

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3



Tamara Rocha dos Santos  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3



Tamara Rocha dos Santos  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

### **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

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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 com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da 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  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaió – 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 Internazionale 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  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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 Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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 Alfenas

### **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 Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
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 Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
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 Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
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 Federacl 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  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
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  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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. Adailson 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  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
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. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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



## Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação 3

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Tamara Rocha dos Santos

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação 3 / Organizadora Tamara Rocha dos Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-041-1

DOI 10.22533/at.ed.411210305

1. Agronomia. I. Santos, Tamara Rocha dos (Organizadora). II. 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A “Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação” é uma obra que apresenta dentro de seu contexto amplas visões que reflete em ambientes agrícolas e seus campos de atuação trazendo inovações tecnológicas e sustentáveis que proporciona em melhorias sociais, ambientais e econômicas para toda comunidade agrária.

A coleção é baseada na discussão científica através de diversos trabalhos que constitui seus capítulos. Os volumes abordam de modo agrupado e multidisciplinar pesquisas, trabalhos, revisões e relatos de que trilham nos vários caminhos da Engenharia Agrônômica.

O objetivo principal foi apresentar de modo agrupado e conciso a diversidade e amplitude de estudos desenvolvidos em inúmeras instituições de ensino e pesquisa do país. Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

A obra apresenta-se como atual, com pesquisas modernas e de grande relevância para o país. Apresenta distintos temas interessantes, discutidos aqui com a proposta de basear o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos que de algum modo se dedicam pela Engenharia Agrônômica. Abrange todas regiões do país, valorizando seus diferentes climas e hábitos.

Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

Assim a obra Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação expõe um conceito bem fundamentado nos resultados práticos atingidos pelos diversos educadores e acadêmicos que desenvolveram arduamente seus trabalhos aqui apresentados de modo claro e didático. Sabe-se da importância da divulgação científica, portanto ressalta-se também a organização da Atena Editora habilitada a oferecer uma plataforma segura e transparente para os pesquisadores exibirem e disseminarem seus resultados.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA: UM ESTUDO NA BACIA DO SALGADO – CE, BRASIL

José Antônio Frizzone

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima

Claudivan Feitosa de Lacerda

**DOI 10.22533/at.ed.4112103051**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE CHUVAS PARA CONSERVAÇÃO DE SOLOS E ÁGUA NA CIDADE DE GOIÁS (GO)

Larissa Santos Castro

Roriz Luciano Machado

Joaquim José Frazão

Cássia Cristina Rezende

Aline Franciel de Andrade

Elizabete Alves Ferreira

Henrique Fonseca Elias de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.4112103052**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

RECOMENDAÇÃO DE LÂMINAS DE FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA BOVINOCULTURA APÓS TRATAMENTO EM REATOR UASB

Júlia Camargo da Silva Mendonça Gomes

Camila da Motta de Carvalho

Everaldo Zonta

Henrique Vieira de Mendonça

**DOI 10.22533/at.ed.4112103053**

### **CAPÍTULO 4..... 39**

IMPLICATIONS OF AGRICULTURAL GYPSUM DOSES IN PHYSICAL-HYDRIC ATTRIBUTES OF A TYPIC HAPLORTOX AND ON ROOT GROWTH AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

Francisco de Assis Guedes Junior

Deonir Secco

Luciene Kazue Tokura

**DOI 10.22533/at.ed.4112103054**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

ÁCIDOS FÚLVICOS, HÚMICOS E HUMINA EM LATOSSOLO SOB USO EM SISTEMA AGROFLORESTAL, POUSIO E PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Allana Pereira Moura da Silva

Julian Junio de Jesus Lacerda

Caio de Meneses Cabral

**DOI 10.22533/at.ed.4112103055**

**CAPÍTULO 6.....59**

**CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA NA MEDIDA DO FLUXO DE SEIVA EM PINHÃO-MANSO**

Ana Daniela Lopes  
Vinicius Melo Rocha  
Daniel Haraguchi Santos  
Rafael Corradini  
José Júnior Severino  
João Paulo Francisco  
Leonardo Duarte Batista da Silva  
Marcos Vinicius Folegatti

**DOI 10.22533/at.ed.4112103056**

**CAPÍTULO 7.....70**

**CLASSIFICAÇÃO EM PENEIRA DE GRÃOS DO CAFEIEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E SEQUEIRO**

Matheus Gaspar Schwan  
Pedro Henrique Steill de Oliveira  
Jussara Oliveira Gervasio  
Joab Luhan Ferreira Pedrosa  
Ralph Bonandi Barreiros  
Lucas Rosa Pereira  
Edvaldo Fialho dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.4112103057**

**CAPÍTULO 8.....80**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EM PYTHON PARA ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE THORNTHWAITE**

Victor Rodrigues Nascimento  
André Luiz de Carvalho  
Arthur Costa Falcão Tavares  
Guilherme Bastos Lyra  
Iêdo Peroba de Oliveira Teodoro  
João Pedro dos Santos Verçosa

**DOI 10.22533/at.ed.4112103058**

**CAPÍTULO 9.....88**

**CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E DESEMPENHO DE LISIMETROS DE PESAGEM PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA**

Ana Daniela Lopes  
Vinicius Melo Rocha  
Daniel Haraguchi Santos  
Rafael Corradini  
José Júnior Severino  
João Paulo Francisco  
Leonardo Duarte Batista da Silva  
Marcos Vinicius Folegatti

