0,549693	0,550071	0,550034924	0,560782	0,55	0,549999	0,559484	0,552221	0,549997	0,550044	0,549999	0,543543	0,444047	0,549966	0,55
KDIFTB65	0,548619331	0,55	0,550016	0,550055	0,550519445	0,550982	0,549994	0,550027	0,557048	0,549545	0,549993	0,550006	0,550021	0,553157	0,551271	0,549637	0,55
KDIFTB01	0,601593527	0,6	0,599911	0,600012	0,600010429	0,603557	0,599999	0,599992	0,595231	0,601249	0,600002	0,600175	0,600001	0,587661	0,59998	0,604832	0,601358
KDIFTB02	0,600078696	0,6	0,600189	0,599998	0,602988363	0,601943	0,600216	0,600021	0,60003	0,603662	0,6	0,599993	0,600181	0,601593	0,600129	0,599687	0,6
EFFTB10	0,547383756	0,5475	0,547499	0,5475	0,547788609	0,546348	0,5475	0,547504	0,54705	0,547646	0,5475	0,5475	0,547788	0,54938	0,547527	0,547596	0,547787
EFFTB40	0,405021709	0,405	0,40348	0,405348	0,404898197	0,360422	0,405001	0,404993	0,405322	0,405214	0,405	0,405005	0,404788	0,40082	0,405003	0,405041	0,404788
AMAXTB00	60,35777787	60,25	63,92455	37,99333	60,26751778	55,64088	60,24999	60,25537	61,41918	59,52358	60,25	60,24941	60,22844	63,39766	60,21698	60,24019	60,25
AMAXTB14	60,22971349	60,25	60,24997	37,96033	60,32013566	61,92984	60,25097	60,25113	60,24419	60,41153	60,25002	60,24852	60,25122	62,41671	60,26716	60,31623	60,25
TMPFTB00	0,000325601	0	0	0,000344	0,000172392	0,002187	1,42E-05	0,000394	0,003031	0,000351	0	4,65E-05	6,38E-05	0,044291	0,000136	0,00032	0
TMPFTB11	2,37172E-05	0	0	0,001466	0,001729024	0,005147	4,44E-07	0,000101	0,007527	0,016838	0	5,63E-06	0,000218	0,011504	0,000187	0,003836	0
TMPFTB14	0,135353347	0,1225	0,1225	0,069843	0,122639454	0,123473	0,122501	0,069735	0,070215	0,12278	0,069999	0,070146	0,058477	0,122594	0,069541	0,070152	0,070001
TMPFTB23	0,974981266	0,975	0,975	0,899919	0,975058837	0,975585	0,975	0,89994	0,976018	0,975028	0,974979	0,975013	0,899989	0,976165	0,974999	0,97499	0,975
TMPFTB27	0,999952689	1	1	0,998842	0,999017795	0,999458	0,999996	0,997876	0,999808	0,990188	1	0,999822	0,999848	0,984488	0,997585	0,999523	1
TMPFTB33	0,999987015	1	0,75	0,998388	0,750009878	0,756065	0,923893	0,750069	0,992282	0,994875	0,999999	0,992745	0,999979	0,968653	0,999287	0,749611	0,999999
TMPFTB45	0,300046506	0,3	0,3	0,299992	0,300049579	0,303524	0,300002	0,299689	0,302687	0,299837	0,300003	0,299768	0,299938	0,300096	0,299899	0,300449	0,3
TMNFTB00	3,39485E-05	5,25445E-24	3,17E-10	0,003705	0,118634732	0,009292	6,78E-06	0,003351	0,00024	0,000705	9,05E-09	0,000122	0,000236	0,014737	0,000599	0,000468	0,013715
TMNFTB03	0,999912838	1	1	0,99971	0,999699842	0,998343	0,999937	0,999803	0,99625	0,998057	1	0,999493	0,999896	0,981797	0,999241	0,99957	1
RFSETB00	0,999951283	0,8125	0,8125	0,998892	0,812558945	0,812485	0,812509	0,999998	0,812609	0,811794	0,812506	0,812429	0,812463	0,807823	0,812476	0,812069	0,812499
