



A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias 3

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Hosana Aguiar Freitas de Andrade
Nítalo André Farias Machado
(Organizadores)



A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias 3

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Hosana Aguiar Freitas de Andrade
Nítalo André Farias Machado
(Organizadores)

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



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
F138	A face multidisciplinar das ciências agrárias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Hosana Aguiar Freitas de Andrade, Nítalo André Farias Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-887-8 DOI 10.22533/at.ed.878192312 1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Andrade, Hosana Aguiar Freitas de. III. Machado, Nítalo André. IV. Série. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Nos primórdios do desenvolvimento da agricultura, os recursos naturais disponíveis propiciaram o surgimento das atividades agropecuárias, e desta forma, a necessidade de atuação dos profissionais de ciências agrárias tornou-se consolidada. Durante séculos, novos conhecimentos foram adquiridos, fundamentados teoricamente sobre as práticas agrícolas, conduzindo ao aperfeiçoamento do processo produtivo de acordo com a evolução da sociedade.

Diante do atual cenário, a obra “A Face Multidisciplinar das Ciências Agrárias” em seus volumes 3 e 4 engloba respectivamente 24 e 27 capítulos capazes de possibilitar ao leitor a experiência de ampliar o conhecimento sobre a economia e sociologia no campo, conservação pós-colheita, tecnologia de alimentos, produção vegetal, qualidade de produtos agropecuários, metodologias de ensino e extensão nas escolas, epidemiologia e cadeia produtiva da produção animal.

Em virtude da pluralidade existente desta grande área, os trabalhos apresentados abordam temas de expressiva importância as questões sociais e econômicas do Brasil. E, portanto, evidenciamos profunda gratidão pelo empenho dos autores, que em conjunto, contribuíram para o desenvolvimento e formação deste e-book.

Espera-se, agregar ao leitor, conhecimentos sobre a multidisciplinaridade das ciências agrárias, de modo a atender as crescentes demandas por alimentos primários e transformados, preservando o meio ambiente para às gerações futuras.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Hosana Aguiar Freitas de Andrade
Nítalo André Farias Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A IMPORTÂNCIA DO USO DE CADÁVERES E DE MÉTODOS COMPLEMENTARES PARA O ENSINO DA DISCIPLINA DE TÉCNICA CIRÚRGICA VETERINÁRIA	
Lídia Sampaio Batista Bruna Nobre de Andrade Jussara Sampaio Quintela Marcio Gomes de Alencar Araripe	
DOI 10.22533/at.ed.8781923121	
CAPÍTULO 2	6
A PESCA NO RIO ARAPIUNS: ESTUDO DE CASO COM OS PESCADORES DA COMUNIDADE VILA BRASIL, SANTARÉM, PARÁ	
Diego Maia Zacardi Fábio José Mota Silva	
DOI 10.22533/at.ed.8781923122	
CAPÍTULO 3	21
VALORACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR DE NUTRIENTES EN OPERACIONES CONCENTRADAS DE ENGORDE BOVINO: OPORTUNIDAD O PASIVO AMBIENTAL?	
Juan Carlos Ramaglio Gabriela Hernández Noelia Ramos Andrea Alonso Silvia Andrea Mestelan	
DOI 10.22533/at.ed.8781923123	
CAPÍTULO 4	33
AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DA ALFACE (<i>LACTUCA SATIVA</i> L.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE TEMPERATURA	
Antonio Geovane de Moraes Andrade Rildson Melo Fontenele Glêidson Bezerra de Góes Raquel Miléo Prudêncio Antonio Rodolfo Almeida Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.8781923124	
CAPÍTULO 5	37
CARACTERIZAÇÃO DA RELAÇÃO DO MEIO BIOFÍSICO E DO HOMEM NA FAZENDA MALAIKA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TAILÂNDIA-PA	
Giovane dos Anjos Aires Tiago de Melo Sales Felipe Viana Santa Brigida Kamila Pereira da Silva Raphael Silveira da Cunha Maryjane Diniz de Araújo Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.8781923125	
CAPÍTULO 6	50
CARNE SUÍNA: COMPLEXO TENÍASE-CISTICERCOSE E HÁBITOS DE CONSUMO	
Edenilze Teles Romeiro Maria Camila Oliveira da Silva	