DOI 10.22533/at.ed.4112103059

<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>100</b>
BALANCE DE MATERIA ORGANICA Y CAPACIDAD DE MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO DE DISTINTOS SUELOS CON FERTILIZACIÓN CONTINUA	
Liliana Vega Jara	
DOI 10.22533/at.ed.41121030510	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>112</b>
AGREGAÇÃO SOB DIFERENTES PEDOFORMAS EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO SUDESTE DO BRASIL	
Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto	
Vanessa Aparecida Freo	
Marcos Gervasio Pereira	
Alexandre Santos Medeiros	
Cristiane Figueira da Silva	
Otávio Augusto Queiroz dos Santos	
Renato Siquini de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.41121030512	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>127</b>
USO DE TENSÍÔMETROS NA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SUBSTRATOS PARA PLANTAS ORNAMENTAIS	
Fátima Cibele Soares	
Giordana Trindade de Abreu	
Jumar Luís Russi	
DOI 10.22533/at.ed.41121030513	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>140</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>141</b>

# CAPÍTULO 4

## IMPLICATIONS OF AGRICULTURAL GYPSUM DOSES IN PHYSICAL-HYDRIC ATTRIBUTES OF A TYPIC HAPLORTOX AND ON ROOT GROWTH AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

Data de aceite: 28/04/2021

**Francisco de Assis Guedes Junior**

**Deonir Secco**

<http://lattes.cnpq.br/4034568149393353>

**Luciene Kazue Tokura**

<http://lattes.cnpq.br/0702867301935988>

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the effects of gypsum doses on physical-hydric attributes, root growth and soybean productivity. The experiment was conducted at the Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) in Santa Tereza do Oeste-PR. The soil was classified as Typic Haplortox. Five doses of agricultural gypsum were evaluated: 0; 3; 6; 9 and 12 t ha<sup>-1</sup>, in outline randomized block design with six repetitions. Soil density, total porosity, macroporosity, microporosity and saturated hydraulic conductivity were evaluated at layers of 0.0 - 0.1; 0.1 - 0.2 and 0.2 - 0.3 m. Soybean productivity and root growth were also evaluated. Data were submitted to regression analysis. The physical attributes soil density, macroporosity and saturated hydraulic conductivity did not differ significantly with the application of the gypsum doses in the 0.0-0.1 and 0.2-0.3 m layers. However, in the 0.1-0.2 m layer, due to pressures imposed by the machines and agricultural implements deforming the soil, there were significant differences in the physical attributes of the density, macroporosity and saturated hydraulic conductivity. There was no significant

difference in grain productivity and root growth of soybean.

**KEYWORDS:** Aluminum. *Glycine max.* Soil structure.

### IMPLICAÇÕES DE DOSES DE GESSO AGRÍCOLA EM ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DE UM LATOSSOLO ARGILOSO E NO CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUTIVIDADE DA SOJA

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de doses de gesso nos atributos físico-hídricos do solo, crescimento radicular e produtividade da soja. O experimento foi realizado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) município de Santa Tereza do Oeste-PR. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico. Foram avaliadas cinco doses de gesso agrícola: 0; 3; 6; 9 e 12 t ha<sup>-1</sup>, em delineamento de blocos ao acaso com seis repetições. Avaliou-se a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e condutividade hidráulica saturada nas profundidades de 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,3 m. Também foram avaliados a produtividade e crescimento radicular da soja. Os dados foram submetidos à análise de regressão. Os atributos físicos densidade do solo, macroporosidade e condutividade hidráulica saturada não diferiram de forma significativa com a aplicação das doses de gesso nas camadas 0,0 - 0,1 e 0,2 - 0,3 m. No entanto, na camada de 0,1 - 0,2 m, devido à pressão imposta pelas máquinas e implementos agrícolas deformando

o solo, houve diferenças significativas nos atributos físicos da densidade, macroporosidade e condutividade do solo saturado. Não ocorreu diferença significativa para a produtividade e crescimento radicular da soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alumínio. *Glycine max*. Estrutura do solo.

## INTRODUCTION

Agricultural gypsum is composed basically of calcium and sulfur and acts as a soil conditioner. High solubility, when applied to the soil, reduces aluminum saturation in depth, and translocate nutrients from the superficial layers to the subsurface, mainly calcium, thus allowing greater efficiency and area explored by the roots (LEITE et al., 2007; ZAMBROSI et al., 2007b; BROCH et al., 2008; RAIJ, 2008; SORATTO, CRUSCIOL, 2008b; NEIS et al., 2010; BROCH et al. (2011); ZANDONÁ et al., 2015). Gypsum could be applied to acid soils to complement limestone to favor the root system growth and development in depth, because of its soil conditioning effects (MEURER et al., 2004).

According to Soratto, Crusciol (2008a), it is large the amount of information on the agricultural gypsum effect to improve the radicle environment of plants, due to the calcium movement to subsurface layers of the soil or decrease in the toxic effects of high aluminum contents. Still for Soratto, Crusciol (2008b), subsurface layers with low calcium levels and/or high exchangeable aluminum contents may cause decrease of harvests, especially in regions prone to low rainfall (dry spell), as they lead to less root system deepening, resulting in less soil volume explored by the roots, and in turn, less nutrients and water available to the plant.

Within this optics to Raji (2008), the activity of free  $Al^{3+}$  in the solution is a more consistent indicator of aluminum toxicity in soil solutions. Thus, the Ca displacement in the soil profile is much greater when gypsum is the source ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ).  $SO_4^{2-}$  anion that is part of the agricultural gypsum formula is important in reducing  $Al^{3+}$  activity, which helps root development (Zambrosi et al., 2007a; Nora et al., 2014). However, the incorrect use of plaster can cause chemical imbalance to the soil, causing long-term damage (PAULETTI et al., 2014). According to Costa et al. (2007), the reduction of soil density (Sd) can be attributed to the fact that the gypsum aggregation action is due to the supply of cations that possibly neutralize part of the negative charges occurring in the medium.