RFSETB02	0,999976338	0,8125	0,8125	0,995256	0,812719507	0,816598	0,812494	0,999994	0,812278	0,812317	0,812509	0,812232	0,812442	0,800966	0,812244	0,811632	0,812503
RDRRTB00	0,004997879	0,005	0,005	6,85E-05	1,43417E-05	0,004978	5,92E-07	4,79E-07	0,004972	0,004997	0,005	0,004998	0,005	0,00482	0,005003	0,005002	0,005
RDRRTB15	5,9874E-07	4,20251E-40	0,005	0,000828	7,3178E-06	0,004925	1,6E-07	2,6E-06	0,005002	0,004997	0,005	0,005001	0,004998	0,007567	0,005	0,005001	0,005
RDRRTB151	0,019992489	0,02	0,02	0,019997	0,014998872	0,019987	0,01532	0,019999	0,019948	0,019926	0,02	0,019991	0,019997	0,019912	0,019432	0,019965	0,02
RDRRTB02	0,019997353	0,019315888	0,02	0,019991	0,014797629	0,019984	0,015	0,019998	0,019957	0,019971	0,02	0,019986	0,019999	0,0176	0,019821	0,019976	0,02

Tabela 27. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC (continuação da Tabela 26)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
RDRSTB00	3,57859E-05	0	0,01	9,88E-06	1,04094E-05	0,009967	5,74E-08	3,26E-06	0,010076	0,010014	0,01	0,01003	0,010032	0,00917	0,009966	0,010013	0,01
RDRSTB15	2,61582E-06	0	0,01	2,39E-06	4,22353E-06	0,00995	9,14E-06	1,91E-07	0,009969	0,010021	8,42E-24	0,010008	7,89E-06	0,010104	0,010001	0,009929	0,01
RDRSTB151	0,019964919	0,02	0,02	0,01994	0,015447353	0,017297	0,019992	0,029996	0,021788	0,01981	0,02	0,019997	0,019711	0,019884	0,02	0,020002	0,03
RDRSTB02	0,020002751	0,03	0,02	0,019963	0,017529118	0,019919	0,020002	0,01994	0,02091	0,019981	0,030235	0,019945	0,021272	0,019162	0,020005	0,020002	0,03
TBASEM	9,992453843	10	10	9,989514	9,995344848	10,04183	9,95137	9,990983	9,936655	10,01397	9,689003	10,00184	9,994833	9,90396	10,00909	10,00054	10
TEFFMX	34,99835043	35	35	34,98203	35,00196359	34,96174	34,99878	34,98979	35,1597	35,00815	34,68688	34,99362	34,98723	35,11982	35,00175	35,00015	35
TSUMEM	94,99916361	95	95	95,00424	94,99802306	94,96533	95,00001	94,99888	95,19329	94,99706	94,99992	95,00463	94,98972	94,98534	94,98389	94,99835	95
IDSL	0,000354891	3,39885E-22	6,79E-18	0,000971	4,13546E-05	0,002982	5,54E-05	0,000683	0,008988	0,005359	2,04E-05	5,67E-05	0,00016	0,02197	0,000389	0,001334	0
TSUM1	1008,943	1010	1009,907	1013,156	1010,232803	1009,118	1009,73	1009,259	1011,135	1010,754	1009,995	1009,14	1009,722	1006,296	1009,446	1058,843	1010
TSUM2	400,0375915	400	400,0108	399,9827	399,9738334	399,9242	400,0025	400,0004	406,5763	402,4131	399,9999	400,0072	399,9867	399,5838	399,9725	399,9292	399,9999
DVSI	-0,00110497	-5,07586E-22	0,000554	-6,3E-05	-3,43375E-05	-0,0003	-2,5E-06	6,56E-06	0,076822	0,075757	2,52E-06	0,074881	-2,6E-06	0,003244	0,075206	0,075576	-5,9E-09
