



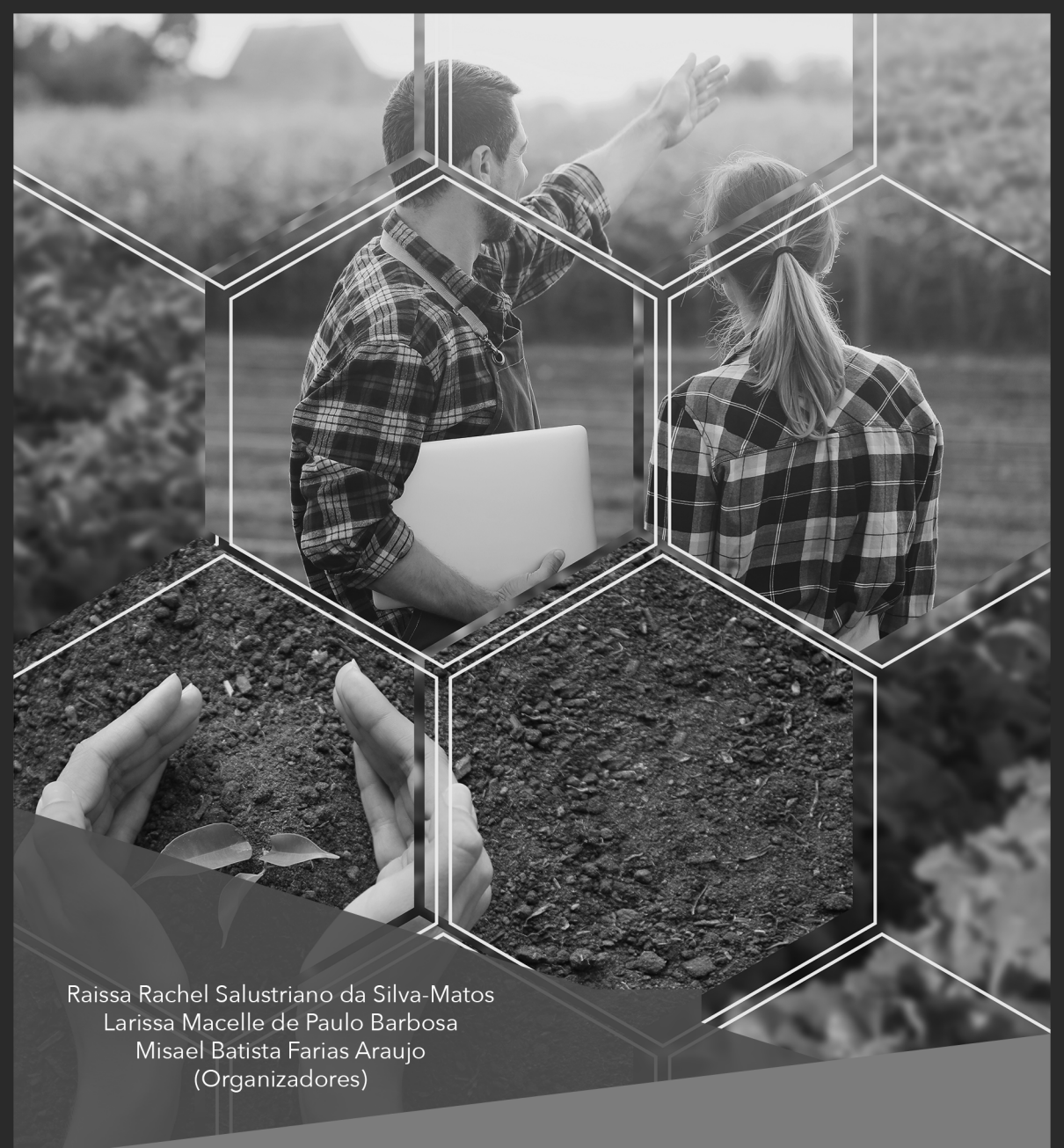
Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Larissa Macelle de Paulo Barbosa
Misael Batista Farias Araujo
(Organizadores)

Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias

2

Atena
Editora

Ano 2020



Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Larissa Macelle de Paulo Barbosa
Misael Batista Farias Araujo
(Organizadores)

Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias

2

Atena
Editora

Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

- Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliãni Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Larissa Macelle de Paulo Barbosa
Misael Batista Farias Araujo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R436 Resultados econômicos e de sustentabilidade nos sistemas nas ciências agrárias 2 / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Larissa Macelle de Paulo Barbosa, Misael Batista Farias Araujo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-675-1

DOI 10.22533/at.ed.751201112

1. Ciências Agrárias. 2. Sustentabilidade. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Barbosa, Larissa Macelle de Paulo (Organizadora). III. Araujo, Misael Batista Farias (Organizador). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

Com o passar dos anos, a busca e a necessidade por recursos naturais se tornaram frequentes na vida do homem, surgindo como estratégia para o suprimento e melhoria de vida. Neste cenário, o equilíbrio entre as atividades agrícolas e o meio ambiente é um dos fatores imprescindíveis para conservação da natureza, o dinamismo na cadeia produtiva e consequentemente o desenvolvimento econômico.

Nesta perspectiva, prezados leitores, estes seguintes livros, constituem uma série de estudos experimentais e balanços bibliográficos direcionados ao setor agrário, apresentando técnicas para uso e manejo do solo, da água e de plantas, no que compete a adubação, fitossanidade, melhoramento genético, segurança de alimentos, beneficiamento de produtos agroindustriais, de forma estritamente relacionada com a sustentabilidade, visando atenuar os impactos no meio ambiente.

Finalmente, espera-se que o conteúdo desta obra seja um subsídio para a pesquisa acadêmica, respostas para o pequeno e grande produtor, sugestões tecnológicas e inovadoras para as empresas e indústrias, somando para o progresso do país.

Uma ótima leitura!

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Larissa Macelle de Paulo Barbosa

Misael Batista Farias Araujo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM SOLOS CULTIVADOS COM PALMA FORRAGEIRA

Vilma Maria do Santos
Nilza da Silva Carvalho
Sandra Mara Barbosa Rocha
Joana Suassuna da Nóbrega Veras
Indra Elena Costa Escobar

DOI 10.22533/at.ed.751201121

CAPÍTULO 2..... 8

COBERTURA DO SOLO E OCORRÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS, APÓS A SEMEADURA DO MILHO, EM RAZÃO DE SISTEMAS E ÉPOCAS DE MANEJO DO NABO FORRAGEIRO

Gabriela Benini
Antônio Augusto Pinto Rossatto
Leonardo Seibel Sander
João Paulo Hubner
Heloísa Schmitz
William Nathaniel Battú do Amaral
Daniela Batista dos Santos
Juliano Dalcin Martins

DOI 10.22533/at.ed.751201122

CAPÍTULO 3..... 14

RECUPERAÇÃO DOS SOLOS E IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO OLERÍCOLA ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM ROTEIRO – AL

Alexandre Alves da Silva
Mariza Fordellone Rosa Cruz
Gabriele Tamires de Andrade Peres Ramos
Amabily Furquim da Silva
Matheus Eduardo Leme
Gabriella Carolina da Silva
Igor Birelo Sanches
Octávio Bueno de Godoy Neto
Melissa Monteiro Paiva
Jaqueline Rodrigues
Thais Aparecida Wenceslau

DOI 10.22533/at.ed.751201123

CAPÍTULO 4..... 23

POTENCIAL DE *CARRYOVER* DE HERBICIDAS RESIDUAIS INIBIDORES DA ENZIMA ACETOLACTATO-SINTASE (ALS)

Vicente Bezerra Pontes Junior
Kassio Ferreira Mendes
Antônio Alberto da Silva

Maura Gabriela da Silva Brochado
Paulo Sérgio Ribeiro de Souza
Dilma Francisca de Paula
Miriam Hiroko Inoue

DOI 10.22533/at.ed.7512011124

CAPÍTULO 5.....43

PEDOMETRIA E MAPEAMENTO DIGITAL: CONTRIBUIÇÕES NA CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE SOLOS

Waldir de Carvalho Junior
Helena Saraiva Koenow Pinheiro
Theresa Rocco Pereira Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.7512011125

CAPÍTULO 6.....61

MIX EM PLANTAS DE COBERTURA/VERÃO: “TECNOLOGIA VERDE” MONITORADA COM FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

Anderson Michel Wermuth
Cristiano Reschke Lajús
André Sordi
Alceu Cericato
Francieli Dalcanton
Gean Lopes da Luz
Rodrigo Barichello

