



AS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA NO SÉCULO XXI 2

**JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
CARLOS ANTÔNIO DOS SANTOS
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2019

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] : volume 2 / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-680-5 DOI 10.22533/at.ed.805190710 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos. III. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI,” que encontra-se em seu segundo volume, foi idealizada para compilar trabalhos que demonstrassem os novos desdobramentos da pesquisa científica no século XXI. Em seus 24 capítulos, procura-se apresentar a o leito de discussões alinhadas aos eixos temáticos, como agricultura, engenharia, educação, estatística e tecnologias, havendo também espaço para perspectivas multidisciplinares a partir de trabalhos que permeiam diferentes segmentos da grande área. Na primeira parte da obra, que trata sobre agricultura, são apresentados estudos relacionados à fertilidade do solo, precipitação pluviométrica, necessidade hídrica de plantas, estudos fitoquímicos, recuperação, reuso e restauração de áreas degradadas, dentre outros. Na segunda parte, são abordados estudos sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, uso do sensoriamento remoto, e comparação entre diferentes métodos de nivelamento.

Na terceira parte, estão agrupados trabalhos que envolvem vertentes econômicas, experiências educacionais, e uso da realidade virtual no processo de aprendizagem.

Na quarta e última parte, são contemplados estudos acerca de questões tecnológicas, envolvendo linguagem estatística, e aplicação de moedas digitais.

Com grande relevância, os trabalhos aqui apresentados estarão disponíveis ao grande público e colaborarão para a difusão de conhecimentos no âmbito técnico e acadêmico.

Os organizadores e a Atena Editora agradecem pelo empenho dos autores que não mediram esforços ao compartilhar, em sua melhor forma, os resultados de seus estudos por meio da presente obra. Desejamos que as informações difundidas por meio desta obra possam informar e provocar reflexões significativas, contribuindo para o fortalecimento desta grande área e de suas vertentes.

Júlio César Ribeiro
Carlos Antônio dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DISPONIBILIDADE DE ZN EM SOLOSSUPER ADUBADOS EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR	
Ingrid Luciana Rodrigues Gomes	
Maria Tairane Silva	
Idamar da Silva Lima	
Airon José da Silva	
Carlos Alexandre Borges Garcia	
Silvânio Silvério Lopes da Costa	
Marcos Cabral de Vasconcellos Barreto	
DOI 10.22533/at.ed.8051907101	
CAPÍTULO 2	9
ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO IRRIGADO COM DILUIÇÕES DE ÁGUA PRODUZIDA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Ricardo André Rodrigues Filho	
Rafael Oliveira Batista	
Ana Beatriz Alves de Araújo	
Juli Emille Pereira de Melo	
Rayane Alves de Arruda Santos	
Ana Luiza Veras de Souza	
Antônio Diego da Silva Teixeira	
Emmilia Priscila Pinto do Nascimento	
Taís Mendonça da Trindade	
Wellyda Keorle Barros de Lavôr	
Igor Apolônio de Oliveira	
Elioneide Jandira de Sales	
DOI 10.22533/at.ed.8051907102	
CAPÍTULO 3	24
DETERMINAÇÃO RÁPIDA DE MN, ZN, FE E MG EM MELADO DE CANA POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM CHAMA (F AAS)	
Suelen Andolfatto	
Camila Kulek de Andrade	
Maria Lurdes Felsner	
DOI 10.22533/at.ed.8051907103	
CAPÍTULO 4	36
COMPARAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE 12 CIDADES PARAENSES	
Whesley Thiago dos Santos Lobato	
Antonio Maricélio Borges de Souza	
Maurício Souza Martins	
Luã Souza de Oliveira	
Bruno Maia da Silva	
Maria Sidalina Messias de Pina	
Daniella Amor Cunha da Silva	
Antonio Elson Ferreira Borges	
Arthur da Silva Monteiro	
Lucas Guilherme Araujo Soares	
Caio Douglas Araújo Pereira	
Lívia Tálita da Silva Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.8051907104	

CAPÍTULO 5 48

NECESSIDADES HÍDRICAS E ÍNDICES DE CRESCIMENTO DA CULTURA DO GERGELIM
(*SESAMUM INDICUM L.*) BRS ANAHÍ IRRIGADO

Isaac Alves da Silva Freitas
José Espínola Sobrinho
Anna Kézia Soares de Oliveira
Ana Beatriz Alves de Araújo
Roberto Vieira Pordeus
Poliana Marias da Costa Bandeira
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Tecla Ticiane Félix da Silva
Fernanda Jéssika Carvalho Dantas
Alcimar Galdino de Lira
Alricélia Gomes de Lima
Kadidja Meyre Bessa Simão

DOI 10.22533/at.ed.8051907105

CAPÍTULO 6 58

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS EM EMPRESAS DO SETOR AGROFLORESTAL

Robert Armando Espejo
Rildo Vieira de Araújo
Michel Constantino
Reginaldo Brito da Costa
Paula Martin de Moraes
Vanessa Aparecida de Moraes Weber
Fabricio de Lima Weber
Fabiano Dotto

DOI 10.22533/at.ed.8051907106

CAPÍTULO 7 68

ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS: PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA
VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Júlia Terra Miranda Machado
Lilian Bechara Elabras Veiga
Maria Gabriela von Bochkor Podcameni

DOI 10.22533/at.ed.8051907107

CAPÍTULO 8 81

ESTUDO TEÓRICO SOBRE COMO REALIZAR UM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE MELADO DE
ALGAROBA (*PROSOPIS JULIFLORA SW DC*)

Karina da Silva Falcão
Alan Henrique Texeira
Clóvis Gouveia da Silva
Mirela Mendes de Farias
Zildomar Aranha de Carvalho Filho

DOI 10.22533/at.ed.8051907108

CAPÍTULO 9 89

ESTUDO QUÍMICO E FARMACOLÓGICO DE *ARTOCARPUS ALTILIS* (PARKINSON) FOSBERG

Alice Joana da Costa
Mônica Regina Silva de Araújo
Beatriz Dias
Chistiane Mendes Feitosa
Renata Paiva dos Santos
Daniele Alves Ferreira
Felipe Pereira Silva de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.8051907109

CAPÍTULO 10 101

ESTUDO FITOQUÍMICO DE *HYMENAEA COURBARIL* E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TRIPANOCIDA

Breno Memic Sequeira
Romeu Machado Rocha Neto
Lúzio Gabriel Bocalon Flauzino
Daniele da Silva Ferreira
Lizandra Guidi Magalhães
Patrícia Mendonça Pauletti
Ana Helena Januário
Márcio Luis Andrade e Silva
Wilson Roberto Cunha