DVSEND	2,300229019	2,3	2,3	2,300405	2,299942871	2,298178	2,299925	2,299957	2,291057	2,293153	2,300015	2,299788	2,299485	2,329142	2,30051	2,304157	2,3
RGLAI	0,009996396	0,01	0,01	0,010009	0,01224891	0,009968	0,01225	0,01	0,012726	0,010093	0,01	0,01225	0,009937	0,009679	0,01	0,01226	0,01
SPA	8,87186E-07	8,40224E-25	0,00075	4,42E-06	4,83989E-07	0,000745	4,57E-08	2,62E-07	1,32E-06	0,000865	2,66E-08	1,17E-07	2,26E-07	0,000745	5,36E-08	5,81E-06	0,00075
SPAN	41,99532541	42	41,99915	41,9885	41,99274374	41,98278	41,99998	41,99012	42,01444	42,00047	42,00031	42,00026	41,97841	42,02343	41,99387	41,99951	42
TBASE	7,995769314	8	15,49127	8,001441	8,001976528	15,55746	8,000013	7,999938	15,47689	15,47652	7,999873	7,930577	8,000497	15,48051	8,006439	7,988939	15,5
CVL	0,600009214	0,6	0,600078	0,600449	0,639869048	0,643154	0,640001	0,600004	0,641465	0,600177	0,600008	0,639993	0,600073	0,601037	0,600044	0,640039	0,6
CVO	0,684040741	0,684	0,784028	0,683313	0,684044187	0,684198	0,684002	0,68401	0,683957	0,784271	0,684	0,684019	0,683593	0,784221	0,684154	0,683205	0,684
CVR	0,758500315	0,754	0,754	0,753952	0,758499921	0,758975	0,754	0,758503	0,758501	0,758529	0,753628	0,7585	0,758485	0,753031	0,753916	0,758541	0,7585
CVS	0,699992661	0,7	0,699993	0,700012	0,700001066	0,699918	0,699998	0,699999	0,700079	0,699394	0,700008	0,699992	0,699997	0,767547	0,699997	0,699647	0,7
Q10	1,999659489	2	2,000069	1,996301	1,999716365	2,004165	2	2	2,001256	2,001015	2,000165	2,000264	2,000136	2,389095	2,001472	1,996633	2
RML	0,020000407	0,02	0,019928	0,020021	0,019998642	0,020149	0,020005	0,019999	0,029562	0,02947	0,02	0,02951	0,019993	0,020041	0,02002	0,029489	0,02
RMO	0,002996615	0,003	0,003002	0,002993	0,00375019	0,003752	0,003	0,002935	0,003751	0,003026	0,003	0,00375	0,003001	0,002982	0,003	0,003751	0,003
RMR	0,010000502	0,01	0,01	0,009967	0,009999772	0,009424	0,01	0,01	0,01694	0,010021	0,01	0,009998	0,009998	0,009803	0,01	0,015818	0,01
RMS	0,014999886	0,015	0,015009	0,014997	0,015001468	0,01505	0,015	0,015014	0,022017	0,014616	0,015	0,014997	0,015001	0,015014	0,015017	0,016216	0,015
PERDL	0,299238902	0,3	0,300617	0,300193	0,300777023	0,302173	0,299994	0,300015	0,291472	0,302488	0,28755	0,299994	0,300437	0,2938	0,300056	0,321007	0,3
CFET	1,000189253	1	0,994327	0,999904	1,028800303	1,00068	1	1,000008	0,999444	0,999522	1,000009	0,999989	0,999973	0,99877	0,999983	1,016687	1
DEPNR	3,500526227	3,5	3,592574	3,500329	3,498757271	3,545623	3,500041	3,500118	3,443311	3,491629	3,500075	3,499688	3,498866	3,438224	3,499728	3,697959	3,5
IAIRDU	0,999788992	1	0,999956	0,995819	0,999720681	0,982601	0,999999	0,999995	0,983472	0,996611	0,999988	0,999988	0,999722	0,992307	0,999852	0,951098	1
RDI	0,089576772	5,01908E-21	0,002049	0,548852	0,00945071	0,21299	0,000356	0,000902	0,628681	0,251647	0,001662	0,001301	0,001408	0,849994	0,062158	2,149201	2,53E-07