DOI 10.22533/at.ed.7512011126

CAPÍTULO 7.....72

SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE VARIEDADES TRADICIONAIS DE FEIJÃO-CAUPI DO ACRE

Joões Alves da Silva Pereira
Caroline Nascimento dos Santos
Vanderley Borges dos Santos
Mateus Martins da Silva
Francisca Silvana Silva do Nascimento
Eldevan Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7512011127

CAPÍTULO 8.....78

NÃO PREFERÊNCIA PARA OVIPOSIÇÃO DE MOSCAS BRANCAS COM CHANCE DE ESCOLHA EM CULTURA DE FEIJÃO COLORIDO

Ana Beatriz Cerqueira Camargo
Jose Celso Martins

DOI 10.22533/at.ed.7512011128

CAPÍTULO 9.....87

EFEITOS DE DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS DE FEIJÃO NAS CARACTERÍSTICAS DAS ESPIGAS DE MILHO CULTIVADO EM CONSORCIAÇÃO

Douglas Graciel dos Santos

Kaliu Batista Gonçalves Santos
Iran Dias Borges
Ricardo Ribeiro da Silva Almeida
Samuel Henrique Pereira Costa
José Francisco Braga Neto
Tháís Fernanda Silva

DOI 10.22533/at.ed.7512011129

CAPÍTULO 10..... 93

ESTRATÉGIAS DE VALORIZAÇÃO DO MILHO CRIOULO NA AGRICULTURA FAMILIAR DE SERGIPE, BR: ANÁLISE DAS CONTAMINAÇÕES POR TRANSGENIA

Eliane Dalmora
Irinéia Rosa Nascimento
Kauane Santos Batista
Phillipe Rolemberg Caetano

DOI 10.22533/at.ed.75120111210

CAPÍTULO 11..... 105

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE SEMENTES DE MILHO

Luiz Fernando Gibbert
Bruna Francielly Gama
Ana Paula Rodrigues da Silva
Adriana Matheus da Costa Sorato
Marco Antonio Camillo de Carvalho
Fernando Elias Roveda
Cesar Henrique Ruiz da Silva
Lavínia Ferreira Batista
Felipe de Souza Freitas
Patrícia Cristiane Gibbert

DOI 10.22533/at.ed.75120111211

CAPÍTULO 12..... 111

INFLUÊNCIA DO SISTEMA E ÉPOCA DE MANEJO DO NABO FORRAGEIRO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL E RENDIMENTO DO MILHO

Gabriela Benini
Antônio Augusto Pinto Rossatto
Leonardo Seibel Sander
João Paulo Hubner
Heloísa Schmitz
William Nathaniel Battú do Amaral
Daniela Batista dos Santos
Juliano Dalcin Martins

DOI 10.22533/at.ed.75120111212

CAPÍTULO 13..... 117

PRODUTIVIDADE DE MILHO SAFRINHA CONSORCIADO COM *Urochloa ruziziensis* EM DIFERENTES MODALIDADES DE SEMEADURA

Luiz Fernando Gibbert
Bruna Francielly Gama
Itamar de Souza Sauer
Sheila Caioni
Cesar Henrique Ruiz da Silva
Donizete Vinicius Vaz da Silva
Tiago de Lisboa Parente
Ellen Clarissa Pereira da Cunha
Samiele Camargo de Oliveira Domingues
Patrícia Cristiane Gibbert

DOI 10.22533/at.ed.75120111213

CAPÍTULO 14..... 123

PREDIÇÃO DE GANHO GENÉTICO EM GENÓTIPOS DE SOJA POR MEIO DE ÍNDICES DE SELEÇÃO

Ana Paula Lira Costa
Dardânia Soares Cristeli
Alyce Carla Rodrigues Moitinho
Thayná Pereira Garcia
Alice Pereira da Silva
Lígia de Oliveira Amaral
Ivana Marino Bárbaro-Torneli
Sandra Helena Unêda-Trevisoli

DOI 10.22533/at.ed.75120111214

CAPÍTULO 15..... 129

COMPORTAMENTO DE NOVAS CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA NA REGIÃO DO CERRADO MINEIRO

Antônio Sérgio de Souza
André Mundstock Xavier de Carvalho
Fabrícia Queiroz Mendes

DOI 10.22533/at.ed.75120111215

CAPÍTULO 16..... 135

EFEITO DE FERTILIZANTES FOLIARES EM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Bruno Nicchio
Camila Lariane Amaro
Gustavo Alves Santos
Marlon Anderson Marcondes Vieira
Bruno Barbosa Guimarães
Hamilton Seron Pereira
Gaspar Henrique Korndörfer

DOI 10.22533/at.ed.75120111216

CAPÍTULO 17	147
SISTEMA AGROFLORESTAL COM ESPÉCIES NATIVAS DE VALOR MADEIREIRO, COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O USO DA TERRA NA CHAPADA DIAMANTINA	
Diego Machado Carrion Serrano	
DOI 10.22533/at.ed.75120111217	
SOBRE OS ORGANIZADORES	152
ÍNDICE REMISSIVO	153

PEDOMETRIA E MAPEAMENTO DIGITAL: CONTRIBUIÇÕES NA CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE SOLOS

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 11/09/2020

Waldir de Carvalho Junior

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/7992394393174495>

Helena Saraiva Koenow Pinheiro

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro
Seropédica -RJ
<http://lattes.cnpq.br/6947091664236298>

Theresa Rocco Pereira Barbosa

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria - RS
<http://lattes.cnpq.br/5217677044077003>

RESUMO: A Pedometria e o Mapeamento Digital de Solos ocupam um lugar importante na ciência do solo. Este ramo da pedologia, trata de estudar aspectos dos solos através de cálculos e modelos estatísticos e geoestatísticos. Atualmente tem sofrido um grande avanço em função de novas tecnologias disponíveis em vários níveis, como novas ferramentas, novos sensores, etc. A espectroscopia, os modelos digitais de elevação, e outros sensores tem disponibilizado farto material para a análise matemática pedológica, ou pedometria. A capacidade de atualizar mapeamentos com rapidez, de gerar novos mapas e com isso novas interpretações, também tem contribuído para

este avanço da pedometria. É de fato, o ramo da ciência do solo que mais tem tido avanços neste século. Assim, iniciativas em validar e implementar técnicas de mapeamento digital de solos e interpretações técnicas, disseminar o conhecimento em uso e conservação do solo e da água devem ser encorajadas, tendo em vista o cenário atual para uma agricultura de base sustentável ao produtor rural, em prol do aumento da produção, diversificação e competitividade da atividade agropecuária, em consonância com as ações do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos (PronaSolos).

PALAVRAS - CHAVE: Pedometria, MDS, Pronasolos

PEDROMETRICS AND DIGITAL MAPPING: CONTRIBUTIONS TO SOIL CLASSIFICATION AND MAPPING

ABSTRACT: Pedometrics and Digital soil mapping are very important in soil science. This this branch of pedology uses to study soils aspects by calculations and statistics and geostatistics models. Nowadays, new technologies available in several levels supportd by new tools and sensors improve in pedometrics science. Spectroscopy, digital elevation models, and others, produce wide material to pedological mathematical analysis, pedometrics. The capacity to update soil maps, to create new data and new interpretations, have account to improve the pedometrics. In fact, it is the part of soil science with more advances in the past years. So, introduce and validate these digital soil mapping techniques and inepretations must be encouraged to answer the sustainable agriculture demands, as well as to accord with

the objectives of the National Soil Program (Pronasolos).

KEYWORDS: Pedometrics, DEM, PronaSolos

1 | INTRODUÇÃO

A pedologia é o estudo do solo em sua posição natural, comumente subdividida em morfologia, fatores e processos de formação, classificação e mapeamento (Bockheim et al., 2005). Pensar pedologia buscando formular e resolver questões através de técnicas matemáticas e estatística, é pedometria e, portanto, são áreas intimamente relacionadas (Minasy et al., 2014). Um foco importante da pedometria é a capacidade de mapear. Nesse contexto entra o mapeamento digital, no qual modelos são aplicados na predição espacial de classes e propriedades do solo com erros conhecidos.

Estruturalmente, a Pedometria e o Mapeamento Digital de Solos (MDS) passaram a fazer parte de associações científicas em diferentes momentos no mundo. Em 1988 surge o grupo de trabalho em pedometria na *International Society of Soil Sciences (ISSS)*. Na *International Union of Soil Sciences (IUSS)*, é estabelecida como comissão 1.6 nominada *Pedometrics* em 2004 (Pedometrics.org; Minasy et al. 2014). No Brasil, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), criou a comissão de pedometria em 2009 (Oliveira et al., 2015).