DOI 10.22533/at.ed.80519071010

CAPÍTULO 11 115

ESTUDO SOBRE R&R PARA PRODUTOS DO LABORATÓRIO PILOTO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

Karina da Silva Falcão
Lígia de Oliveira Franzosi Bessa
Manoel Teodoro da Silva
Renata Rayane da Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.80519071011

CAPÍTULO 12 123

SÍNTESE ORGÂNICA, INORGÂNICA E DE NANOMATERIAIS ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS:
UMA MINI REVISÃO

Jorddy Neves Cruz
Sebastião Gomes Silva
Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra
Oberdan Oliveira Ferreira
Jose de Arimateia Rodrigues do Rego
Marcos Enê Chaves Oliveira
Daniel Santiago Pereira
Antonio Pedro da Silva Souza Filho
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Mozaniel Santana de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.80519071012

CAPÍTULO 13 132

PROJETO DE RECUPERAÇÃO, REUSO E RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MORRO REDONDO/RS

Thiago Feijó Bom
Pedro Andrade Coelho
Matheus Acosta Flores
Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Marciano Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.80519071013

CAPÍTULO 14 145

AHP – PROPOSTA PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS E ALGUNS ASPETOS DIVERGENTES

Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho
José da Costa Marques Neto
Rodrigo Eduardo Córdoba

DOI 10.22533/at.ed.80519071014

CAPÍTULO 15 158

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO, TRIGONOMÉTRICO E POR GNSS EM UMA RODOVIA

Kézia de Castro Alves
Francisca Vieira Nunes
Guilherme Ferreira Gonçalves
Fábio Campos Macedo
Pedro Rogério Giongo

DOI 10.22533/at.ed.80519071015

CAPÍTULO 16 166

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior
Neyton de Oliveira Miranda
Jonatan Levi Ferreira de Medeiros
Suedêmio de Lima Silva
Paulo César Moura da Silva
Erllan Tavares Costa Leitão
Ana Beatriz Alves de Araújo
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Poliana Maria da Costa Bandeira
Gleydson de Freitas Silva
Isaac Alves da Silva Freitas
Tháís Cristina de Souza Lopes

DOI 10.22533/at.ed.80519071016

CAPÍTULO 17 179

A EDUCAÇÃO BRASILEIRA E SUAS VERTENTES ECONÔMICAS

Gustavo Tavares Corte
Beatriz Valentim Mendes
Steven Dutt-Ross

DOI 10.22533/at.ed.80519071017

CAPÍTULO 18	189
SABERES INFORMAIS SOBRE CIÊNCIAS COMO PONTE PARA O CONHECIMENTO FORMAL	
Deíne Bispo Miranda	
Paulo Coelho Dias	
Maria Cristina Madeira Da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.80519071018	
CAPÍTULO 19	199
CLUBE DE CIÊNCIAS: RELATO DE EXPERIÊNCIAS E IMPRESSÕES DOS ALUNOS	
Teresinha Guida Miranda	
Alice Silau Amoury Neta	
Jussara da Silva Nascimento Araújo	
Danielle Rodrigues Monteiro da Costa	
Normando José Queiroz Viana	
Alessandra de Rezende Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071019	
CAPÍTULO 20	212
O USO DE REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO FACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM NEUROCIENTÍFICA COGNITIVA NOS TEMAS DE CIÊNCIAS	
Welberth Stefan Santana Cordeiro	
Zara Faria Sobrinha Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.80519071020	
CAPÍTULO 21	222
CRIPTOMOEDAS E UMA APLICAÇÃO PARA MODELOS LINEARES HIPERBÓLICOS	
Lucas José Gonçalves Freitas	
Marcelo dos Santos Ventura	
DOI 10.22533/at.ed.80519071021	
CAPÍTULO 22	226
O TEOREMA DA COMPLETUDE	
Angela Leite Moreno	
Michele Martins Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.80519071022	
CAPÍTULO 23	243
REGRESSÃO POLINOMIAL DE TERCEIRA ORDEM NA DEFORMAÇÃO DE ELÁSTICOS DE BORRACHA	
Thales Cerqueira Mendes	
Yasmim Brasileiro de Castro Monteiro	
Luana da Silva Souza	
Lívia Nildete Barauna dos Santos	
Ester Vitória Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.80519071023	

CAPÍTULO 24 254

PICTOGRAMA: ELABORAÇÃO EM LINGUAGEM R

Willian Alves Lion

Beatriz de Oliveira Rodrigues

Felipe de Melo Taveira

Flávio Bittencourt

Adriana Dias

DOI 10.22533/at.ed.80519071024

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 265

ÍNDICE REMISSIVO 266

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NO MAPEAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE MILHETO

Antônio Aldisio Carlos Júnior

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Doutorando do Programa de Pós-Graduação em
Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do
Norte.

Neyton de Oliveira Miranda

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Professor associado do Departamento de
Ciências Agrárias. Mossoró – Rio Grande do
Norte.

Jonatan Levi Ferreira de Medeiros

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Doutorando do Programa de Pós-Graduação em
Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do
Norte.

Suedêmio de Lima Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Professor associado do Departamento de
Engenharia e Ciências Ambientais. Mossoró – Rio
Grande do Norte.

Paulo César Moura da Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Professor associado do Departamento de
Engenharia e Ciências Ambientais. Mossoró – Rio
Grande do Norte.

Erlan Tavares Costa Leitão

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em
Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do
Norte.

Ana Beatriz Alves de Araújo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em

Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do
Norte.

Priscila Pascali da Costa Bandeira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e
Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Poliana Maria da Costa Bandeira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Graduanda do curso de Engenharia Agrícola e
Ambiental. Mossoró – Rio Grande do Norte.

Gleydson de Freitas Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em
Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio Grande do
Norte.

Isaac Alves da Silva Freitas

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Mestre em Manejo de Solo e Água. Mossoró – Rio
Grande do Norte.

Thaís Cristina de Souza Lopes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Doutora em Manejo de Solo e Água. Mossoró –
Rio Grande do Norte.