RRI	1,195094075	1,2	1,20008	1,20535	1,198933891	1,193536	1,199981	1,200036	1,168701	1,084572	1,200065	1,199895	1,202531	1,150419	1,200304	1,291395	1,2
RDMCR	80,07265665	80	79,90104	79,96701	80,78286088	79,65063	79,99866	80,00245	79,93786	75,01279	79,99997	80,00023	79,45497	78,89996	80,01147	83,7638	79,99999

Tabela 28. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC (continuação da Tabela 26)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
DTSMTB00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTSMTB35	19,74931928	19,86221181	19,75181	19,74324	19,75060452	19,74954558	19,75125	19,74938	19,74681	19,75074	19,74219	19,75041	19,74897	19,74999	19,78705
DTSMTB45	0,051890327	3,401814546	0,022963	0,137964	0,00492009	0,042452369	0,003162	0,007898	0,07693	0,109065	0,00894	0,028337	0,017162	0,006207	1,255249
SLATB00	0,002806596	0,002688432	0,002769	0,002819	0,002800041	0,002801143	0,002813	0,002788	0,002805	0,002793	0,00279	0,002777	0,0028	0,002782	0,002866
SLATB13	0,002406119	0,002417297	0,002356	0,002354	0,002599714	0,002355459	0,002617	0,002577	0,00238	0,002639	0,002384	0,002344	0,002601	0,0026	0,002444
SLATB24	0,002089399	0,002160468	0,002198	0,002226	0,002200341	0,002096743	0,002226	0,00219	0,002004	0,002168	0,002194	0,002137	0,0022	0,0022	0,002495
SLATB28	0,002083731	0,001938903	0,002	0,002003	0,002001088	0,002661396	0,001608	0,002024	0,00204	0,001984	0,001972	0,002811	0,001952	0,00196	0,002152
SLATB31	0,001433993	0,001119834	0,0018	0,001446	0,001459275	0,00144359	0,0018	0,001531	0,001384	0,001481	0,001877	0,002164	0,001462	0,0018	0,001737
SLATB57	0,002681442	0,002113635	0,002551	0,002561	0,002574724	0,002530511	0,002665	0,002562	0,002599	0,00266	0,002581	0,00265	0,002553	0,002575	0,002536
SLATB67	0,002580347	0,002774072	0,002568	0,002574	0,002566383	0,002334381	0,002531	0,002565	0,002557	0,00255	0,002595	0,002514	0,002559	0,002575	0,002559
SLATB01	0,002502855	0,002363196	0,002882	0,002706	0,002596794	0,002881456	0,002575	0,002578	0,002724	0,002549	0,002788	0,002922	0,002575	0,002575	0,002601
SSATB00	0,000198682	0,000188347	0,000194	0,000225	0,000197675	0,000225082	0,000225	0,000194	0,000222	0,000225	0,000203	0,000226	0,000198	0,000225	0,000212
SSATB09	0,000272494	0,000274158	0,0003	0,0003	0,00029926	0,000299733	0,0003	0,000299	0,000282	0,000274	0,0003	0,000297	0,000296	0,000296	0,000288
SSATB02	0,000128178	0,000118753	7,5E-05	8,76E-05	7,70881E-05	5,07894E-05	7,5E-05	7,2E-05	7,69E-05	7,5E-05	5,81E-05	7,38E-05	7,66E-05	7,5E-05	9,94E-05
KDIFTB00	0,442744004	0,439720907	0,552214	0,550299	0,549409677	0,562905666	0,549926	0,55049	0,561332	0,550002	0,400081	0,560291	0,549847	0,549994	0,502337