O termo Pedometria foi oficialmente cunhado por A.B. McBratney. A palavra é um neologismo derivado de duas palavras gregas pedos e metron, as quais significam respectivamente, solo e medição. O radical do termo é semelhante ao usado em outros campos de aplicação da estatística, como abiometria, psicometria, econometria, dentre outros (Preface of Geoderma, 1994: 62 e Minasy et al., 2014). Neste sentido, a Pedometria é a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para o estudo da distribuição, organização e gênese de solos com base em suas características numéricas.

O campo da Pedometria tem tido uma evolução constante e hoje pode ser definido como uma ciência interdisciplinar com integração da Ciência do Solo, da Matemática e Estatística Aplicada e da GeoInformação, contudo não limitada a isso, como pode ser visto na Figura 01 abaixo (Pedometrics.org).



Figura 01: Esquema da sobreposição dos temas que envolvem Pedometria (Adaptado de McBratney et al. (2003))

Pode ser considerado o resultado dos avanços e descobertas em novas tecnologias (sensoriamento remoto proximal, orbital e sub-orbital, tecnologia da informação e de equipamentos) e é importante enfatizar que a Pedometria é um campo da ciência relativamente recente e em evolução quando comparado a outros campos ou subdisciplinas da ciência do Solo.

Alguns tópicos importantes na Pedometria são: Análise e modelagem espaço-temporal da variação de propriedades do solo; Integração de dados em escalas variadas; Modelagem solo-paisagem com análise digital de terreno; Algoritmos quantitativos para classificação de solos; Desenho amostral; incorporação de informações ambientais (Sensoriamento Remoto); e agricultura de precisão (Pedometrics.org).

2 | MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS (MDS)

O MDS é uma subdisciplina bem-sucedida da ciência do solo, com uma produção ativa de pesquisa (Minasny and McBratney, 2016). O sucesso do mapeamento digital do solo é uma confluência de vários fatores, principalmente a partir do ano 2000. Entre eles podemos citar:

- aumento da disponibilidade de dados espaciais (modelo digital de elevação – MDE, imagens de satélite, geofísicos);
- disponibilidade de poder computacional para processar dados;
- desenvolvimento de ferramentas de mineração de dados e SIG;

- inúmeras aplicações da geoestatística.

Além disso, houve um aumento na demanda global por dados espaciais, incluindo avaliações de incertezas, e um rejuvenescimento de levantamentos de solo, contando com instituições que disseminam tecnologias e conhecimento de mapeamento digital do solo.

Segundo McBratney et al. (2003) e Minasny & McBratney (2016), o MDS reúne técnicas quantitativas para predição espacial em mapeamento de solos. O modelo conceitual da abordagem tradicional de mapeamento de solos pode e deve ser modernizado e atualizado pelo uso de técnicas quantitativas contemporâneas e usando todo o conjunto de dados ambientais disponíveis. As principais diferenças entre um mapeamento convencional e o digital podem ser observados na Tabela 01 abaixo.

Convencional	Digital
Escala associada ao nível de levantamento	Escala associada ao tamanho do pixel
Fatores de formação (conceito de catena)	Variáveis ambientais preditoras
Fotointerpretação e levantamento de reconhecimento	SR, atributos do terreno, dados geológicos
Nível de informação ligado a escala	Nível de informação ligado ao pixel
Dependência do expert (experiência, conhecimento da área,...)	Influência do expert
Modelo mental (não reproduzível)	Modelo matemático
Necessidade de coleta de Perfis e AE no campo – Navegação com fotos aéreas, GPS	Necessidade de coleta de Perfis e AE no campo – Navegação com imagens, GPS
Modelos discretos	Modelos contínuos ou discretos
Mapeamento de classes de solos	Mapeamento de classes ou atributos
Normalmente sem avaliação de erro	Avaliação de erro intrínseco ao processo
Modelo dirigido pelo conhecimento	Modelo dirigido pelos dados
Amostragem livre	Amostragem baseada em modelo ou esquema definido

Tabela 01. Principais diferenças e características entre mapeamento de solos convencional e mapeamento de solos digital (Adptado de Hengl, 2003)

Segundo Lagacherie & McBratney (2006), existem três componentes principais em MDS, a saber: a entrada de dados, o processamento e a saída de informação. Estes três componentes são sequenciais e podem ser definidos da seguinte maneira. A ‘Entrada de Dados’ pode ser na forma de métodos de observação de campo e laboratório, incluindo dados legados (mapas e perfis de solo) e novas observações usando técnicas estatísticas de amostragem. O ‘Processamento’ deve ser encarado em termos espaciais e não-espaciais de sistemas de inferência, incluindo modelos matemáticos ou estatísticos relacionando as

observações de solos com suas variáveis ambientais ou fatores do modelo 'scorpan'. Já a 'Saída de Informação' incorpora os sistemas de informação espacial de solos, incluindo modelos *rasters* de predição juntamente com a avaliação da incerteza. Esta saída pode rapidamente ser atualizada e disponibilizada com a entrada de novos dados.

Esses três componentes são complexos e podem estar subdivididos em outros componentes menores, de acordo com as características das áreas estudadas, da disponibilidade de dados e da finalidade dos estudos.

3 | A ABORDAGEM PEDOMÉTRICA NA COLETA DE DADOS

Segundo Carvalho Jr et al. (2014a), o Desenho Amostral é uma atividade de escritório inicial, juntamente com a busca de informações legadas e dados de sensoriamento remoto, entre outros. Após definidas as principais variáveis relacionadas ao objeto de estudo, o desenho amostral deve buscar selecionar pontos que representem a distribuição das variáveis, ou seja, criar um subconjunto de dados que seja representativo da população total.

Diferentemente do mapeamento convencional, no mapeamento digital de solos muita atenção tem sido dada para otimização da amostragem, utilizando diferentes métodos como: amostragem aleatória; amostragem aleatória estratificada; análise multivariada; lógica fuzzy e geoestatística.

De acordo com Minasny & McBratney (2006), um esquema de amostragem com base na utilização de dados auxiliares deve ser capaz de capturar toda a variação de valores das diferentes covariáveis auxiliares utilizadas.

Segundo Carvalho Jr et al. (2014b) em trabalho realizado com propósito de avaliar as técnicas de amostragem para agilizar o levantamento em escala regional, deve se levar em consideração uma restrição espacial de acessibilidade com o intuito de tornar acessível todos os locais de amostragens. Para isso, o autor considerou que todos os pontos de amostras precisam estar dentro de uma certa distância das estradas (acessibilidade) e com uma distância mínima de pontos já coletados (evitar sobreamostragem).

Nesse sentido, os autores definiram uma área efetiva de trabalho, considerando um 'buffer' de 100 m das estradas e uma distância mínima de 500 m de locais já amostrados. Neste trabalho os autores usaram como variáveis auxiliares o modelo digital de elevação (MDE), a declividade, a curvatura e o uso e cobertura do solo. Para selecionar os locais de amostragem foi usado o Hipercubo Latino Condicionado (CLHs).

Como resultado do processo de desenho amostral, os autores não encontraram diferenças significativas entres o conjunto total de dados, o subconjunto com as restrições espaciais e os 100 pontos definidos pelo CLHs.

Deve haver uma associação entre o uso de sensores remotos proximais e a coleta tradicional. Por exemplo, Dennerley et al. (2018) usou dados Gamma Espectrométricos e

Indução Eletromagnética como variáveis auxiliares no MDS para a Identificação de zonas de manejo de solo.

Falciglia et al. (2018) fizeram a avaliação quali-quantitativa de solos contaminados por ^{241}Am e ^{152}Eu (Americio e Európio), com voos de baixa altitude de drone equipado com pequeno espectrômetro de raios gamma. Conseguiram obter bons índices de detecção e comprovaram que a técnica pode ser usada para auxiliar no estudo de locais contaminados. Neste caso, com este objetivo, poderíamos usar esta tecnologia para detecção de metais pesados nos rompimentos das barragens de resíduos.

Já Gatis et al. (2019) combinou métricas obtidas com LiDAR (elevação, declive, TWI) com levantamento espectrométrico de raios gamma com 10m de pixel (detalhe para uso local), para mapear a espessura de turfeiras para manejo e estimativa de estoque de carbono.

Ji et al. (2019) usou múltiplos sensores para topografia, condutividade elétrica aparente do solo e raios gamma e espectroradiômetro VIS-NIR para prever Matéria Orgânica do Solo, pH, P, K, Ca, Mg e Al. Obteve resultados com $r^2 > 0.5$ de maneira geral, usando uma série de modelos 'data mining' (Support Vector Machine - SVM, RandomForest e CART).