RESUMO: O uso de imagens de satélites para monitoramento do comportamento espacial da vegetação é uma ferramenta essencial para o planejamento dos processos produtivos, pois permite um diagnóstico das condições de campo e aponta a necessidade de intervenção em zonas específicas. No entanto, a aplicação

dessas imagens em escala de propriedade rural é restrita devido à exigência de alta resolução espacial. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo mapear a variabilidade espacial em área de pivô central com o uso de imagens do satélite sentinel 2B e utilizar técnicas geoestatísticas para obter índices de vegetação em resolução espacial de 1 m. Inicialmente as imagens foram submetidas à pré-processamento para correção atmosférica para, em seguida, ser obtidos o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - NDVI, o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - SAVI e o Índice de Área Foliar - IAF. Posteriormente, os valores dos índices de vegetação - IV, representados pelos pixels com resolução espacial de 10 m, foram extraídos e transformados em pontos. Para o mapeamento dos índices em resolução espacial de 1 m os dados foram submetidos à estatística descritiva e krigagem ordinária. Os resultados apontam que todos os IV foram eficientes na delimitação da variabilidade espacial, constituindo, portanto, uma ferramenta importante para auxiliar em práticas de agricultura de precisão e que a geoestatística mostrou-se viável para obtenção de índices com alta resolução espacial.

PALAVAS-CHAVE: Agricultura de precisão, Índices de vegetação, Geoestatística.

USE OF ORBITAL REMOTE SENSING IN THE MAPPING OF THE MILLET SPACE VARIABILITY

ABSTRACT: The use of satellite images for monitoring the spatial behavior of vegetation is an essential tool for the planning of productive processes, since it allows a diagnosis of the field conditions and points out the need for intervention in specific areas. However, the application of these images in rural property scale is restricted because of to the requirement for high spatial resolution. In this context, the present work had the objective of mapping the spatial variability in central pivot area with the use of satellite sentinel 2B images and using geostatistical techniques to obtain vegetation indexes in spatial resolution of 1 m. Initially, the images were submitted to pre-processing for atmospheric correction to obtain the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) and the Leaf Area Index - LAI. After, the values of the vegetation indexes - VI, represented by the pixels with spatial resolution of 10 m, were extracted and transformed into points. For the mapping of indexes in spatial resolution of 1 m the data were submitted to descriptive statistics and ordinary kriging. The results indicate that all VI were sensitive in the spatial variability delimitation, constituting an important tool to assist in precision agriculture practices and that geostatistics was viable to obtain indices with high spatial resolution.

KEYWORDS: Precision agriculture, Vegetation index, Geostatistics.

1 | INTRODUÇÃO

O conhecimento da variabilidade espacial de culturas é um elemento essencial no planejamento dos sistemas de produção. O acúmulo de biomassa de uma cultura de forma heterogênea em uma área de plantio é resultante da complexa dinâmica

especial das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como da falta de uniformidade nos sistemas de manejo, os quais utilizam insumos aplicados em concentrações médias, desprezando o fator espacial.

Dessa forma, o estudo da variabilidade espacial da cultura é fundamental para o entendimento dos fatores que determinam a expressão do potencial produtivo da cultura e sua variabilidade em uma área agrícola, o que pode levar ao desenvolvimento de práticas de manejo sítio-específicas, visando à maximização do potencial produtivo em diferentes zonas da lavoura (VIAN et al., 2016).

A predição da variabilidade espacial da cultura pode ser realizada de forma convencional, em que as informações são obtidas em unidades amostrais de forma manual e ou com subsídios de máquinas agrícolas. No entanto, estas técnicas demandam tempo e recursos financeiros que, por muitas vezes, não são acessíveis aos produtores.

Como técnica alternativa, os produtos de Sensoriamento Remoto, tais como imagens de satélite, podem fornecer informações precisas da variabilidade do campo, em grandes áreas, por apresentarem potencial para o monitoramento de parâmetros biofísicos ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento da cultura (MOTOMIYA et al., 2012).

A utilização de sensoriamento remoto para avaliar espacialmente as culturas está associada a interação da energia eletromagnética com as folhas e dossel. A partir dessa interação, são obtidos índices de vegetação que expressam o vigor da planta. Os índices são oriundos da reflectância de bandas espectrais (PONZONI et al., 2012).

As características espectrais das folhas verdes são altamente absorventes dos comprimentos de onda visíveis amarelos e vermelhos do espectro eletromagnético, mas altamente refletivas nos comprimentos de onda do infravermelho próximo. As respostas espectrais da vegetação são modificadas com base na densidade da folha e na estrutura do dossel. As diferenças relativas nas características espectrais vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR) formam a base de vários índices de vegetação, que são projetados para avaliar a condição da vegetação (LIU et al., 2016).

Várias pesquisas já utilizaram índices de vegetação na agricultura, a exemplo da correlação de índices com atributos do solo (ZANZARINE et al., 2013), estimativa da produtividade agrícola (BERTOLIN, et al. 2017), avaliação do estresse hídrico (SAYAGO et al., 2017) e predição da biomassa (COELHO et al., 2018).

Em todas essas pesquisas conclui-se que os índices de vegetação são uma ferramenta poderosa que auxilia no processo de tomada de decisão. No entanto, quando se estuda áreas pequenas, os índices de vegetação obtidos das imagens orbitais apresentam restrições devido a resolução espacial. Assim, pode-se empregar técnicas geoestatísticas para reamostrar a resolução espacial de modo a obter um mapa que possa distinguir a variabilidade da cultura por meio de índices de vegetação.

Ante o exposto, o estudo tem por objetivo mapear a variabilidade espacial de cultura em pivô central por meio de imagens de satélites orbitais com auxílio de

técnicas geoestatísticas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em área de 9 hectares, irrigada por pivô central, inserida na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, situada no município de Mossoró/RN, sob as coordenadas geográficas 677603 de longitude oeste e 9441076 de latitude sul, datum WGS84, Zona 24S (Figura 1).