KDIFTB65	0,549536002	0,63871055	0,549465	0,545822	0,550395426	0,556266663	0,549722	0,549829	0,568014	0,549957	0,549328	0,569269	0,54857	0,549956	0,560157
KDIFTB01	0,59898635	0,616984227	0,599968	0,599186	0,600003519	0,601934773	0,600219	0,600001	0,617873	0,602063	0,600976	0,597076	0,59982	0,599991	0,59714
KDIFTB02	0,600046996	0,595267206	0,599999	0,596751	0,600100818	0,599946678	0,600586	0,600118	0,593709	0,601944	0,605394	0,598712	0,599931	0,600363	0,591497
EFFTB10	0,547501939	0,544607911	0,547501	0,547897	0,547483934	0,54748489	0,547444	0,5475	0,546484	0,54779	0,547941	0,546732	0,547783	0,547501	0,54584
EFFTB40	0,404921169	0,406446334	0,404996	0,404446	0,404879439	0,40760336	0,40498	0,40505	0,406438	0,404997	0,405114	0,40408	0,40464	0,405004	0,401428
AMAXTB00	60,34453659	55,97359096	60,2514	61,68292	60,20446503	60,29575337	60,26141	60,76876	61,05076	60,24687	51,03499	61,17623	60,25001	60,2454	71,49474
AMAXTB14	60,24992805	63,03867066	60,24106	60,3285	60,26551452	60,16016138	60,24717	59,85523	61,92086	60,25073	54,91069	60,31587	60,25004	60,25858	57,09884
TMPFTB00	0,002237635	0,01580539	1E-05	0,001995	0,000686797	0,003342112	0,000169	0,000611	0,0019	0	0,000349	0,001422	7,34E-09	2,06E-05	0,021628
TMPFTB11	0,003147053	0,054078044	1,2E-05	0,007056	0,000347718	0,003042638	0,000241	0,000183	0,013021	0	0,002189	0,005226	2,12E-09	0,00012	0,033595
TMPFTB14	0,0704504	0,059134602	0,122482	0,12463	0,069687294	0,122516797	0,123145	0,122595	0,122711	0,069595	0,122542	0,125214	0,1225	0,069992	0,098022
TMPFTB23	0,97492556	0,998880767	0,975004	0,974226	0,999618925	0,978035342	0,975092	0,974998	0,970794	0,975077	0,975152	0,97553	0,975	0,975002	0,902253
TMPFTB27	0,998337994	0,97522474	0,999872	0,990203	0,999948095	0,999324428	0,9999	0,999986	0,987769	1	0,998171	0,99989	1	0,999957	0,959648
TMPFTB33	0,748196209	0,962338738	0,999976	0,747095	0,999837851	0,991729469	0,999898	0,999606	0,970923	0,999998	0,752291	0,996184	1	0,750153	0,990129
TMPFTB45	0,300396972	0,360546832	0,300006	0,300623	0,299200638	0,29502137	0,550355	0,299992	0,3057	0,29996	0,27273	0,30039	0,308555	0,299854	0,295601
TMNFTB00	3,50003E-05	0,14908768	8,5E-07	0,003101	0,000152047	0,007569242	0,00141	8,17E-05	0,004653	3,56E-08	0,002783	0,003147	9,85E-10	0,119084	0,024283
TMNFTB03	0,999235599	0,992054233	0,999982	0,998485	0,999861619	0,998646839	0,999512	0,999955	0,987082	1	0,995331	0,995813	1	0,999997	0,96419
RFSETB00	0,812592928	0,798301212	0,812499	0,815322	0,812793209	0,819644593	0,999867	0,812434	0,810955	0,811932	0,811418	0,811464	0,8125	0,812492	0,817813
RFSETB02	0,812489767	0,837736001	0,812475	0,811512	0,812815444	0,819179226	0,999899	0,999982	0,813173	0,813156	0,944569	0,810587	0,8125	0,812519	0,818363