Li, N. et al. (2019) usaram o MDS para dar suporte à adubação da cana de açúcar em uma área da Austrália. Usaram raios gamma e indução eletromagnética e obtiveram um $r^2 > 0.7$, propiciando uma utilização bastante objetiva desta tecnologia.

Reinhardt & Herrmann (2019) fizeram uma revisão crítica sobre a utilização de raios gamma e concluíram que para a ciência do solo, os raios gamma tem valor pois detectam um sinal da superfície da paisagem e integram informações de volume ou de profundidade, podem ser proximais ou não e associados a outros métodos de SR podem prover informação para melhor compreender os processos de formação e a distribuição espacial de propriedades dos solos.

4 | ESPECTROSCOPIA: VIS-NIR-MIR

Uma das vantagens de usar esta tecnologia para análise de solos é não deixar resíduos químicos, ou seja, trata-se de uma análise química limpa. Dentre os trabalhos neste campo da pedometria, **Marques, K.P.P. et al. (2019)** avaliaram como o espectro NIR pode melhorar a classificação de um perfil de solo. Já Manage, L.P.M. et al. (2019 e 2018) estimaram a densidade de partícula do solo com VNIR criando uma função de pedotransferência, bem como para características dos solos afetadas pelo teor de umidade do mesmo.

Xia, Y. et al. (2018) desenvolveram métodos de análises de dados espectroscópicos Near- and Mid-Infrared Spectroscopy para avaliar a qualidade do solo (C, N, Ca, entre outros elementos). Em outro trabalho, Cheng, H. et al. (2019) estimaram a concentração

de metais nos solos urbanos e usaram também para classificar perfis de solos com SVM.

Para analisar e avaliar carbono orgânico do solo (COS), England & Rossel (2018) utilizaram sensores proximais VNIR com bons resultados. Para quantificar diferentes formas de Fe no solo Xu, S. et al. (2018) usaram a espectroscopia V-NIR.

No Brasil, Demattê, et al. (2019) estudaram estas técnicas para construir o futuro de laboratório de solos híbrido com baixo impacto ambiental. Além disso, Demattê et al. (2020) são referência nacional na gestão da primeira Biblioteca Espectral de Solos do Brasil e uma potencial fonte de dados legados limpos. Atualmente a biblioteca consta com mais de 39000 amostras de solos, em 26 Estados e com contribuição de 46 Instituições.

Segundo Recena, R. et al. (2019) é possível avaliar a fertilidade e funções do solo por V-NIR. Já Knadel, M. et al. (2018) determinaram a superfície específica de partículas do solo por V-NIR. Moura-Bueno, J.M. et al. (2019) usaram VIS-NIR-SWIR para obter predições de COS mais acuradas, com a criação de bibliotecas espectrais e obtiveram resultados bons com $r^2 > 0.7$.

5 | MODELAGEM

A etapa de modelagem nos permite usar todo o ferramental tecnológico disponível (tanto sensores remotos quanto sistemas computacionais e bancos de dados). Neste momento, devemos estar atentos às covariáveis utilizadas. Os modelos pedométricos podem ser espaciais ou não espaciais.

Novamente aqui o sensoriamento remoto, proximal ou não, em muito contribui para o alcance dos bons resultados que temos visto no desenvolvimento e avanço das técnicas de MDS e pedometria.

Um dos principais dados de entrada utilizados no MDS é o modelos digital de elevação (MDE). Tais modelos para representação da altimetria são muito importantes e podem ser obtidos por várias técnicas (Hutchinson & Gallant, 2000), pela interpolação de feições vetoriais (pontos cotados, curvas de nível e hidrografia) ou diretamente de sensores remotos. Os MDE obtidos por sensoriamento remoto orbital estão disponíveis mundialmente, com grande cobertura de área por cena e baixo custo de processamento; porém, a qualidade das informações depende da rugosidade e da declividade do terreno (Pinheiro et al., 2012).

Os MDEs fornecem informações altimétricas e suas derivadas, normalmente correlacionadas a classes e atributos de solos. Contribuem para sua importância também a disponibilidade, acessibilidade e gratuidade destes dados. Podemos listar alguns produtos desta natureza, como por exemplo:

- SRTM
- 36,500 Satellite Images from RADARSAT-1 Now Available to the Public

- Uso combinado com outros sensores (correlação entre sensores proximais e não proximais)
- LiDAR (Light Detection And Ranging) sensor remoto ativo

Muitos estudos mostram a estreita relação entre solos (classes ou atributos) e os modelos numéricos de superfície (derivados do MDE). Por exemplo, Salazar, S.E. et al. (2019) desenvolveram um instrumento LiDAR proximal para medir propriedades dos solos insaturados com bons resultados. Já Campbell, D.M.H. et al. (2013) conseguiram mapear a resistência do solo a penetração com dados derivados também do LiDAR proximal.

Reddy, A.D. et al. (2015) estudaram a perda de C em turfeiras (organossolos) com fogo através de dados LiDAR pela avaliação da variação do modelo digital do terreno (MDT) antes e depois do fogo, com resultados muito interessantes, conforme a Figura 02.

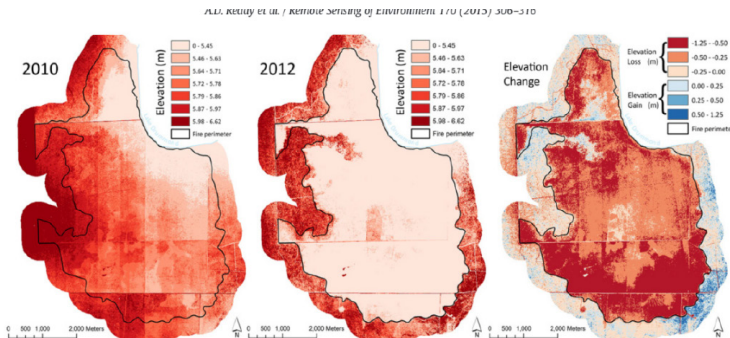


Fig. 4. Depicted are the 2010 (left) and 2012 (middle) LiDAR-derived surface elevations for the Lateral West fire scar and a 500 m buffer surrounding it. To the right, a map of elevation change calculated as the 2012 minus 2010 DEM is shown.

Figura 02. Ilustração de como foi feita avaliação de perda de carbono espacialmente (Reddy, A.D. et al. (2015)), onde são representadas as elevações de superfície derivadas de LiDAR com buffer de 500m em 2010 (esquerda) e 2012 (meio) para a cicatriz Lateral Westfire. À direita, um mapa de mudança de elevação calculado pela diferença do MDE de 2012 e 2010.

Em trabalho realizado no semiárido brasileiro, Ferraz da Silveira et al. (2018) combinaram dados MSI/Sentinel-2 e LiDAR para mapear a vegetação e suas relações com os atributos dos solos com bons resultados alcançados.

6 | O MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS

Um dos trabalhos mais citados sobre MDS, McBratney et al. (2003), definiram a modelagem com uso de modelos que levam em consideração os fatores de formação dos solos, chamado de SCORPAN, onde:

- S – Solo (propriedade ou classe)
- C – Clima
- O – organismos
- R – topografia, atributos do terreno
- P – material de origem
- A – tempo
- N – posição espacial

Neste tipo de abordagem, os estudos podem identificar quais variáveis definem cada fator de formação dos solos e quais são as mais importantes. Na Figura 03 podemos ver exemplos de variáveis que podem ser usadas para representar os fatores de formação dos solos contidos na equação SCORPAN. Na Figura 04 podemos observar o diagrama genérico para o processo de MDS focando no pré-processamento necessário ao entendimento das correlações entre as variáveis ou covariáveis ambientais e as características dos solos.