For Sanchez et al. (2014), the maintaining soil with good fertility, physical, chemical, biological and water properties can provide good crop productivity.

In western Paraná, soybean stands out in the economy, with much of the region's income coming from the culture (CONAB, 2017). The technology of the use of agricultural gypsum has been an important handling strategy to aid in grain production, mainly as soil conditioner for the soybean crop.

Therefore, this study aimed to evaluate the effect of agricultural gypsum doses on



soil physical attributes, root growth and soybean productivity in a no-till system in west Paraná.

## MATERIAL AND METHODS

The experimental area is in the municipality of Santa Tereza do Oeste-PR, located on the third Paraná plateau at latitude 25°08' (South) and longitude 53°58' (West), with an average elevation of 750 m. The experiment occurred in a Typic Haplortox, clayey texture, basalt substrate, smooth-wavy relief (EMBRAPA, 2013), cultivated under no-tillage system (NTS) for more than eighteen years. The soil is clayey textural class, with 29% sand, 11% silt and 60% clay. Table 1 shows the soil chemical determinations, collected in 2013, prior to the experiment, that is, before the application of the agricultural gypsum. Fifteen subsamples were collected in the experiment area.

According to Köppen's classification, the climatic characteristic of the region is mesothermal humid subtropical, Cfa, with average in the hottest month above 22°C and in the coldest month below 18°C, with no defined dry season, hot summer and frost less frequently. Rainfall is abundant and well distributed throughout the year; the annual averages are between 1,800 and 2,000 mm (IAPAR, 2000). During the whole cycle, the rainfall volume was around 1,118 mm and the average temperature was 22.61°C. Figure 1 shows the rainfall data, temperature and evapotranspiration evaluated every 15 days during soybean cycle.

Initially, the area was cultivated with no-tillage system with winter and spring coverage; later, gypsum was applied to the soil surface (December 2013), to the following late growing season of corn (February 2014), beans in sequence (October 2014), late growing season of maize (February 2015), and finally soybean (October 2015) when the experiment started.

The in outline was randomized block design with six repetitions. The plots (5 x 6 m) received the treatments that consisted of five doses of agricultural gypsum (0, 3, 6, 9, 12 t ha<sup>-1</sup>) in a randomized block design with six replicates. Agricultural gypsum dose was 3 t ha<sup>-1</sup> (60% clay, 50 kg = 3.0 t ha<sup>-1</sup>). From the 3.0 t ha<sup>-1</sup> value, the other gypsum doses were defined: zero, once, twice, three and four times the recommended dose, applied manually depending on the soil clay content Embrapa's recommendation EMBRAPA (2005).

The cultivar BMX Apollo was utilized for the experiment and treated with insecticide TS Cruieser 350 FS 200 mL 100 kg seeds<sup>-1</sup>, and fungicides Vitavax-Thiram 300 mL 100 kg of seeds<sup>-1</sup>. Soybean sowing occurred on October 5, 2015, with 0.45 m spaced, 16 seeds per meter. The control of weeds, pests and diseases occurred according to the crop need. During August 2015, the area remained in fallow to collect the soil physical samples. To analyze soil density, soil microporosity, soil macroporosity, total porosity and saturated hydraulic conductivity, trenches were opened in each experimental unit and samples were taken from undisturbed samples on stainless-steel volumetric rings with a 98 cm<sup>3</sup> volume

(5 cm diameter and 5 cm height), in three soil layers (0.0 - 0.1; 0.1 - 0.2 and 0.2 - 0.3 m), with the aid of pedological hammer and soil extractor and there was no interaction between the factors.

Soil volume in the samples was adjusted properly and saturated in water for 24 hours in a tray with a water level at 2/3 of their height. Saturated samples were weighed and placed in a 0.6 m.c.a sand column and remained there for two days, draining the water in the macropores. After that we determined the saturated hydraulic conductivity ( $K_{gs}$ ) in a constant-load permeameter. The samples were again saturated for 24 hours. Afterwards, this sample was allocated to the constant-load permeameter so that it could read the collected volume as a function of time, after which the soil hydraulic conductivity was calculated, according to the methodology recommended by EMBRAPA (2011).

After the  $K_{gs}$  determination, the samples were placed in an oven at 105°C for 48 hours to determine the dry soil mass. To calculate the soil density, the dry samples mass was divided by the volume of volumetric ring at 105°C, according to the equation:  $Sd = Mss / Tv$ , in which  $Sd$  is soil density and  $Mss$ , mass of the sample of dry soil at 105°C, and  $Tv$  is total volume of the ring, EMBRAPA (2011).

Calculating total soil porosity occurred with the relationship between soil density and particle density, as equation:  $Tp = (1 - Sd) / Pd * 100$  in which  $Tp$  is total porosity, measured in ( $m^3 m^{-3}$ ) and  $Sd$  is soil density, measured in ( $Mg m^{-3}$ ) and  $Pd$  is particle density measured in ( $Mg m^{-3}$ ), EMBRAPA (2011).

Microporosity was determined using water content retained in the samples in equilibrium with the tension of 0.6 m.c.a; this tension is enough to remove the water in the macropores, and the remaining water represents the volume of micropores obtained by equation:  $Micro = (Msu - Mss) / Mss * 100$ ,  $Micro$  = Soil microporosity ( $m^3 m^{-3}$ );  $Msu$  or  $Pa$  0.6 m.c.a = soil mass after 0.6 m.c.a tension ( $Mg$ );  $Mss$  = mass of dry soil ( $Mg$ ).