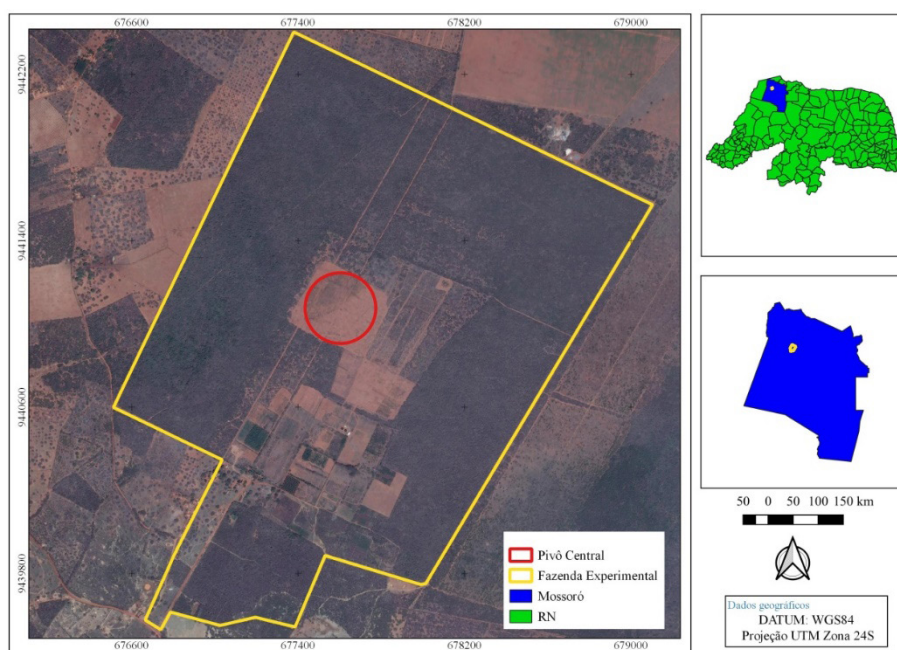


Figura 1 - Área de estudo.

O solo da área de trabalho é classificado como Argissolo. O clima do município do Mossoró, RN, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo BSw^h (CARMO-FILHO et al., 1991), que significa: clima seco, com evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual; precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm; estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono; e temperatura média anual do ar maior que 18 °C.

Na área de estudo, o Milheto (*Pennisetum purpureum* Schum.) foi cultivado na metade do pivô central situada na área leste. A outra metade do pivô (lado esquerdo) estava sob-rotação com presença de vegetação espontânea em pequenos fragmentos.

2.2 Aquisição e processamento das imagens

A variabilidade espacial da cultura foi mapeada com o uso da imagem do satélite sentinel 2B obtidas no banco de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS. Para confecção dos índices de vegetação, foram utilizadas as bandas

correspondentes ao vermelho (B4) e Infravermelho próximo (B8) com resolução espacial de 10 m e comprimentos de ondas centrais correspondentes, respectivamente a 665 e 842 nanômetros.

As bandas B4 e B8 foram obtidas no nível 1C de processamento que corresponde à reflectância no topo da atmosfera e que segundo Drusch et al. (2012) indica que as imagens passaram por conversão radiométrica e foram submetidas a correção geométrica. Posteriormente, as imagens foram convertidas para reflectância na baixa atmosfera por meio do algoritmo *Dark Object Subtraction* - DOS1 presente no plugin de classificação semiautomática do software QGIS 2.18.

Para obter índices de vegetação de melhor acurácia, a data da escolha da imagem levou em consideração a presença de nuvem, bem como o estágio de desenvolvimento da cultura. Assim, as imagens de 25/07/2018 foram utilizadas, pois nessa data foi observada nenhuma nebulosidade na área de estudo e, visualmente, a cultura se distribuía espacialmente de forma heterogênea em avançado estágio de desenvolvimento.

2.3 Obtenção dos Índices de Vegetação - IV

Para a análise da distribuição espacial da vegetação foram empregados o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - NDVI (ROUSE et al., 1973), o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - SAVI (HUETE, 1988) e o Índice de Área Foliar - IAF (ALLEN et al., 2002).

O NDVI é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e no vermelho e pela soma dessas bandas. O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1, conforme Eq 1.

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4} \quad (1)$$

Em que: B8 e B4 são os valores da reflectância das bandas vermelho e infravermelho próximo do satélite Sentinel 2B.

O SAVI é um índice que tem por objetivo ajustar o NDVI a partir da inserção de uma variável que representa a influência da reflectância do solo exposto. O cálculo é realizado conforme Eq. 2.

$$SAVI = \frac{(1+Ls)(B8 - B4)}{Ls + B8 + B4} \quad (2)$$

Em que: Ls é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo. Conforme Huete (1988) um valor para Ls de 0,25 é indicado para vegetação densa, de 0,5

para vegetação com densidade intermediária, e o valor 1 para vegetação com baixa densidade. No estudo foi utilizado o valor de de Ls igual a 0,5.

O IAF é um índice biofísico definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação, sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, computado pela Eq. 3.

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91} \quad (3)$$

Todos os índices foram calculados nas bandas com resolução espacial de 10 m. Para uma melhor representação da variabilidade espacial, os IV foram redimensionados para uma resolução espacial de 1m. por meio de técnicas geoestatísticas.

Para emprego da geoestatística, os pixels contendo os valores dos índices de vegetação foram transformados em pontos com o auxílio do algoritmo r.to.vecto do software Grass 7 integrado ao QGIS 2.18. Em seguida, foram extraídas as coordenadas geográficas de cada ponto, as quais juntamente com os valores de IV compunham a tabela de atributos do shapefile que posteriormente foi transferida para planilha do Excel para inserção no software geoestatístico.

Inicialmente, os valores dos IV foram analisados através da estatística descritiva, tendo sido calculados a média, mediana, máximo, mínimo, desvio padrão, assimetria, curtose, coeficiente de variação e teste de normalidade. Para a classificação da variabilidade dos atributos foram adotados os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick e Nielsen (1980), sendo baixa ($CV < 12\%$), média ($12\% < CV < 60\%$) e alta ($CV > 60\%$). A hipótese de normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk (1965) no software GeoR (RIBEIRO JÚNIOR e DIGGLE, 2001).

A análise geoestatística foi realizada no software GS+, no qual se obteve os semivariogramas experimentais conforme modelo de Matheron (1963), calculado a partir da Eq. 4.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (4)$$

Em que $N(h)$ o numero de pares de valores experimentais medidos em $[Z(x_i), Z(x_i + h)]$, separados pelo vetor h .

Para o ajuste do semivariograma experimental, foram utilizados os modelos (a) esféricos, $\gamma(h) = C_0 + C_1 [1,5 (h/A) - 0,5 (h/A)^3]$ para $(0 < h \leq A)$ e $\gamma(h) = C_0 + C_1$ para $h > A$; (b) exponencial, $\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-h/A)]$; e (c) gaussiano, $\gamma(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-h^2/A^2)]$ em que C_0 é o efeito pepita, C_1 é a variância estruturada, “d” e a distancia máxima na qual o semivariograma é definido “A” o alcance.