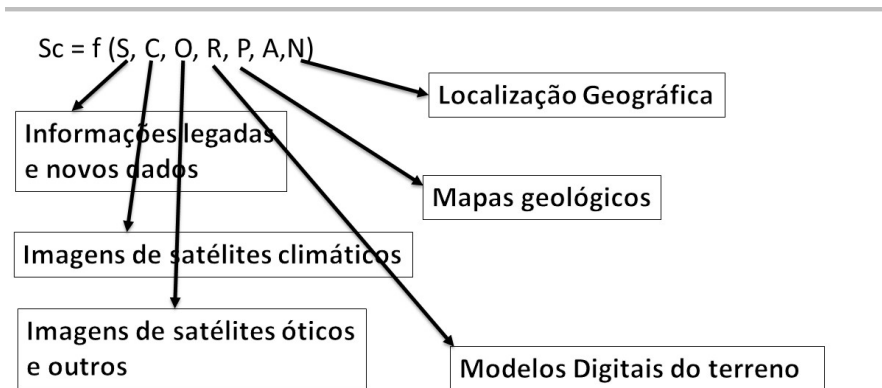


Figura 03. Variáveis relacionadas aos fatores da equação SCORPAN

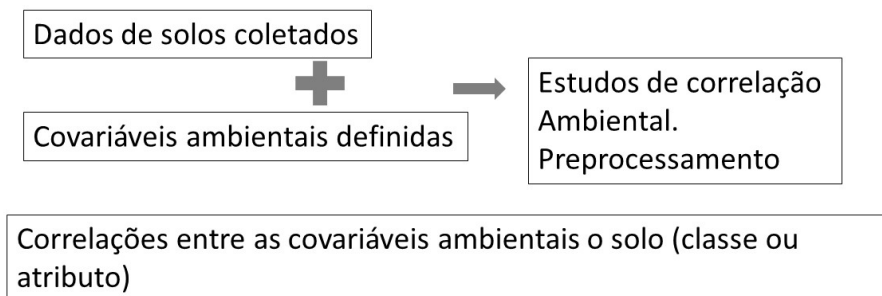


Figura 04. Diagrama genérico de um processo de MDS

As técnicas de MDS podem ser divididas, segundo McBratney et al., 2003 e Carvalho Jr et al., 2014, em CLORPT, Geoestatísticas ou híbridas (Figura 05). Nas técnicas CLORPT, os modelos são determinísticos, com relação de causa e efeito. São usadas variáveis exógenas para clima, organismos, tempo e uso da terra. Os modelos empíricos mais usados são as regressões lineares, regressões polinomiais, modelos baseados em árvores, entre outros. Nas técnicas Geoestatísticas, abordando uma modelagem estocástica, baseada na teoria das variáveis regionalizadas, em sua relação apenas com a distribuição espacial dela própria. Os modelos empíricos mais comuns são a 'krigagem' em suas várias formas (ordinária, simples, com covariáveis auxiliares, entre outras).

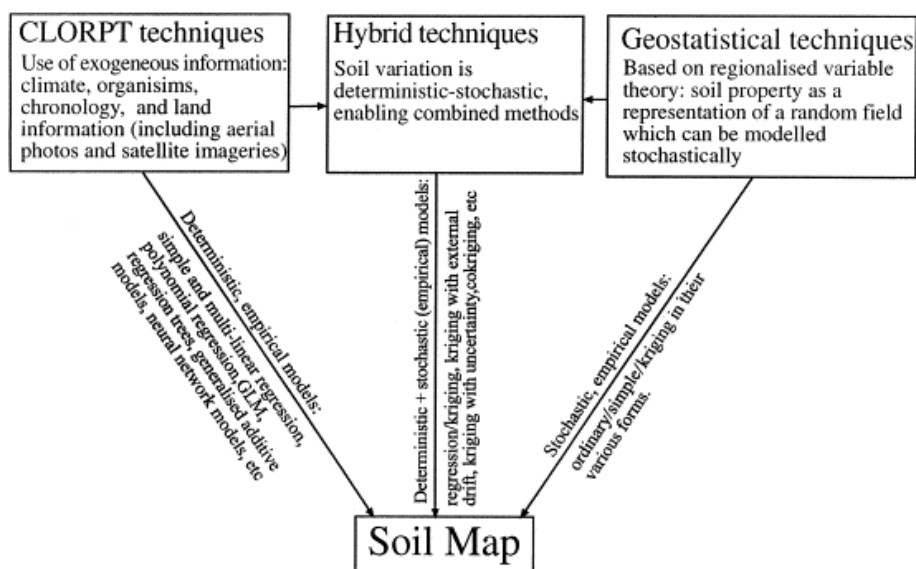


Figura 05. Representação esquemática dos tipos de modelagem aplicadas em MDS (Minasny and McBratney, 2016)

Podemos caracterizar o mapeamento digital de solos então pelo uso de covariáveis ambientais e morfometria, em escalas variadas, indo numa abordagem do ponto ao mapa. Muito avanço tem sido obtido no MDS para atributos de solos, mas existem poucos trabalhos quando se fala em mapeamento digital de classes de solos (Carvalho Jr, et al., 2020).

Todavia, de forma semelhante, podemos usar os bancos de dados de solos para modelagem de classes de solos. Vários modelos podem ser usados (machine learning, lógica fuzzy, structural equation modelling, etc). Uma característica intrínseca ao processo de MDS é a avaliação do erro, tanto para atributos quanto para classes, variando apenas o tipo de índice que se usa para uma ou outra tarefa.

Por exemplo, para classes de solos, alguns índices são obtidos através da matriz de confusão, como acurácia global, acurácia do produtor, acurácia do usuário e índice kappa. Para os modelos que trabalham com atributos de solos, os índices mais usados para avaliação do erro são o coeficiente de determinação (r^2), raiz da soma do erro quadrático, erro médio, entre outros.

Mas, segundo Carvalho Junior et al (2020), a experiência do pedólogo é necessária em quase todas as fases do MDS, desde a definição de covariáveis, elaboração do desenho amostral, coleta de dados no campo e confecção de relatórios e interpretações. Apenas uma fase de aprendizado de máquina (machine learning) não requer a expertise do pedólogo (Figura 06).

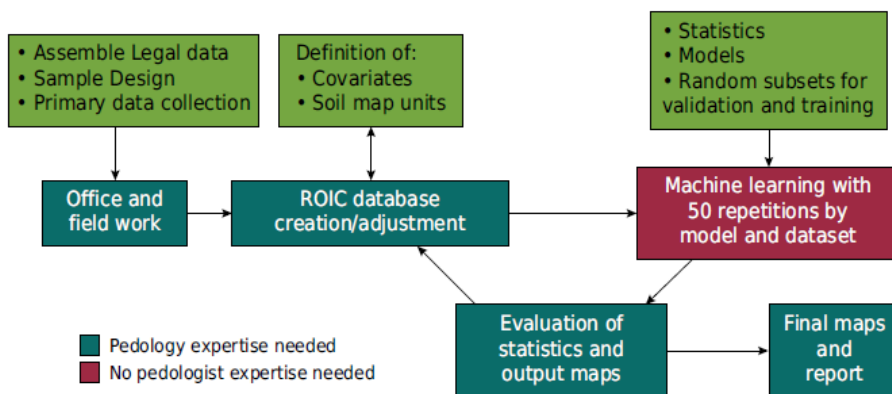


Figura 06. Esquema mostrando as etapas de MDS com e sem necessidade da expertise do pedólogo (Carvalho Junior et al., 2020)

71 NOVAS INTERPRETAÇÕES DE MAPAS DE SOLOS E APLICAÇÕES UTILITÁRIAS

A partir destes novos modelos de mapas de atributos e/ou classes, novas opções de interpretações surgem como a elaboração de zonas de manejo de solos, muito usado

em agricultura de precisão, mas que agora começa a ser utilizado de forma mais regional. Normalmente são aplicadas técnicas de aprendizado de máquina, ou modelos dirigidos pelos dados para este tipo de aplicação de interpretação e entendimento do conjunto de dados.

Por exemplo, Reyes et al. (2019) usaram análise de clusters para delinear zonas de manejo e encontraram que o uso de algoritmos de cluster Fuzzi são os mais adequados e mais usados para agricultura de precisão.

Também HE et al. (2018), desenvolveram aplicação para definir zonas de manejo pela análise de clusters chamada 'Management Zone Analyst 1.0.1' (Agricultural Research Service, University of Missouri-Columbia). Eles usaram uma combinação de variáveis como elevação, condutividade elétrica aparente (ECah), ECah e %Na; elevação e ECah e %Na, elevação e pH1:1 e %Na).

De acordo com Verma et al. (2018), a análise de clusters lida com a segmentação de um conjunto de N objetos em grupos (clusters) de maneira que um mesmo tipo de dado cai num cluster diferente daquele de outro dado dissimilar. O resultado da análise de cluster revela a estrutura interna e melhora o entendimento dos dados e da área de estudo. Segundo o autor, existem muitos algoritmos para análise de cluster disponíveis para este tipo de abordagem.

Pinheiro et al. (2019), em área de solos salinos na Bahia utilizaram mapas Na, CEC, Argila e Areia em distintas profundidades para estabelecer zonas de manejo através de análise de cluster, apontando regiões com limitações do ponto de vista físico-químico, de outras regiões com limitação de caráter químico ou físico, além de áreas sem limitações, provendo informações de caráter estratégico para manejo dos solos.