Thus, with total porosity and microporosity, calculating the macroporosity was possible (Camargo et al., 2009) according to equation:  $Macro = Pt - Micro$  [ $Macro$  = soil macroporosity ( $m^3 m^{-3}$ );  $Tp$  = total porosity ( $m^3 m^{-3}$ );  $Micro$  = soil microporosity ( $m^3 m^{-3}$ )], EMBRAPA (2011).

To analyze soybean root growth, a 0,50 x 0,50 m, wooden grid was made with several nylon lines forming small 5 cm square strips on each side, which was used to estimate the root size and area. For the analysis, 1.0 x 0.6 m depth trenches were opened for each treatment, where soybean roots were exposed in parallel rows by trench. Thus, the roots were exposed for evaluation, and, with the squared grid placed in front of the root, the measurements of the soybean roots were carried out, profile method (Böhm, 1979).

The soybean harvest occurred on February 10, 2016 using a combine harvester (*Winter steiger Classic*®) with three 0.45 m rows. Productivity was determined by the useful area, 30 m<sup>2</sup>, transformed in kg ha<sup>-1</sup> and corrected to 13% moisture.

Data were submitted to analysis of variance and the effect of the agricultural gypsum

doses evaluated by regression analysis. The model based on the coefficient significance of the adjusted regression equation as well as on the coefficient of determination ( $R^2$ ) associated with each model, using the Assistat software version 7.7 beta (SILVA, 2016).

## RESULTS AND DISCUSSION

The significant results with the application of the gypsum doses on the physical properties of the soil occurred only in the layers of 0.1 to 0.2 m for all attributes worked. These results are usually expected in this layer, due to the pressures of the machines, agricultural implements and the influence of the chemical reactions of the soil in the presence of the gypsum.

The area with the system of direct manipulation with the gypsum has contributed to the results of the processes of comparison with the root systems of the soybean crop, with the use of gypsum improved physical soil properties. When applying  $3 \text{ t ha}^{-1}$  gypsum, the best result of productivity corresponds to the recommendation of Embrapa (2015), which had a better effect. Thus, as a result, we can see Figures 2, 3 and 4 attributes.

Soil density is the property representing the soil compaction state of the soil where, generally, in areas handled with NTS and agricultural gypsum, the highest values occur in the 0.1 - 0.2 m layer. In addition, the pressure imposed by agricultural machines and implements on the surface soils may negatively impact the root growth of soybeans.

Soil density in the 0.0 - 0.1 m and 0.2 - 0.3 m layers did not differ significantly, whereas for the 0.1 to 0.2 m layer a significant difference occurred (Figure 2A, B e C). Soil density had an average value of  $1.02 \text{ Mg m}^{-3}$ . Treatments on the 0.0 - 0.1 m and 0.2 - 0.3 m layers showed results close to the general average. For the 0.0 - 0.1 m layer, due to higher organic matter, root and biopor content, and because of greater soil rotation by seeder furrows, compacted layer is not formed. For the 0.1 m - 0.2 m layer, there was a significant increase in relation to the other layers, because agricultural gypsum improved the roots of the previous crops (Figure 2B). Pressures exerted by the machines and agricultural implements that promote deformation, compaction and root debris from previous crops promote increased soil density by occupying and pressing the soil porous spaces. The 0.2 - 0.3 m layer has not changed, because the tire pressure of the agricultural machinery would not reach this layer.

According to Reichert et al. (2003) the restrictive value of density for Haplortox with clay contents greater than 70% is close to  $1.40 \text{ Mg m}^{-3}$ . For Reichert et al. (2003) soil density values clayey soils of  $1.35 \text{ Mg m}^{-3}$  and for sandy soils of  $1.55 \text{ Mg m}^{-3}$  indicate compaction, which may hinder the root system development.

In the present study soil density values were below those reported as limiting or potentially causing root growth difficulties. These values are similar to those reported by Araújo et al. (2007) found value 0.84 in between 1, 3  $\text{Mg m}^{-3}$ .

For soil macroporosity in the 0.0 - 0.1 m and 0.2 - 0.3 m layers there was no significant difference (Figure 3A and 3C) depending on the gypsum doses. For the 0.1 to 0.2 m layer, significant difference occurred (Figure 3B).

In this study, the average macroporosity values were 16.46% for the 0.0 - 0.1 m layer and 15.19% for the 0.2 - 0.3 m layer. These values were higher than those considered critical to the crop development according to Jong Van Lier (2010). In the 0.1 - 0.2 m layer, the value was 17.79 %, which is above the critical value. Therefore, root growth of the previous cultures improved, which were benefited with the agricultural gypsum allowing an increase of macropores in this layer. Critical are 10% Reichert et al (2009).

According to Jong Van Lier (2010), the critical value for the agricultural cultivation development is around 10% for soil macroporosity. Thus, all treatments present adequate amount of macropores (Figures 2, 3, 4).

The saturated hydraulic conductivity in the 0.0 - 0.1 m and 0.2 - 0.3 m layers did not differ significantly. For the 0.1 to 0.2 m layer, the difference was significant (Figure 4B). As soil macroporosity was favored with the organic matter of the previous crops roots in this layer, the saturated hydraulic conductivity also had a significant effect. This higher  $K_{gs}$  value associates with the higher volume of macropores in this layer (Figure 4C).

There is a possible tendency for saturated hydraulic conductivity ( $K_{gs}$ ) to increase in depth (Figure 4B). The results did not show significant differences between the 0.0 - 0.1 m and 0.2 - 0.3 m layers, whereas for the 0.1 - 0.2 m layer a significant difference occurred.

Regarding the root growth, a root evaluation was performed at stage R8 (full maturation) for gypsum dose responses, in which there was no positive response to vertical and lateral root growth in the application of agricultural gypsum doses in the soybean crop (Figure 5).