RDRRTB00	0,00499614	0,004858739	0,005	0,005013	0,004998188	0,004999994	9,59E-06	5,69E-07	0,005041	0,005	0,008542	0,004998	0,005	0,005	0,004989
RDRRTB15	0,004992304	0,006963505	0,005	0,00502	0,004997263	0,004999548	1,49E-05	1,12E-06	0,005028	0,004998	0,006209	0,005008	0,005	0,005	0,004998
RDRRTB151	0,019985426	0,019246221	0,019401	0,019949	0,01999465	0,019988847	0,019139	0,015	0,01993	0,02	0,017017	0,019962	0,02	0,019852	0,019803
RDRRTB02	0,019960527	0,018986997	0,019074	0,019983	0,019794448	0,019977332	0,019972	0,014996	0,019834	0,02	0,019326	0,01999	0,02	0,01862	0,019567

Tabela 29. Resultados da otimização das variáveis de arroz no município de Forquilha-SC (continuação da Tabela 26)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
RDRSTB00	0,009963494	0,009606912	6,98E-21	0,009996	0,010001247	0,009984255	0,000196	1,28E-06	0,010069	0,010002	0,009969	0,010047	0,01	0,01	0,009778
RDRSTB15	0,010021896	0,013668673	8,93E-22	0,010015	0,010012064	0,010020767	0,000112	4,47E-07	0,009294	0,01	0,010426	0,010037	0,01	0,01	0,010326
RDRSTB151	0,024092635	0,019072537	0,03	0,019872	0,019975548	0,029963925	0,028841	0,019999	0,021506	0,03	0,021273	0,029612	0,03	0,020001	0,029256
RDRSTB02	0,020049521	0,021515961	0,029995	0,021001	0,018605904	0,029831611	0,019987	0,019994	0,021518	0,029997	0,01995	0,033525	0,03	0,019998	0,028397
TBASEM	10,02425448	11,33955935	10,00031	9,408273	10,0028614	9,222580824	9,911387	9,997347	10,38658	9,999959	10,24427	9,993722	10	10,00016	8,462733
TEFFMX	34,9900311	34,99856294	35,00157	34,98261	34,99966687	34,9868473	34,98507	35,00021	35,00279	35,00202	34,83029	34,99186	35	35,00009	34,15397
TSUMEM	94,99734222	93,76543831	94,99967	94,98748	95,01051533	93,97783759	94,75284	95,00036	95,12828	95,00001	94,67692	94,99978	95	94,99995	94,94953
IDSL	0,000370174	0,128581027	0,001086	0,009148	0,000136876	0,001712121	0,015584	0,001838	0,054399	2,23E-05	0,013464	0,10168	3,12E-09	3,31E-06	0,155332
TSUM1	1009,592416	895,2970747	1010,055	1009,62	1010,630213	1008,779317	1011,818	1009,939	1007,516	1010,315	987,2009	1006,171	1009,971	1009,769	989,8942
TSUM2	400,058694	414,9344198	400,0459	400,395	399,292058	401,464655	399,709	399,99	400,2595	400,0482	397,6505	399,7707	399,9999	399,9997	407,8782
DVSI	0,075094554	0,016558048	2,32E-05	0,073703	0,075456768	-6,04659E-05	0,000972	3,93E-06	0,079717	0,075044	0,075938	0,001716	1,73E-05	0,075011	0,084149
DVSEND	2,299593972	2,322324661	2,300082	2,302173	2,299418749	2,318130148	2,299472	2,29768	2,306301	2,3	2,297215	2,299957	2,3	2,299997	2,355485
RGLRLAI	0,009996936	0,010114673	0,010001	0,012253	0,012226198	0,009968462	0,00999	0,009998	0,012194	0,01225	0,009973	0,010015	0,01	0,01	0,009214
SPA	0,000755935	0,000706756	1,11E-06	0,000144	9,27766E-07	0,000753441	9,76E-06	2,24E-09	0,000103	6,01E-23	0,000804	0,000745	0,00075	0,00075	0,000671