O grau de dependência espacial dos semivariogramas ajustados foi avaliado pelo grau de dependência espacial (GD) proposto por Cambardella et al. (1994),

considerando forte dependência para um GD <25%, moderada dependência com 25% < GD < 75% e fraca dependência quando o GD > 75%. O valor de GD é dado pela Eq. 5.

$$GD = \left(\frac{C_0}{C_0 + C_1} \right) \times 100 \quad (5)$$

Após a escolha dos modelos, a partir do maior valor de R², e verificado se os valores dos IV apresentaram dependência espacial, procedeu-se com a interpolação por meio da Krigagem Ordinária para obtenção dos valores para uma resolução espacial de 1 m, conforme Eq. 6.

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (6)$$

em que z*(x₀) é a variável interpolada, λ_i são os pesos associados aos pontos vizinhos e z(x_i) o valor da variável no ponto vizinho. A edição dos mapas foi realizada no software QGIS 2.18.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a variabilidade espacial no pivô central obtida pelo NDVI, SAVI e IAF. Observa-se que todos os índices proporcionaram a identificação e mapeamento da variabilidade espacial da cultura por meio da imagem sentinel 2B com resolução espacial de 10 m, bem como permitiu a identificação da área de estacionamento do pivô central, representada pelos pixels em vermelho que formam uma linha no meio da área de estudo. Essas informações reforçam que o uso dessas imagens em áreas de escala local é aplicável e conduz a resultados satisfatórios, corroborando com Vrieling et al. (2018) que concluiu que o uso do Sentinel-2 permite a análise da vegetação com maior precisão em comparação com os sensores de resolução média comumente usados, como o MODIS.

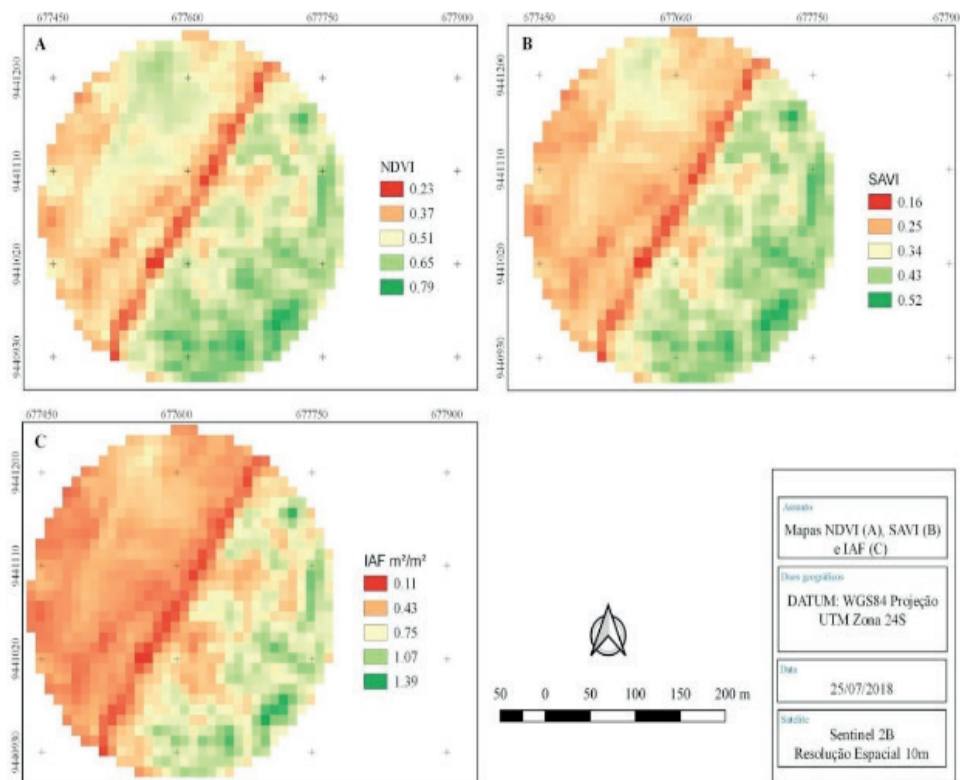


Figura 2 - Mapa NDVI (A), SAVI (B) E IAF(C) de área de pivô central obtidos de imagens do satélite Sentinel 2B.

Ao comparar os valores máximos e mínimos, bem como a variabilidade espacial resultantes do NDVI e SAVI, observa-se que o NDVI (Figura 2A) apresentou os maiores valores com máximo de 0,79, enquanto o SAVI (Figura 2B) com valor máximo de 0,52 suavizou, um pouco, a variabilidade espacial. Apesar das diferenças nos valores dos índices, o comportamento da variabilidade espacial em ambos os índices foi muito semelhante, principalmente na área onde o milho tinha sido cultivado (lado direito do pivô).

No entanto, ao analisar a área a esquerda do pivô, os índices NDVI e SAVI se mostraram diferentes na detecção da atividade fotossintética da vegetação. Isso provavelmente ocorreu porque nesta área a vegetação era espontânea e resultante da rebrota de culturas anteriores emergidas devido ao final do período chuvoso da região. Por isso, grande parcela do solo ficou exposta nesse local, uma vez que o milho só foi plantado e irrigado na metade do pivô (lado direito). Dessa forma, o SAVI ao acrescentar uma constante ao solo, prediz melhor à variabilidade espacial em áreas menos densas (lado esquerdo do pivô), pois retira o brilho do solo que influencia diretamente nos valores de NDVI.

Neste estudo, os valores que representaram solo exposto foram de 0,16 no SAVI a 0,23 no NDVI, ou seja, os menores valores dos índices de vegetação. Resultado semelhante foi verificado por Ribeiro et al. (2017) que utilizando imagens sentinel em pivô central obteve valores de solo exposto de 0,20 para o NDVI.

Quando avaliado o IAF (Figura 2C), observa-se que o milho apresentou o maior

índice com 1,39 m²/m² e o menor com 0,43m²/m² (lado direito do pivô), enquanto o valor de 0,11m²/m² representa à vegetação espontânea a esquerda do pivô que contém maior parte do solo totalmente exposto. Esses valores indicam que a cultura se desenvolveu de forma bastante heterogênea na área de cultivo.

A distribuição dos valores do NDVI, SAVI e IAF (Figura 2A, 2B e 2C) permitiu delimitar a existência de deficiência no manejo no pivô central que pode está associada às condições intrínsecas do solo que não recebeu adubação e correção em taxas variadas, bem como pode, esta variabilidade, ser oriunda do manejo da irrigação e ou tratos culturais.