Caires et al. (2008) explains that the absence of soybean response to gypsum application may occur because of the growth of its soybean root system, in the absence of water deficit (Figure 2), not being influenced by the reduction of AI saturation in the soil subsurface. However, according to Raji (2008), applying agricultural gypsum allows better adequate conditions to the subsoil, and thus it can reduce the soil compaction, which is usually favorable to the roots.

In the periods between 2015 and 2016, climatic conditions allied to management practices in the no-tillage system with surface layer rich with organic matter and a year with a good rain distribution during the entire vegetative cycle, without mechanical restriction, good soil structure in satisfactory physical conditions, for having a larger number of porous space allowed the root system to explore the studied soil layers. Good crop development is possible with no effect on the application of the agricultural gypsum.

No significant differences between treatments for grain productivity were observed (Figure 6).

There were probably no significant differences between the gypsum doses for the

grain productivity of soybean because of climatic conditions favorable to crop development, such as good fertility and structural conditions of the soil, good rainfall distribution, and presence of organic matter under the no-tillage system.

Other authors also found no effect on grain productivity compared to gypsum doses, as in the works of Neis et al. (2010); Souza et al. (2010); Caires et al. (2011a); Caires et al. (2011b). There were probably no significant differences between the gypsum doses for the grain yield of soybean because of climatic conditions favorable to crop development, such as good fertility and structural conditions of the soil, good rainfall distribution (Figure 2), and presence of organic matter under the no-tillage system, as demonstrated by Rampim et al. (2011).

In an application experiment of gypsum in the soybean crop, conducted in a dystrophic Red Latosol, Cardoso et al. (2014) observed the absence of soybean response to gypsum application, pointing to the non-occurrence of water deficit as a limiting factor to the gypsum action for this culture.

Likewise, Caires et al. (2011a) did not obtain increase of grain productivity in the soybean crop when applying 9 t ha<sup>-1</sup> gypsum in a dystrophic Red Latosol with clay texture, both in no-tillage system and in conventional tillage.

## CONCLUSIONS

Were often evaluated to respond to the application of gypsum in this layer only the 0.1 - 0.2 m layer presented a statistical difference for all the soil physical attributes.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To Capes for granting scholarship to the first author.

## REFERENCES

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; PINTO, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188p.

BROCH, D. L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E. M. D.; POSSENTI, J. C. Influência no rendimento de plantas de soja pela aplicação de fósforo, calcário e gesso em um latossolo sob plantio direto. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 10, n. 2, p. 211-220, 2008.

BROCH, D.L.; PAVINATO, P.S.; POSSENTI, J.C.; MARTIN, T.N.; QUIQUI, E.M.D. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.3, p.791-796, 2011.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORRÊA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. *European Journal of Agronomy*, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. *Soil Use and Management*, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2011a.

CAIRES, E. F.; MASCHIETTO, E. H. G.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; JORIS, H. A. W. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. *Scientia Agricola*, v. 68, n. 2, p. 209-216, 2011b.

CAMARGO, O. A.; MUNIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. *Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada). Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/Boletim106.pdf>> Acesso em: 8 set. 2017.

CARDOSO, J. A. E.; PERES, G. C. M.; LAMBERT, R. A. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Revista Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p. 1980-1987, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: v 10 Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/2898-compendio-de-estudos-da-conab-v-10-pordutividade-da-soja>> Acesso em: 23 abril 2018.

COSTA, M. J. ROSA JUNIOR, E. J.; ROSA, Y. B. C. J.; SOUZA, L. C. F.; ROSA, C. B. J. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 29, n. 5, p. 701-708, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230 p.

\_\_\_\_\_. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Cartas Climáticas do Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 2011. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-677.html>> Acesso em: 8 set. 2017.

JONG VAN LIER, Q. *Física do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. *Irriga*, v. 12, n. 2, p. 168-176, 2007.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômeno de sorção em solos. In: MEURER, J. E. (Ed.). Fundamentos de química do solo. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 131-179

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

- NORA, D. D. AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTTO, R. P.; FERREIRA, A. O.; KELLER, C.; KUNZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. *Magistra*, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2014.
- PAULETTI, V.; PIERRI, L de.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014.
- RAIJ, B. V. *Gesso na agricultura*. Campinas, Brasil: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 2008. 233 p.
- RAMPIM, L. Atributos químicos de um latossolo vermelho eutroférico submetido à gessagem e cultivado com trigo e soja em semeadura direta. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, 2011.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência Ambiental*, v. 27, p. 29-48, 2003.
- SANCHEZ, E.; GENÚ, A. M.; MAGGI, M. F.; MULLER, M. L. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. *Revista Magistra*, v. 26, n. 3, p. 262-271, 2014.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32 n. 2, p. 675-688, 2008a.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 38, p. 928-935, 2008b.
- SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônomo da cultura da soja em um Latossolo vermelho distroférico submetido a dois sistemas de manejos. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.
- ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007a.
- ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Nutrient concentration in soil water extracts and soybean nutrition in response to lime and gypsum applications to an acid Oxisol under no-till system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 79, n. 2, p. 169-179, 2007b.
- ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.