De fato, o MDS usa todo o arsenal tecnológico disponível, tanto de dados, de softwares, de modelos, incluindo a combinação de técnicas. Por exemplo, Wadoux et al. (2018) usaram geoestatística com dados gamma, e MDE para mapear propriedades dos solos. Já Hosek et al. (2018) usaram difratometria de raios X para mapeamento geoquímico em áreas inundadas buscando pontos de poluição.

Combinando dados de MDE, Landsat e litologia, Bhering et al. (2016) conseguiram mapear areia, argila e carbono sob diferentes resoluções espaciais. Vasques, G.M. et al. (2016) mapearam COS, granulometria e retenção de água usando dados MDE e de litologia. Muzzamal, M. et al. (2018) também mostraram ser possível o uso de leituras de raios gamma e eletromagnetismo para mapear as frações granulométricas do solo. Já Gallo, B.C. et al. (2018) usou imagens multitemporais para quantificar atributos superficiais de solos e sua relação com a classe de solo e geologia.

Sapia, V. et al. (2017) usaram tomografia de resistividade elétrica e magnetometria para mapear a profundidade e metais numa área de depósito de lixo. Para estudar os 'terroirs' na Itália, Priori, S. et al. (2019) usaram uma combinação de sensores proximais (magnetometria e gamma) para caracterizar a variabilidade espacial do solo em relação ao

Terroir.

Também combinando dados de diferentes fontes e sensores, Ceddia, M.B. et al. (2017) estudaram o estoque de carbono e granulometria dos solos de uma região amazônica com dados de MDE, multiespectrais e radar. Já Zhang, S.W. et al. (2012) mapearam MOS usando índices de terreno e variáveis categóricas (uso e mapa de classes de solo). Chagas, C.D. et al. (2016) mapearam a textura superficial de solos usando como covariáveis bandas e índices de uma imagem Landsat 5 no semiárido brasileiro.

8 | CONSIDERAÇÕES E TENDÊNCIAS

Segundo Rossiter (2018), a Tecnologia da Informação (TI) tem contribuído para as ciências ambientais. O mais óbvio é a proliferação de sistemas de sensores remotos (satélites e aeronaves), bem como os sensores proximais (escala de campo) e os instrumentos de laboratório. Por exemplo, Viscarra Rossel et al. (2017) comentaram sobre as bibliotecas espectrais, que podem combinar raios gamma, câmeras digitais, espectrômetros V-NIR, entre outros. Assim, múltiplos sensores são hoje rotina na chamada “agricultura de precisão”.

Laboratórios de espectrometria (visible and near infrared - vis-NIR, 400–2500 nm wavelengths) podem aumentar a capacidade análise de solos, substituindo em parte a química úmida que deixa resíduos. Aqui falamos da química limpa, sem resíduos para o meio ambiente.

Na parte física do solo também tem havido o desenvolvimento de aplicações como por exemplo a estimativa de granulometria por Laser diffraction granulometry (Makó et al., 2017) e estabilidade do agregado (Rawlins et al., 2015). Também o Laser scanner (Hirmas et al., 2016) e raio X (Helliwell et al., 2013) tem sido avaliados para quantificar a estrutura dos solos.

Pelo desenvolvimento da TI, acreditamos que os dados provenientes de gamma espectrômetros são bastante promissores, pois estão se tornando mais acessíveis (preço e disponibilidade) e os instrumentos estão se modernizando e sendo aplicados em várias plataformas.

Sendo assim, iniciativas em validar e implementar técnicas de mapeamento digital de solos e interpretações técnicas, disseminar o conhecimento em uso e conservação do solo e da água devem ser encorajadas, tendo em vista o cenário atual visando uma agricultura de base sustentável ao produtor rural, em prol do aumento da produção, diversificação e competitividade da atividade agropecuária, em consonância com as ações do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos (PronaSolos).

REFERÊNCIAS

- BHERING, S.B.; CHAGAS, C.S.; CARVALHO JUNIOR, W.; PEREIRA, N.R.; FILHO, B.C.; PINHEIRO, H.S.K. **Mapeamento digital de areia, argila e carbono orgânico por modelos Random Forest sob diferentes resoluções espaciais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1359–1370, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900035.
- CAMPBELL, D.M.H.; WHITE, B.; ARP, P.A. **Modeling and mapping Soil resistance to penetration and rutting using LiDAR-derived digital elevation data.** Journal of Soil and Water Conservation, [S. l.], v. 68, n. 6, p. 460–473, 2013. DOI: 10.2489/jswc.68.6.460.
- CARVALHO JUNIOR, W.; PEREIRA, N.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; CALDERANO FILHO, B.; PINHEIRO, H.S.K.; CHAGAS, C.S.; BHERING, S.B.; PEREIRA V.R.; LAWALL, S. **Sample design effects on soil unit prediction with machine: randomness, uncertainty, and majority map.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2020; DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcscs20190120>
- CARVALHO JUNIOR, W.de; LAGACHERIE, P.; DA SILVA CHAGAS, C.; CALDERANO FILHO, B.; BHERING, S.B. **A regional-scale assessment of digital mapping of soil attributes in a tropical hillslope environment.** Geoderma, v. 232–234, p. 479–486, 2014a. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.06.007.
- CARVALHO JÚNIOR, W.; CHAGAS, C.S.; MUSELLI, A.; PINHEIRO, H.S.K.; PEREIRA, N.S.; BHERING, S.B. **Método do hipercubo latino condicionado para a amostragem de solos na presença de covariáveis ambientais visando o mapeamento digital de solos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 386–396, 2014b. DOI: 10.1590/S0100-06832014000200003.
- CARVALHO JUNIOR, W.de; CHAGAS, C.S.; LAGACHERIE, P.; CALDERANO FILHO, B.; BHERING, S.B. **Evaluation of statistical and geostatistical models of digital soil properties mapping in tropical mountain regions.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, n. 3, p. 706–717, 2014c. DOI: 10.1590/s0100-06832014000300003.
- CEDDIA, M.; GOMES, A.; VASQUES, G.; PINHEIRO, É. **Soil Carbon Stock and Particle Size Fractions in the Central Amazon Predicted from Remotely Sensed Relief, Multispectral and Radar Data.** Remote Sensing, v. 9, n. 2, p. 124, 2017. DOI: 10.3390/rs9020124.
- CHAGAS, C.S.; DE CARVALHO JUNIOR, W.; BHERING, S.B.; CALDERANO FILHO, B. **Spatial prediction of soil surface texture in a semiarid region using random forest and multiple linear regressions.** Catena, v. 139, p. 232–240, 2016. DOI: 10.1016/j.catena.2016.01.001.
- CHENG, H.; SHEN, R.; CHEN, Y.; WAN, Q.; SHI, T.; WANG, J.; WAN, Y.; HONG, Y.; LI, X. **Estimating heavy metal concentrations in suburban soils with reflectance spectroscopy.** Geoderma, v. 336, n. November 2017, p. 59–67, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.08.010.
- DA SILVEIRA, H.L.F.; GALVÃO, L.S.; SANCHES, L.D.A.; DE SÁ, I.B.; TAURA, T.A. **Use of MSI/Sentinel-2 and airborne LiDAR data for mapping vegetation and studying the relationships with soil attributes in the Brazilian semi-arid region.** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 73, n. May, p. 179–190, 2018. DOI: 10.1016/j.jag.2018.06.016.
- DEMATTÊ, J.A.M.; DOTTO, A.C.; BEDIN, L.G.; SAYÃO, V.M.; SOUZA, A.B.E. **Soil analytical quality control by traditional and spectroscopy techniques: Constructing the future of a hybrid laboratory for low environmental impact.** Geoderma, [S. l.], v. 337, n. May 2018, p. 111–121, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.09.010.