Os dados estatísticos do NDVI, SAVI e IAF estão apresentados na Tabela 1. Os valores de tendência central (média, mediana, máximo e mínimo) do NDVI e SAVI mostram que os índices diferiram. Essas diferenças estão associadas a grande influência do solo exposto do lado esquerdo do pivô, e de áreas em aberto no lado direito, indicando que a cultura não desenvolveu suficiente para cobrir o solo. Assim o índice de 0,5 inserido no SAVI corrigiu a influência do solo exposto o que justifica os menores valores em comparação ao NDVI.

Índices	Estatística descritiva								
	Méd	Medi	Máx	Mín	D.P	Curt	Assi	CV%	
NDVI	0,51	0,50	0,79	0,23	0,10	-0,28	0,00	20,63	ns
SAVI	0,33	0,32	0,52	0,16	0,08	-0,72	0,32	22,94	ns
IAF	0,56	0,50	1,39	0,11	0,25	-0,12	0,73	43,86	ns

Tabela 1 - Estatística descritiva dos índices de vegetação. Méd - Média; Medi - Mediana; Máx - Máximo; Mín - Mínimo; Curt - Curtose, Assi; Assimetria; D.P – Desvio Padrão; CV%- coeficiente de variação; W – Teste de Shapiro-Wilk's; ns - Distribuição não-normal pelo teste de Shapiro-Wilk's (p-valor < 0,05); *- Distribuição normal pelo teste de ShapiroWilk's (p-valor > 0,05).

Quando avaliadas as medidas de dispersão (D.P, Curt, Assi e CV) (Tabela 1) observa-se que o NDVI e SAVI apresentaram valores semelhantes, enquanto o IAF apresentou valores maiores. De acordo com a classificação de Warrick e Nielsen (1980) ambos os índices apresentaram variação média, indicando que a área do pivô central apresenta heterogeneidade no crescimento da cultura, necessitando de manejo em sítios específicos.

Pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, o NDVI, SAVI e IAF apresentaram distribuição não normal. De acordo com Lemos Filho et al., (2017) a normalidade dos dados é uma condição desejável para o ajuste dos semivariogramas pela metodologia da máxima verossimilhança, devido ao fato de o ajuste do modelo de semivariograma por essa metodologia não se basear nos pontos do semivariograma e, sim, nas diferenças dos dados originais. No entanto, a normalidade dos dados não é critério restritivo ao emprego da interpolação por krigagem.

Os parâmetros dos semivariogramas são apresentados na Tabela 2. O melhor

modelo de ajuste dos dados para todos os índices de vegetação foi o esférico com coeficientes de determinação de 0,99. Esses resultados são semelhantes aos obtidos em outros estudos que, ao analisarem o NDVI, SAVI e IAF por técnicas geoestatísticas, encontraram o modelo esférico o mais adequado para modelar os respectivos dados (BERNARDI et al., 2017; BERNARDI et al., 2014; DA SILVA et al., 2018; MARINO; ALVINO, 2015).

Atributo	Modelo	Co	Co+C1	A (m)	GD(%)	Class	R ²
NDVI	Esférico	0,0017	0,012	169	13,7	Forte	0,99
SAVI	Esférico	0,0005	0,0080	292	6,2	Forte	0,99
IAF	Esférico	0,0064	0,098	368	6,5	Forte	0,99

Tabela 2 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados para o NDVI, SAVI e IAF. C0 - Efeito pepita; C0 + C1 - patamar; A - Alcance; GD - Grau de dependência espacial (C1/C0 + C1); Class - Classificação; R²- coeficiente de determinação.

Diante do exposto, verifica-se que o NDVI, SAVI e IAF, de maneira geral, têm uma tendência de ser modelado de modo mais acurado pelo modelo esférico, haja vista que os trabalhos citados foram realizados em condições totalmente diferentes deste, principalmente em termos de cultura e dados orbitais utilizados.

Já em relação ao grau de dependência espacial, de acordo com os critérios de Cambardella et al. (1994) todos os índices apresentaram forte dependência, evidenciando que o emprego da krigagem para estimar valores de locais não amostrados é adequado para os índices de vegetação estudados. Além disso, os valores de alcances demonstram que a resolução espacial utilizada na imagem sentinel (10m) é adequada para a finalidade proposta, o que corrobora com o emprego da krigagem como método estimativo, pois o alcance sendo a distância máxima onde as variáveis possuem dependência espacial, determinações realizadas a distâncias menores que o alcance, a exemplo deste estudo, induz ao descarte da estatística clássica.

A Figura 3 contém os mapas dos índices de vegetação estimados por meio da krigagem ordinária. Comparando os respectivos mapas de NDVI, SAVI e IAF nas Figuras 2 e 3, observa-se, visualmente, que ocorre o mesmo comportamento quanto à variabilidade espacial, com o milheto (lado direito) se desenvolvendo melhor próximo ao limite externo do pivô central.

O emprego da krigagem nos índices de vegetação (Figura 3), ao reamostrar a resolução espacial de 10 m para 1 m, permitiu a obtenção de mapas mais suaves e com limites mais definidos, o que auxilia de modo mais acurado nas tomadas de decisões referentes ao manejo de zonas específicas.