Layers	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	V	m
cm	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- % -----	
0-10	0.68	4.20	1.03	0.25	36.09	11.21
10-20	1.20	3.09	0.92	0.22	28.31	23.36
20-40	1.33	2.14	0.91	0.19	23.28	30.62
40-60	1.03	1.97	0.99	0.18	25.48	25.53
60-80	0.36	1.82	1.30	0.19	33.83	9.37

Table 1. Content of Al, Ca, Mg, K, base saturation (V) and aluminum (m) at different soil layers

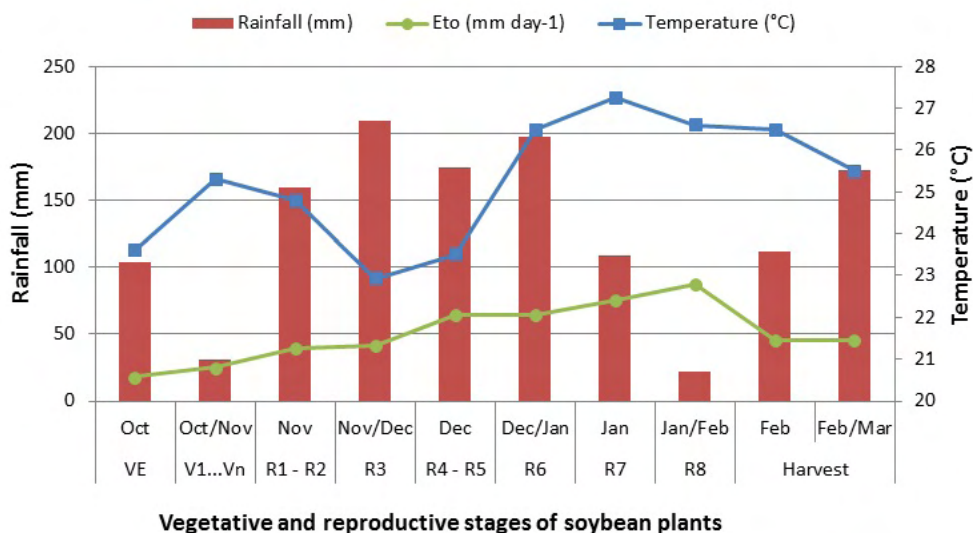


Figure 1. Rainfall, temperature and evapotranspiration (ETc) of the crop in the soybean vegetative cycle from October 2015 to February 2016 in the western region - PR.



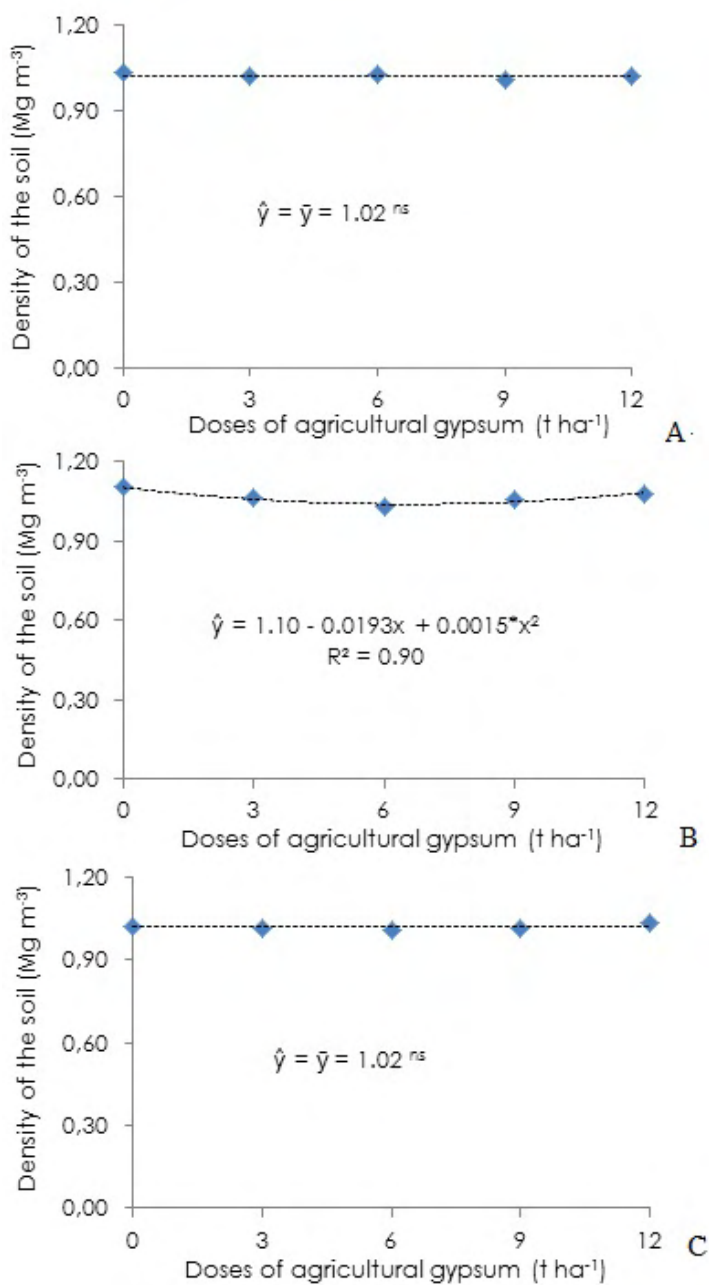


Figure 2. Density of the soil in the layers 0.0 - 0.1 (A), 0.1 - 0.2 (B) and 0.2 - 0.3 m (C) as a function of agricultural gypsum doses.