Ana Carolina dos Santos Costa
Nathalia Cavalcanti dos Santos
DOI 10.22533/at.ed.8781923126

CAPÍTULO 7 63

DETECÇÃO DE STAPHYLOCOCCUS METICILINA RESISTENTE (MRS) EM AMOSTRAS DE CARNE MOÍDA BOVINA

Ana Claudia Lemes Pavan
Giovana Hashimoto Nakadomari
Vanessa Kelly Capoa Vignoto
Sheila Rezler Wosiacki

DOI 10.22533/at.ed.8781923127

CAPÍTULO 8 72

DIAGNÓSTICO LABORATORIAL ANTE MORTEN DE CINOMOSE CANINA

Giovana Hashimoto Nakadomari
Ana Claudia Lemes Pavan
Vanessa Kelly Capoa Vignoto
Sheila Rezler Wosiacki

DOI 10.22533/at.ed.8781923128

CAPÍTULO 9 78

DIFERENTES MÉTODOS DE SOMA TÉRMICA E ESTIMATIVA DO FILOCRONO DE CENTEIO, CEVADA E TRITICALE

Murilo Brum de Moura
Fabricio Penteado Carvalho
Fernando Saraiva Silveira Junior
Henrique Schaf Eggers
Marcos Antônio Turchiello
Mauricio Trindade Trevisol
Ivan Carlos Maldaner
Joel Cordeiro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8781923129

CAPÍTULO 10 84

DISTOCIA EM CADELA DA RAÇA YORKSHIRE: RELATO DE CASO

Joana Uiara Morgana Alves Ferreira
Heitor De Mendonça Porto
Victoria Rabelo Araujo Lelis
Rafael Bessa Lemos
Belise Maria Oliveira Bezerra
Ana Karine Rocha de Melo Leite

DOI 10.22533/at.ed.87819231210

CAPÍTULO 11 89

EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NA PRODUTIVIDADE BIOLÓGICA DE PLANTAS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

Marcelo Ferraz de Campos
Elizabeth Orika Ono

DOI 10.22533/at.ed.87819231211

CAPÍTULO 12 102

EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA CONTRIBUINDO PARA A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO EM PREVENÇÃO DAS INTOXICAÇÕES EM ANIMAIS

Maria de Jesus Andréia Rabelo Accioly
Renato Levi Silva e Silva
Victoria Sales Matos
Erilania Isidio Cardoso
Lucia de Fátima Lopes dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.87819231212

CAPÍTULO 13 113

FREQUÊNCIA DE CONTAMINAÇÃO EM CARCAÇAS DE SUÍNOS EM ABATEDOUROS SOB INSPEÇÃO FEDERAL EM 2017 NO BRASIL

Ênio Campos da Silva
Deborah Marrocos Sampaio Vasconcelos
Victória Pontes Rocha
Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos
Maurício Francisco Vieira Neto
Lina Raquel Santos Araújo

DOI 10.22533/at.ed.87819231213

CAPÍTULO 14 123

INDICADORES DE DESEMPENHO NA ATIVIDADE LEITEIRA

Luiz Carlos Takao Yamaguchi
Aryeverton Fortes de Oliveira
Paulo do Carmo Martins

DOI 10.22533/at.ed.87819231214

CAPÍTULO 15 128

ÍNDICE DE CLOROFILA E QUALIDADE DE DICKSON EM MUDAS DE MELÃO, PRODUZIDAS EM SUBSTRATOS ALTERNATIVOS

Luciana da Silva Borges
Luana Kesley Nascimento Casais
Rhaiana Oliveira de Aviz
Barbara Prates Amaral de Souza
Letícia Bezerra Cuzzuol
Luís de Souza Freitas
Núbia De Fátima Alves dos Santos
Márcio Roberto da Silva Melo
Thaís Vitória dos Santos
Gustavo Antonio Ruffeil Alves