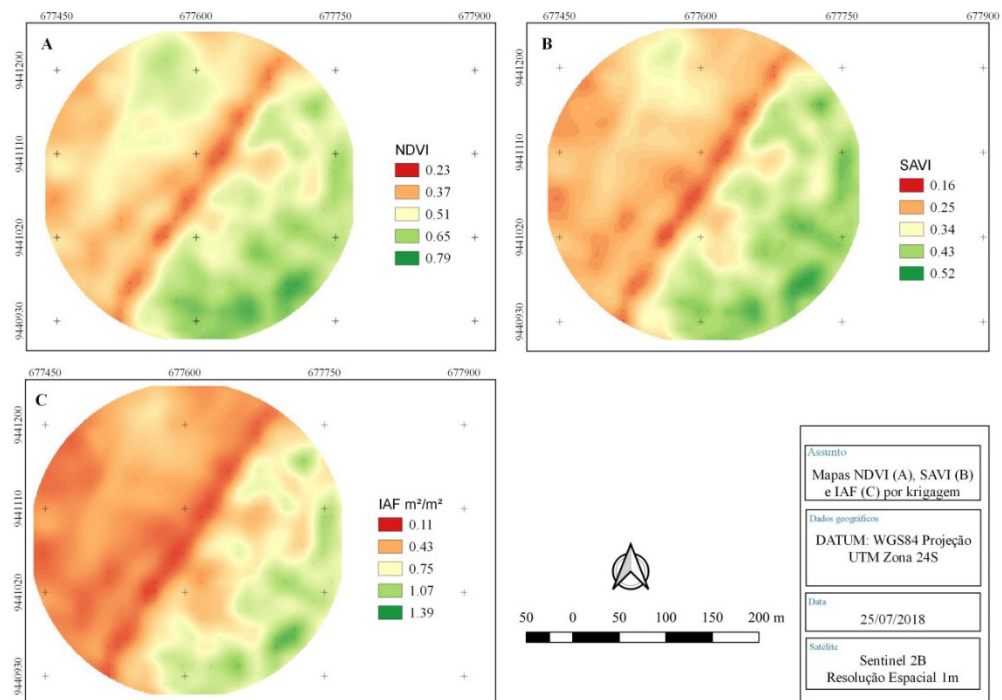


Figura 3 - Mapa NDVI (A), SAVI (B) E IAF(C) estimados por Krigagem.

Nesse sentido, em áreas em escala de propriedade rural, de poucos hectares, os índices de vegetação obtidos por krigagem fornecem melhor detalhamento da variabilidade espacial em relação à imagem de satélite com resolução espacial original, e isso auxilia nos processos de decisões em relação às práticas de manejo a serem adotadas. Os mapas mais detalhados permitem a execução de outros estudos, que já são aplicados em áreas mais extensas, com objetivo de relacionar a variabilidade obtida por IV com as propriedades do solo e da cultura, a exemplo dos trabalhos de Liu et al. (2018) que avaliaram a relação, por meio do uso de imagens de satélite Sentinel 2, dos índices de vegetação com a presença de metais pesados nas culturas e Gholizadeh et al. (2018) que relacionaram carbono orgânico e textura do solo com a resposta espectral do Sentinel 2.

4 | CONCLUSÕES

O processamento das imagens do satélite Sentinel 2B com resolução espacial de 10 m, aplicadas em áreas pouco extensas, permitiu a construção de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) que se mostraram eficientes na delimitação de zonas de manejo específicas, o que auxilia no monitoramento de culturas agrícolas e facilita na tomada de decisões para escolha de técnicas que potencializem a produção agrícola.

O uso de técnicas geoestatísticas se mostrou viável para obtenção de índices de vegetação para resolução de 1 m, o que permitiu a obtenção de índices de vegetação que melhor predizem a variabilidade espacial de culturas em escala localizada.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), Idaho implementation – Advanced training and users manual**, v. 1.0, 2002. 97p.
- BERNARDI, A. C. D. C.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. **Spatial variability of vegetation index and soil properties in an integrated crop-livestock system**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 8, p. 513-518, 2017. 10.1590/1807-1929/agriambi. v21n8p513-518.
- BERNARDI, A. D. C.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G. **Variabilidade espacial de parâmetros físico-químicas do solo e biofísicos de superfície em cultivo do sorgo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 6, p. 623-630, 2014. 10.1590/S1415-43662014000600009.
- BERTOLIN, N. de. O.; N.; FILGUEIRAS, R.; VENANCIO, L. P.; MANTOVANI, E. C. **Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 4, p. 1627, 2017. 10.7127/rbai. v11n400567.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOWAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Science Society American Journal, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994. 10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x.
- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM, 1991.
- COELHO, A. P.; ROSALEN, D. L.; FARIA, R. T. D. **Vegetation indices in the prediction of biomass and grain yield of white oat under irrigation levels**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 48, n. 2, p. 109-117, 2018. 10.1590/1983-40632018v4851523.
- DA SILVA, D. V. R.; SEBEM, E.; PEDRALI, L. D.; DOS SANTOS, M. A. G. **Variabilidade espacial de NDVI E EVI no estágio vegetativo da soja**. Agropampa: Revista de Gestão do Agronegócio, v. 2, n. 2, p. 132-143, 2018.
- DRUSCH, M.; DEL BELLO, U.; CARLIER, S.; COLIN, O., FERNANDEZ, V.; GASCON, F.;HOERSCH, B.; ISOLA, C.; LABERINTI, C.; MARTIMORT, P.; MEYGREY, A.; SPOTO, F.; SY, O.; MARCHESE, F.; BARGELLINI, E. P. **Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services**. Remote Sensing of Environment, v. 120, p. 25-36, 2012. 10.1016/j.rse.2011.11.026.
- GAMMA DESIGN SOFTWARE. GS+: **Geostatistics for the Environmental Sciences**. Gamma Design Software,Plainwell, Michigan USA, 2012.
- GHOLIZADEH, A.; ŽIŽALA, D.; SABERIOON, M.; BORŮVKA, L. **Soil organic carbon and texture retrieving and mapping using proximal, airborne and Sentinel-2 spectral imaging**. Remote Sensing of Environment, v. 218, p. 89-103, 2018. 10.1016/j.rse.2018.09.015.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote sensing of environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988. 10.1016/0034-4257(88)90106-X.
- LEMOES FILHO, L. C. A.; FERREIRA, L. L. N.; LYRA, D. L. **Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica**. Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v. 11, n.1, p. 11-20, 2017. 10.18227/1982-8470ragro.v11i1.3413.
- LIU, M.; WANG, T.; SKIDMORE, A. K.; LIU, X. **Heavy metal-induced stress in rice crops detected using multi-temporal Sentinel-2 satellite images**. Science of the Total Environment, v. 637-638, p. 18-29, 2018. 10.1016/j.scitotenv.2018.04.415.