SPAN	41,96441126	41,77812865	42,00127	42,10733	42,01780651	41,99101141	41,98324	42,00006	41,65369	42	41,98574	42,02282	42,00088	42,00001	41,55271
TBASE	15,48765736	15,12318349	8,00569	7,878899	8,00290511	15,51074185	7,984986	7,998757	7,879583	7,99959	16,81219	15,40589	7,99991	15,50004	14,70451
CVL	0,600020574	0,609384505	0,600049	0,635551	0,639912925	0,640064606	0,600081	0,600005	0,640404	0,64	0,60355	0,604778	0,600001	0,6	0,60359
CVO	0,683763164	0,836840484	0,684003	0,683448	0,683913691	0,684270539	0,683485	0,684035	0,68205	0,68401	0,788655	0,784453	0,684005	0,684005	0,683889
CVR	0,754018292	0,751630282	0,754002	0,758579	0,758686261	0,758482695	0,753986	0,758471	0,758394	0,758493	0,75203	0,758738	0,7585	0,754	0,75552
CVS	0,775145168	0,7686973	0,699535	0,699575	0,700021474	0,700112924	0,699923	0,699635	0,699857	0,699982	0,768218	0,700001	0,700004	0,7675	0,767394
Q10	2,377338794	2,459226667	2,000082	2,055938	2,000118598	2,000120844	2,00176	2,0001	2,368777	1,998783	2,380764	1,999999	2,00005	2,375013	2,38254
RML	0,019965104	0,020032185	0,020003	0,029512	0,029478961	0,020040187	0,019973	0,019987	0,02962	0,02952	0,020068	0,029497	0,020072	0,02	0,020587
RMO	0,002997001	0,002913101	0,003	0,003611	0,003749866	0,003748362	0,002998	0,003005	0,003776	0,003738	0,002998	0,003004	0,003	0,00375	0,003003
RMR	0,009914348	0,008196929	0,01	0,016988	0,017003171	0,009962582	0,009994	0,009998	0,01701	0,009977	0,009717	0,009997	0,009999	0,01	0,010376
RMS	0,01500068	0,01388078	0,015003	0,014989	0,014992242	0,01500853	0,01499	0,015	0,022005	0,014998	0,014985	0,015002	0,015	0,014999	0,015358
PERDL	0,298661025	0,299356573	0,300039	0,300497	0,299996419	0,299722915	0,299047	0,293935	0,301301	0,300322	0,300539	0,298242	0,280736	0,300114	0,302024
CFET	1,000802483	1,000918297	1,000843	0,999463	0,999719488	0,999779649	1,008021	1,00063	1,000154	1,031776	1,015777	1,000039	1,013222	1,000032	0,996215
DEPNR	3,490281031	3,724498126	3,501027	3,557611	3,50231799	3,50106189	3,483935	3,500284	3,514354	3,880089	3,498206	3,505136	3,499743	3,498437	3,497848
IAIRDU	0,972809148	0,915064678	0,999886	0,998844	0,999896949	0,99989775	0,999064	0,999877	0,995364	0,969677	0,992584	0,982417	0,999972	0,999953	0,987066
TDI	0,114813039	4,978597759	0,002148	0,930443	2,38631E-05	0,996919013	0,033823	0,006239	0,079572	0,004329	0,588977	1,841667	0,001065	0,006185	0,174775
RRI	1,196749911	1,236379959	1,199948	1,193767	1,200231996	1,199190891	1,199002	1,201048	1,212522	1,190642	1,205299	1,201068	1,199854	1,200014	1,196475
RDMCR	79,73400829	82,51681543	80,00485	78,77718	80,0169811	79,92624869	79,87506	80,08047	79,9058	79,7015	77,58171	80,11107	79,99095	79,98114	80,66756