- DEMATTÉ, J.A.M. et al. **The Brazilian Soil Spectral Library (BSSL): A general view, application and challenges**. *Geoderma*, v. 354, n. August, p. 113793, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.05.043.
- DENNERLEY, C.; HUANG, J.; NIELSON, R.; SEFTON, M.; TRIANTAFILIS, J. **Identifying soil management zones in a sugarcane field using proximal sensed electromagnetic induction and gamma-ray spectrometry data**. *Soil Use and Management*, v. 34, n. 2, p. 219–235, 2018. DOI: 10.1111/sum.12410.
- ENGLAND, J.R. & ROSSEL, R.A.V. **Proximal sensing for soil carbon accounting**. *Soil*, v. 4, n. 2, p. 101–122, 2018. DOI: 10.5194/soil-4-101-2018.
- FALCIGLIA, Pietro P.; BIONDI, Lorena; CATALANO, Roberto; IMMÈ, Giuseppina; ROMANO, Stefano; VAGLIASINDI, Federico G. A. **Preliminary investigation for quali-quantitative characterization of soils contaminated with 241Am and 152Eu by low-altitude unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with small size γ -ray spectrometer: detection efficiency and minimum detectable activity (MDA) concentration assessment**. *Journal of Soils and Sediments*, v. 18, n. 6, p. 2399–2409, 2018. DOI: 10.1007/s11368-017-1720-6.
- GALLO, B.C.; DEMATTÉ, J.A.M.; RIZZO, R.; SAFANELLI, J.L.; MENDES, W.S.; LEPSCH, I.F.; SATO, M.V.; ROMERO, D.J.; LACERDA, M.P.C. **Multi-temporal satellite images on topsoil attribute quantification and the relationship with soil classes and geology**. *Remote Sensing*, v. 10, n. 10, 2018. DOI: 10.3390/rs10101571.
- GATIS, N.; LUSCOMBE, D. J.; CARLESS, D.; PARRY, L. E.; FYFE, R. M.; HARROD, T. R.; BRAZIER, R. E.; ANDERSON, K. **Mapping upland peat depth using airborne radiometric and lidar survey data**. *Geoderma*, v. 335, n. February 2018, p. 78–87, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.07.041.
- HE, Y.; DESUTTER, T.; NORLAND, J.; CHATTERJEE, A.; CASEY, Frank; CLAY, D. **The measurement, prediction, and development of soil management zones in low-relief sodic soils**. *Precision Agriculture*, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 858–875, 2018. DOI: 10.1007/s11119-018-9561-x.
- HELLIWELL, J. R.; STURROCK, C. J.; GRAYLING, K. M.; TRACY, S. R.; FLAVEL, R. J.; YOUNG, I. M.; WHALLEY, W. R.; MOONEY, S. J. **Applications of X-ray computed tomography for examining biophysical interactions and structural development in soil systems: A review**. *European Journal of Soil Science*, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 279–297, 2013. DOI: 10.1111/ejss.12028.
- HIRMAS, D.R.; GIMENEZ D.; MOME FILHO, E.A.; PATTERSON, M.; DRAGER, K.; PLATT, B.F.; ECK, D.V. **Quantifying soil structure and porosity using three-dimensional laser scanning**. In: HARTEMINK A.E AND MINASNY B. (editors). *Digital Soil Morphometrics, Progress in Soil Science*, v. 1, n. January, p. 425–433, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-28295-4.
- HOŠEK, M.; MATYS GRYGAR, T.; ELZNICOVÁ, J.; FAMĚRA, M.; POPELKA, J.; MATKOVIČ, J.; KISS, T. **Geochemical mapping in polluted floodplains using in situ X-ray fluorescence analysis, geophysical imaging, and statistics: Surprising complexity of floodplain pollution hotspot**. *Catena*, v. 171, n. July, p. 632–644, 2018. DOI: 10.1016/j.catena.2018.07.037.
- HUTCHINSON, M.F.; GALLANT, J.C. **Digital elevation models and representation of terrain shape**. In: WILSON, J.P.; GALLANT, J.C. (Editores). *Terrain analysis: principles and applications*. New York: John Wiley and Sons, 2000. p. 29-50.

JI, W.; ADAMCHUK, V.I.; CHEN, S.C.; MAT SU, A.; ISMAIL, A.; GAN, Q.J.; SHI, Z.; BISWAS, A. **Simultaneous measurement of multiple soil properties through proximal sensor data fusion: A case study.** *Geoderma*, v. 341, n. December 2018, p. 111–128, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2019.01.006.

KNADEL, M.; ARTHUR, E.; WEBER, P.; MOLDRUP, P.; GREVE, M.H.; CHRYSODONTA, Z.P.; DE JONGE, L.W. **Soil Specific Surface Area Determination by Visible Near-Infrared Spectroscopy.** *Soil Science Society of America Journal*, v. 82, n. 5, p. 1046–1056, 2018. DOI: 10.2136/sssaj2018.03.0093.

LAGACHERIE, P. & MCBRATNEY, A.B. **Spatial Soil Information Systemns and Spatial Soil Inference Systems: Perspectives for Digital Soil Mapping.** In: *Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective*. P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz (editores). *Developments in Soil Science*, v. 31, p. 3-22 (600), 2006. ISBN: 978-0-444-52958-9.

MAKÓ, A.; TÓTH, G.; WEYNANTS, M.; RAJKAI, K.; HERMANN, T.; TÓTH, B. **Pedotransfer functions for converting laser diffraction particle-size data to conventional values.** *European Journal of Soil Science*, [S. I.], v. 68, n. 5, p. 769–782, 2017. DOI: 10.1111/ejss.12456.

MANAGE, L.P.M.; GREVE, M.H.; KNADEL, M.; MOLDRUP, P.; DE JONGE, L.W.; KATUWAL, S. **Visible-Near-Infrared Spectroscopy Prediction of Soil Characteristics as Affected by Soil-Water Content.** *Soil Science Society of America Journal*, v. 82, n. 6, p. 1333–1346, 2018. DOI: 10.2136/sssaj2018.01.0052.

MANAGE, L.P.M.; KATUWAL, S.; NORGAARD, T.; KNADEL, M.; MOLDRUP, P.; DE JONGE, L.W.; GREVE, M.H. **Estimating Soil Particle Density using Visible Near-infrared Spectroscopy and a Simple, Two-compartment Pedotransfer Function.** *Soil Science Society of America Journal*, v. 83, n. 1, p. 37–47, 2019. DOI: 10.2136/sssaj2018.06.0217.

MARQUES, K.P.P.; RIZZO, R.; DOTTO, A.c.; SOUZA, A.B.E.; MELLO, F.A.O.; NETO, L.G.M.; ANJOS, L.H.C.do.; DEMATTÊ, J.A.M. **How qualitative spectral information can improve soil profile classification?** *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 27, n. 2, p. 156–174, 2019. DOI: 10.1177/0967033518821965.

MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. **On digital soil mapping.** *Geoderma*, v.117, p. 3-52. DOI: 10.1016/S0016-7061(03)00223-4.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B. **Digital soil mapping: A brief history and some lessons.** *Geoderma*, v. 264, p. 301–311, 2016. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.07.017.

MINASNY, B.; MALONE, B.; STOCKMANN, U.; ODGERS, N.; MCBRATNEY, A. B. **Pedometrics. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**, p. 1–10, 2014. DOI: 10.1016/b978-0-12-409548-9.09163-6.

MOURA-BUENO, J.M.; DALMOLIN, R.S.D.; TEN CATEN, A.; DOTTO, A.C.; DEMATTÊ, J. A. M. **Stratification of a local VIS-NIR-SWIR spectral library by homogeneity criteria yields more accurate soil organic carbon predictions.** *Geoderma*, v. 337, n. October 2018, p. 565–581, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.10.015.

MUZZAMAL, M.; HUANG, J.; NIELSON, R.; SEFTON, M.; TRIANTAFILIS, J. **Mapping soil particle-size fractions using additive log-ratio (ALR) and isometric log-ratio (ILR) transformations and proximally sensed ancillary data.** *Clays and Clay Minerals*, v. 66, n. 1, p. 9–27, 2018. DOI: 10.1346/CCMN.2017.064074.

OLIVEIRA, B.L.; MEDEIROS, L.R.; FARIAS, G.S.de. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: um olhar sobre sua história.** Viçosa, MG. 2015. E-book. 177p. ISBN: 978-85-86504-13-6. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2014/01/ebook.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

PEDOMETRICS.ORG – Disponível em: <http://pedometrics.org/the-history-of-pedometrics/>. Acesso em: 10 set. 2020. RECENA, R.; FERNÁNDEZ-CABANÁS, V.M.; DELGADO, A. **Soil fertility assessment by Vis-NIR spectroscopy: Predicting soil functioning rather than availability indices.** *Geoderma*, v. 337, n. March 2018, p. 368–374, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.09.049.

PINHEIRO, H.S.K.; XAVIER, P.A.M.; ANJOS, L.H.C; CHAGAS, C.S.; CARVALHO JÚNIOR, W. **Pedometric Tools Applied to Zoning Management of Areas in Brazilian Semi-arid Region.** *Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture*, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.88526.

PINHEIRO, H.S.K.; CHAGAS, C.S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DOS ANJOS, L.C.H. **Modelos de elevação para obtenção de atributos topográficos utilizados em mapeamento digital de solos.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 9, p. 1384–1394, 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000900024.