- LIU, S.; WANG, B.; ZHANG, J.; CAI, D.; TIAN, G.; ZHANG, G. **Predicting the Seasonal NDVI Change by GIS Geostatistical Analyst and Study on Driver Factors of NDVI Change in Hainan Island, China.** Journal of Geoscience and Environment Protection, v. 4, n. 06, p. 92, 2016. 10.4236/gep.2016.46008.
- MARINO, S.; ALVINO, A. **Hyperspectral vegetation indices for predicting onion (*Allium cepa* L.) yield spatial variability.** Computers and Electronics in Agriculture, v. 116, p. 109-117, 2015. 10.1016/j.compag.2015.06.014.
- MATHERON, G. **Principles of geostatistics, economic geology.** Economic Geology, v. 58, n. 8, p. 1246-1266, 1963. 10.2113/gsecongeo.58.8.1246. 10.2113/gsecongeo.58.8.1246.
- MOTOMIYA, A. V. D. A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; ROJO BAILO, F. H. **Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 42, n. 1, p. 112-118, 2012. 10.1590/S1983-40632012000100016.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação.** 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos 2012.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM.** QGIS. Versão 2.18.23, 2018.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P.J. **GeoR: a package for geostatistical analysis.** RNEWS, v.1, n.2, p.15-18, 2001.
- RIBEIRO, R. B.; FILGUEIRAS, R.; RAMOS, M. C. A.; DE ALMEIDA, L. T.; GENEROSO, T. N.; MONTEIRO, L. I. B. **Spatio-temporal variability of vegetation condition in irrigated agriculture through sentinel-2a images.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 6, p. 1884, 2017. 10.7127/rbai. v11n600648.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In: Third ERTS Symposium, Proceedings, NASA SP-351, NASA, Washington, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.
- SAYAGO, S.; OVANDO, G.; BOCCO, M. **Landsat images and crop model for evaluating water stress of rainfed soybean.** Remote Sensing of Environment, v. 198, p. 30-39, 2017. 10.1016/j.rse.2017.05.008.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples).** Biometrika, v.52, p.591-611, 1965. 10.2307/2333709.
- VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H., DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. **Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta.** Ciência Rural, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016. 10.1590/0103-8478cr20150539.
- VRIELING, A.; MERONI, M., DARVISHZADEH, R.; SKIDMORE, A. K.; WANG, T., ZURITA-MILLA, R.; PAGANINI, M. **Vegetation phenology from Sentinel-2 and field cameras for a Dutch barrier island.** Remote sensing of environment, 2018. 10.1016/j.rse.2018.03.014.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: Hillel, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. cap. 2, p. 319-344.
- ZANZARINI, F. V; PISSARRA, T. C.; BRANDÃO, F. J.; TEIXEIRA, D. D. **Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 608-614, 2013. 10.1590/S1415-43662013000600006.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Júlio César Ribeiro - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade de Taubaté - SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação Roge - MG; Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutor em Agronomia - Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Pós-Doutorado no Laboratório de Estudos das Relações Solo-Planta do Departamento de Solos da UFRRJ. Possui experiência na área de Agronomia (Ciência do Solo), com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, fertilidade, química e poluição do solo, manejo e conservação do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

Carlos Antônio dos Santos - Engenheiro-Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açúcares 25, 26, 28, 34, 81, 82, 83, 84, 85, 87

Agricultura de precisão 7, 167

Água residuária 10, 11, 20

AHP 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Algaroba 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Amostragem em suspensão 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33

Análise 1, 2, 3, 6, 10, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 60, 61, 65, 66, 67, 70, 82, 95, 96, 99, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 116, 117, 119, 127, 138, 140, 144, 157, 163, 165, 170, 171, 172, 179, 180, 183, 184, 190, 194, 196, 197, 198, 199, 206, 207, 211, 219, 221, 226, 227, 231, 242, 246

Análise envoltória de dados 58, 60, 67

Análise funcional 226, 227, 242

Artocarpus altilis 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 99, 100

Atividade antiparasitária 102

Avanços 78, 123, 202, 213

B

Bitcoin 222, 223, 224, 225

C

Canteiros de obras 145, 146, 155, 156

Celulose 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 126

Chuva 36, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 47, 76

Ciclo educacional 179, 183

Ciclo vegetativo 7, 49, 53, 55, 56

Códigos linguísticos 189

Commodities 58, 59

Construção civil vertical 145

Curso agrotécnico 189

E

Educação 9, 68, 69, 79, 89, 158, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 201, 202, 203, 209, 210, 211, 212, 213, 221, 245, 263, 265

Ensino 67, 92, 179, 180, 182, 183, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 243, 245, 252, 255, 256, 263

Ensino de ciências 189, 200, 201, 209, 211, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 252

Espaço não formal 199, 201, 209, 210

Espaços métricos 226, 227, 228, 231, 232, 236, 242

Evapotranspiração 16, 37, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 169

F

F AAS 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 35

Fitoquímica 90, 99, 100

Fósforo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14

G

Geoestatística 167, 171

Gerenciamento de RCC 145, 146, 147, 148, 151, 154, 155

Gráficos 117, 119, 254, 255, 256, 263

H

Hymenaea courbaril 101, 102, 104, 105, 112, 113

I

Imagens 135, 136, 137, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 176, 177, 217, 242, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

Índices de vegetação 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176

Indústria de papel 68, 70, 75

Indústria têxtil 68, 70, 75, 79

Investimento 179, 180, 183, 184, 185, 222

L

Leap-Frog 158, 159, 160

Lei de Hooke 243, 245, 246, 247, 248, 251, 252

Letramento científico 199, 203, 209, 210

M

Medição 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 160, 161

Melado de cana 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 84

Metais 3, 9, 12, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 126, 176

Meteorologia 36, 37, 39, 53

Micro-ondas 26, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Moda sustentável 68, 79

Modelos hiperbólicos 222, 223, 225

Moraceae 89, 90, 91, 100

N

Não-linearidade 243, 251

Nivelamento 74, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165

Nutrição de plantas 1

O

Oportunidade 179, 180, 182, 185, 186, 191, 256

P

Papel 2, 58, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 128, 192, 206, 213, 216, 227, 231, 246, 249

Parâmetros 24, 27, 28, 30, 33, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 115, 116, 119, 137, 160, 163, 168, 174, 175, 177, 191, 222, 223, 224, 255, 263

Perímetro irrigado 1, 3, 8

Petróleo 1, 9, 10, 11, 13, 22, 23

Prosopis 81, 82, 87, 88

Q

Química verde 33, 123, 128

R

Recuperação 11, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 143, 144

Regressão polinomial 243, 246, 251

Renda 49, 81, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186

Resíduos sólidos 68, 71, 76, 77, 80, 146, 147, 148, 155, 156

Restauração 132, 133, 134, 137, 138, 139, 143, 244, 245

Reuso 10, 22, 71, 72, 80, 132, 133, 137, 138, 140, 141, 142, 143

S

Saneantes 115, 117, 118, 121

Sequências de Cauchy 226

Simbiose industrial 68, 70, 71, 77, 78

Síntese 90, 104, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 220

T

Topografia 138, 139, 143, 158, 159, 165

Trading 222, 223

Trypanosoma cruzi 101, 102, 103, 111, 112

V

Validação de métodos 24, 34

Variáveis 22, 38, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 117, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 194, 204, 211, 222, 224, 254, 256

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-680-5