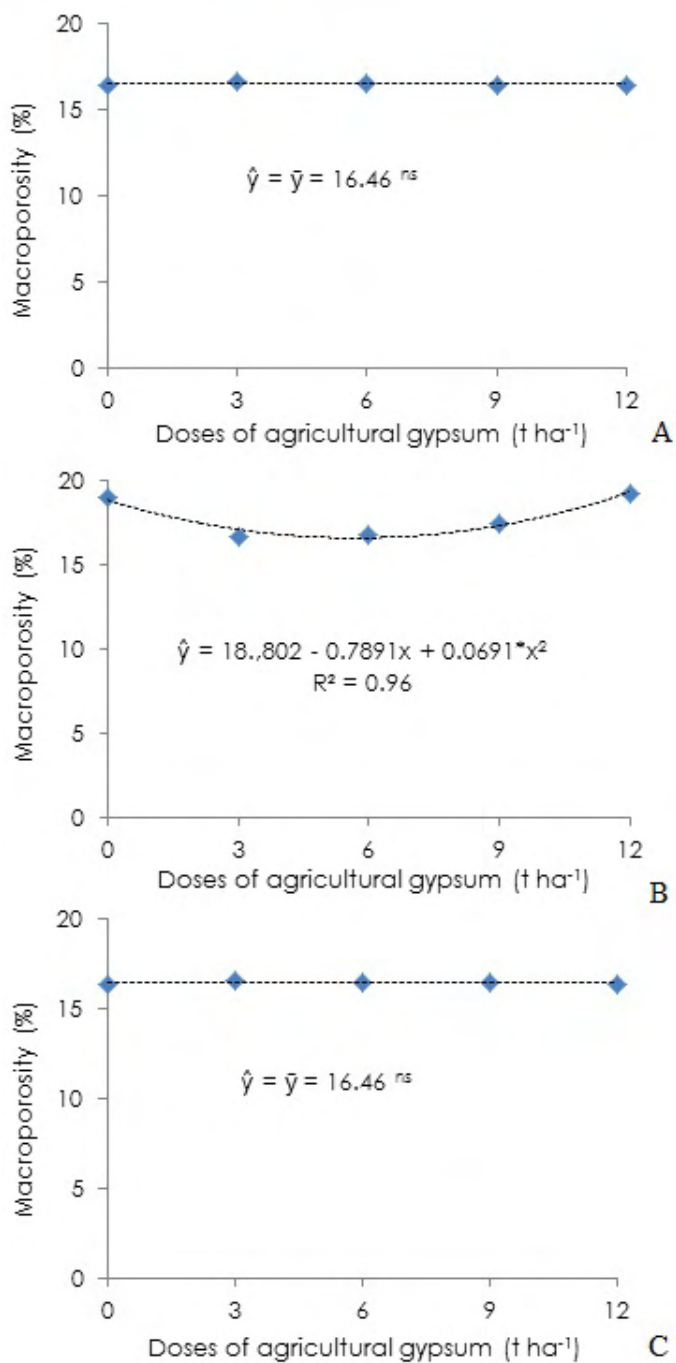


Figure 3. Macroporosity of the soil in the layers 0.0 - 0.1 (A), 0.1 - 0.2 (B) and 0.2 - 0.3 m (C) as a function of agricultural gypsum doses.

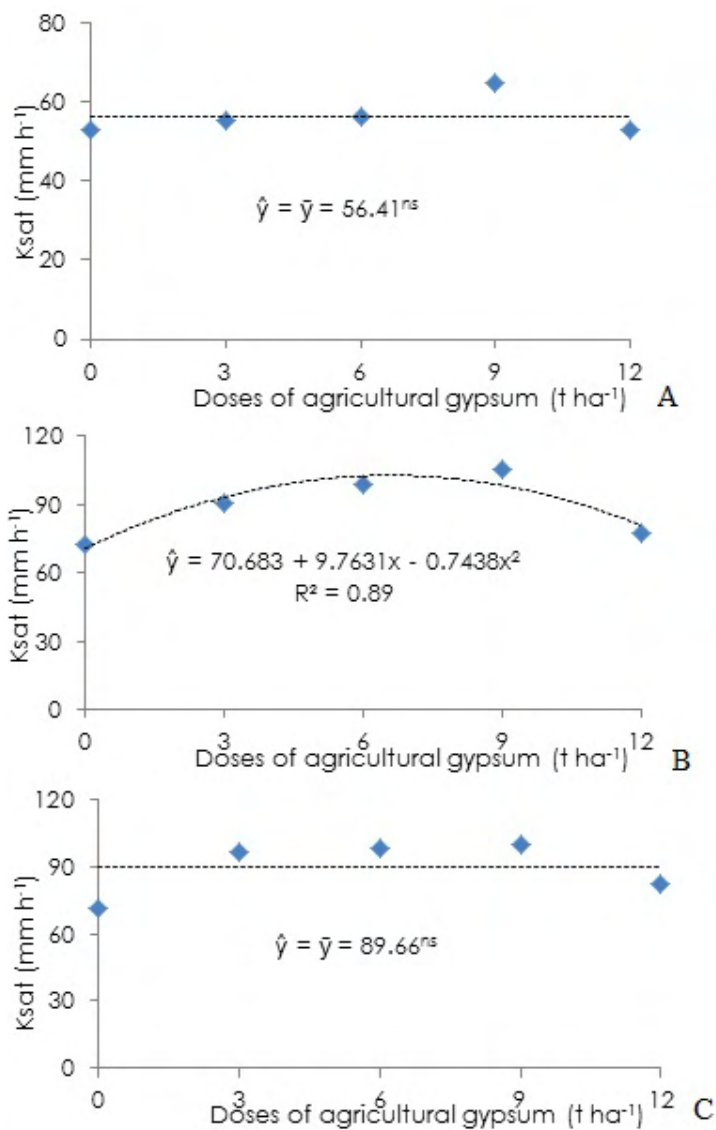


Figure 4. Soil hydraulic conductivity (K<sub>sat</sub>) in the layers 0.0 - 0.1 (A), 0.1 - 0.2 (B) and 0.2 - 0.3 m (C) as a function of agricultural gypsum doses.