PRIORI, S.; PELLEGRINI, S.; PERRIA, R.; PUCCIONI, S.; STORCHI, P.; VALBOA, G.; COSTANTINI, E.A.C. **Scale effect of terroir under three contrasting vintages in the Chianti Classico area (Tuscany, Italy).** *Geoderma*, v. 334, n. July 2018, p. 99–112, 2019. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.07.048.

RAWLINS, B. G.; TURNER, G.; WRAGG, J.; MCLACHLAN, P.; LARK, R. M. **An improved method for measurement of soil aggregate stability using laser granulometry applied at regional scale.** *European Journal of Soil Science*, v. 66, n. 3, p. 604–614, 2015. DOI: 10.1111/ejss.12250.

REDDY, A.D.; HAWBAKER, T.J.; WURSTER, F.; ZHU, Z.; WARD, S.; NEWCOMB, D.; MURRAY, R. **Quantifying soil carbon loss and uncertainty from a peatland wildfire using multi-temporal LiDAR.** *Remote Sensing of Environment*, [S. l.], v. 170, p. 306–316, 2015. DOI: 10.1016/j.rse.2015.09.017.

REINHARDT, N.; HERRMANN, L. **Gamma-ray spectrometry as versatile tool in soil science: A critical review.** *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 182, n. 1, p. 9–27, 2019. DOI: 10.1002/jpln.201700447.

REYES, J.; WENDROTH, O.; MATOCHA, C.; ZHU, J. **Delineating Site-Specific Management Zones and Evaluating Soil Water Temporal Dynamics in a Farmer's Field in Kentucky.** *Vadose Zone Journal*, v. 18, n. 1, p. 1–19, 2019. DOI: 10.2136/vzj2018.07.0143.

ROSSITER, D.G. **Past, present & future of information technology in pedometrics.** *Geoderma*, v. 324, n. March, p. 131–137, 2018. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.03.009.

SALAZAR, S.E.; GARNER, C.D.; COFFMAN, R.A. **Development of a multimode field deployable lidar instrument for topographic measurements of unsaturated soil properties: Instrument description.** *Remote Sensing*, v. 11, n. 3, p. 1–17, 2019. DOI: 10.3390/rs11030289.

SAPIA, V.; BACCHESCHI, P.; VILLANI, F.; TARONI, M.; MARCHETTI, M. **Multidisciplinary geophysical approach to map a disposal site: The Ponza island case study.** *Journal of Applied Geophysics*, v. 138, p. 264–274, 2017. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2017.02.001.

VASQUES, G.M.; COELHO, M.R.; DART, R.O.; OLIVEIRA, R.P.; TEIXEIRA, W.G. **Mapping soil carbon, particle-size fractions, and water retention in tropical dry forest in Brazil.** *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1371–1385, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900036.

VERMA, R.R.; MANJUNATH, B.L.; SINGH, N.P.; KUMAR, A.; ASOLKAR, T.; CHAVAN, V.; SRIVASTAVA, T.K.; SINGH, P.. **Soil mapping and delineation of management zones in the Western Ghats of coastal India.** *Land Degradation and Development*, v. 29, n. 12, p. 4313–4322, 2018. DOI: 10.1002/ldr.3183.

VISCARRA ROSSEL, R.A.; LOBSEY, C.R.; SHARMAN, C.; FLICK, P.; MCLACHLAN, G. **Novel Proximal Sensing for Monitoring Soil Organic C Stocks and Condition.** *Environmental Science and Technology*, v. 51, n. 10, p. 5630–5641, 2017. DOI: 10.1021/acs.est.7b00889.

WADOUX, A.; BRUS, D.J.; HEUVELINK, G.B. M. **Accounting for non-stationary variance in geostatistical mapping of soil properties.** *Geoderma*, v. 324, n. March, p. 138–147, 2018. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.03.010.

XIA, Y.; UGARTE, C.M.; GUAN, K.; PENTRAK, M.; WANDER, M.M. **Developing Near- and Mid-Infrared Spectroscopy Analysis Methods for Rapid Assessment of Soil Quality in Illinois.** *Soil Science Society of America Journal*, v. 82, n. 6, p. 1415–1427, 2018. DOI: 10.2136/sssaj2018.05.0175.

XU, S.; ZHAO, Y.; WANG, M.; SHI, X. **Quantification of Different Forms of Iron from Intact Soil Cores of Paddy Fields with Vis-NIR Spectroscopy.** *Soil Science Society of America Journal*, v. 82, n. 6, p. 1497–1511, 2018. DOI: 10.2136/sssaj2018.01.0014.

ZHANG, S.; HUANG, Y.; SHEN, C.; YE, H.; DU, Y. **Geoderma Spatial prediction of soil organic matter using terrain indices and categorical variables as auxiliary information.** *Geoderma*, v. 171–172, p. 35–43, 2012. DOI: 10.1016/j.geoderma.2011.07.012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adubação Nitrogenada 10, 1
Adubação Suplementar 135, 136
Adubação verde 8, 10, 13, 61, 62, 113, 150
Agricultura de precisão 11, 45, 54, 55, 61
Agrobiodiversidade 93, 95, 103, 104
Altura 18, 112, 114, 125, 126, 127, 131, 132, 135, 138, 139
Arranjo espacial 118, 149

C

Cana-de-açúcar 13, 26, 135, 136, 137, 138, 140, 142, 143, 144, 145, 146
critérios de seleção 124, 128
Cultivo consorciado 117, 118, 121

D

Densidade Populacional 88

E

Enzimas 1, 2, 3, 5
Erosão Genética 93

F

Feijão-caupi 11, 72, 73, 74, 75, 77
Fertilizante Mineral 1
Fitorremediação 24, 37, 38, 39, 41

G

Ganho genético 13, 123, 125, 126, 128
Genótipos 13, 76, 77, 81, 85, 95, 123, 124, 125, 126, 127, 128
Germinação 25, 27, 106, 107, 110
Glycine max 41, 123, 124

H

Herbicida 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 97

I

Injúria 24

Inseto Praga 78

M

Manejo de pragas 78

Matéria Orgânica 2, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 30, 34, 61, 62, 64, 66, 116, 150

Matéria Seca 66, 112, 114

MDS 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

Melhoramento genético 9, 72, 77, 124, 128

Microrganismos 1, 15, 16, 17, 19, 37, 144

Milho 10, 11, 12, 13, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 26, 28, 31, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 70, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 147, 150

Milho Crioulo 12, 93, 96, 98

Moscas Brancas 11, 78, 84

N

Nabo forrageiro 10, 12, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 111, 112, 113, 114, 115, 116

P

Palma forrageira 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6

Pedometria 11, 43, 44, 45, 48, 49

Phaseolus vulgaris L. 78, 85, 88

Plantas Daninhas 10, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 41, 42, 62, 82, 117, 119

Plantio Simultâneo 88

Plântulas 66, 105, 106, 107, 108, 114

Potencial de carryover 10, 23, 31, 32, 33, 39

Produtividade 13, 2, 10, 20, 28, 35, 65, 66, 67, 70, 71, 88, 92, 95, 106, 111, 113, 114, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 144, 145, 152

Produtividade de grãos 35, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127

Progênies 11, 72, 74, 75, 76

Pronasolos 43, 44

R

Rendimento 12, 5, 62, 65, 69, 73, 89, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 128

Resistência de plantas 41, 42, 78, 85

S

Saccharum spp. 135, 136

SAF 147, 148, 149

Sementes Crioulas 93, 94, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103

Sensores Remotos 47, 49, 55, 61, 62

Silvicultura 147, 148

Sistema Agroflorestal 14, 147, 149

Soja 13, 26, 27, 28, 31, 34, 41, 80, 81, 119, 121, 123, 124, 125, 127, 128, 145, 152

Sustentabilidade 2, 9, 15, 20, 147, 148

T

Taxa de cobertura do solo 9, 11

Taxa Germinativa 106

Temperatura 12, 3, 17, 18, 19, 20, 30, 34, 35, 61, 63, 67, 68, 69, 74, 81, 89, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 114, 138

Teor de Clorofila 112, 114

Transgenia 12, 93, 96, 98, 102, 103

U

Urochloa ruziziensis 13, 117, 118, 119, 121

V

Variabilidade genética 72





Vigna unguiculata 72, 73, 80

Z

Zea mays 9, 40, 41, 88, 93, 94, 96, 113, 118, 128





Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias

2

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Resultados Econômicos e de Sustentabilidade nos Sistemas nas Ciências Agrárias

2

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br