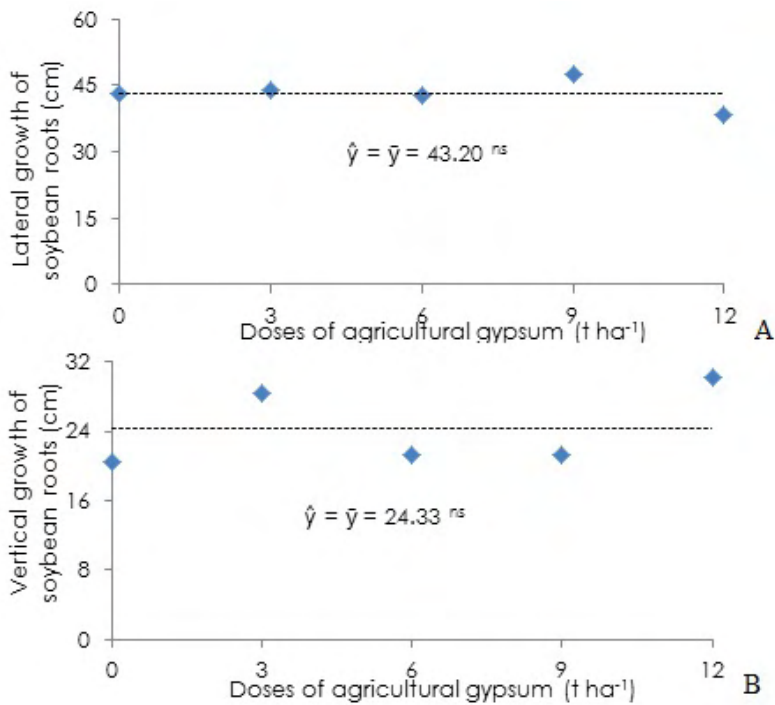


Figure 5. Lateral and vertical growth of soybean roots as a function of agricultural gypsum doses.

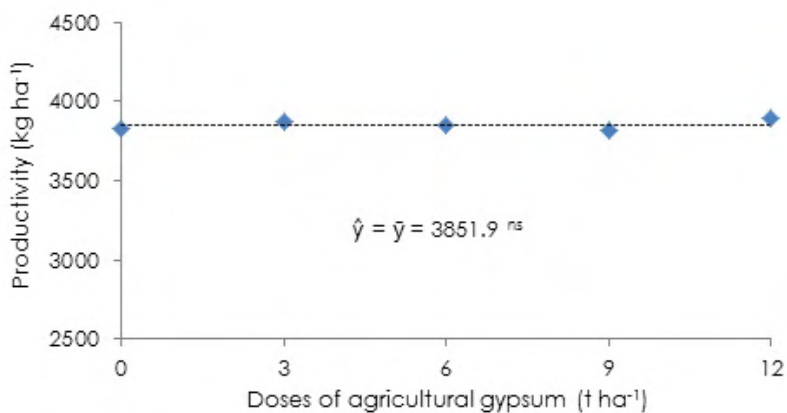


Figure 6. Grain productivity in relation to agricultural gypsum dosages applied in the soybean crop.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultura irrigada 1, 2, 5, 6, 12, 14, 59, 79, 88, 98

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 28, 32, 34, 35, 37, 38, 59, 60, 63, 64, 67, 69, 70, 71, 72, 77, 78, 81, 82, 88, 91, 92, 93, 94, 115, 116, 117, 122, 124, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Água no solo 4, 28, 67, 81, 88, 91, 94, 134, 137, 138, 139, 145

Alumínio 40, 63, 115, 130

Atributos físico-hídricos 39

### C

Capacidade de mineralización de suelos 100

Chuva de projeto 15, 17, 28, 29

Coefficiente de uso consuntivo da irrigação 1, 3, 6

Compartmentalização do carbono orgânico 119, 131

Compostos nitrogenados 34

Condutividade hidráulica 39, 145

### D

Déficit hídrico 6, 7, 47, 70, 71, 79

Dissipação térmica 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68

### E

Economia circular 34

Enchentes 15, 18, 22, 30

Erosão hídrica 15, 16, 17, 25, 32, 33

Estrutura do solo 40

Evapotranspiração 3, 8, 10, 59, 65, 73, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 96, 97, 98, 99

Evapotranspiração potencial 8, 80, 81, 83, 86, 87, 98

### F

Fator R 15, 16, 17, 18, 22, 29

Fertilización de cultivos 100

Fertirrigação 34, 35, 36, 79

### L

Latossolo amarelo 53, 55, 112

Latossolo vermelho distroférico típico 39

## **M**

Manejo da irrigação 11, 12, 71, 72, 75, 80, 81, 87, 89, 90, 145

Manejos irrigados 70

Modelagem 81

## **N**

Necessidade hídrica 81

## **P**

Potencial hídrico 59

Produtividade econômica da água 1, 4, 5, 6, 7, 10, 11

Produtividade física da água 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11

Profundidade 36, 53, 56, 57, 90, 112, 115, 116, 122, 137

Python 80, 81, 82

## **Q**

Qualidade do solo 53, 55, 112, 113, 118, 119, 121, 129, 131

Qualidade física 70

## **R**

Recursos hídricos 1, 2, 16

Restrições hídricas 1, 12, 71

Reuso 34

## **S**

Segurança hídrica 1, 6, 12

Solo 1, 3, 4, 11, 12, 16, 17, 21, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 67, 69, 72, 81, 82, 88, 90, 91, 92, 94, 96, 100, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 124, 126, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 146, 147

## **T**

Transpiração 3, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 81

## **V**





Vias de formação de agregados 119

Volume de água 1, 6, 7, 11, 12, 135, 137, 141, 143

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3

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

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3

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