DOI 10.22533/at.ed.87819231215

CAPÍTULO 16 140

INDUÇÃO DE PARTO EM SUÍNOS: USO DE PROSTAGLANDINA ASSOCIADO A OCITOCINA E SEUS ANÁLOGOS

Talita Turmina
Carlos Alexandre Oelke
Débora da Cruz Payão Pellegrini
Patrícia Rossi
Bruno Neutzling Fraga

DOI 10.22533/at.ed.87819231216

CAPÍTULO 17	146
INFLUÊNCIA DA ORDEM DE PARTO NOS ÍNDICES REPRODUTIVOS DE MATRIZES SUÍNAS	
Rebeca de Andrade Parente	
Lucas Paz Martins	
Deborah Marrocos Sampaio Vasconcelos	
Tiago Silva Andrade	
Lina Raquel Santos Araújo	
José Nailton Bezerra Evangelista	
DOI 10.22533/at.ed.87819231217	
CAPÍTULO 18	152
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE O ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE DIFERENTES CULTIVARES DE TOMATE E ALFACE	
Antonio Geovane de Moraes Andrade	
Rildson Melo Fontenele	
Glêidson Bezerra de Góes	
DOI 10.22533/at.ed.87819231218	
CAPÍTULO 19	156
MODELOS LINEARES MISTOS EM CLONES DE <i>EUCALYPTUS UROPHYLLA</i> NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE-PE	
Mácio Augusto de Albuquerque	
Joseilme Fernandes Gouveia	
DOI 10.22533/at.ed.87819231219	
CAPÍTULO 20	167
NOVAS FRONTEIRAS AGRÍCOLAS NA AMAZÔNIA SETENTRIONAL: A EXPANSÃO DA SOJA EM RORAIMA (BRASIL)	
Maria do Socorro B. de Lima	
Ana Paula da Silva	
Ricardo José Batista Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.87819231220	
CAPÍTULO 21	182
O POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS NA BACIA MANUEL ALVES	
Virgílio Lourenço Silva Neto	
Thadeu Bispo da Silva	
Felipe Jácomo do Couto Silva	
DOI 10.22533/at.ed.87819231221	
CAPÍTULO 22	193
PERDAS QUANTITATIVAS DE GRÃOS EM FUNÇÃO DO HORÁRIO DE COLHEITA DA SOJA	
Taniele Carvalho de Oliveira	
Zulema Netto Figueiredo	
DOI 10.22533/at.ed.87819231222	
CAPÍTULO 23	201
PRINCIPAIS MECANISMOS DE TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO EM ARROZ (<i>ORYZA SATIVA</i> L.)	
Leandro Martins Ferreira	
Cristiana Maia de Oliveira	
Orlando Carlos Huertas Tavares	
Leilson Novaes Arruda	

Renan Pinto Braga
Rafael Passos Rangel
Sonia Regina de Souza
Leandro Azevedo Santos

DOI 10.22533/at.ed.87819231223

CAPÍTULO 24 214

PRINCIPAIS NEMATÓDEOS GASTRINTESTINAIS IDENTIFICADOS EM EQUINOS NA CAMPANHA GAÚCHA

Luiane Pacheco da Silva
Gustavo Freitas Lopes
Marcele Ribeiro Corrêa
Brenda Luciana Alves da Silva
Geovana Chaves Dorneles
Lourdes Caruccio Hirschmann
Larissa Picada Brum
Anelise Afonso Martins

DOI 10.22533/at.ed.87819231224

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 219

ÍNDICE REMISSIVO 220

PRINCIPAIS MECANISMOS DE TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO EM ARROZ (*ORYZA SATIVA* L.)

Data de aceite: 10/12/2018

Data de submissão: 22/10/2019

Leandro Martins Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Naviraí, MS.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6997544328294455>

Cristiana Maia de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Naviraí, MS.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3773606265310924>

Orlando Carlos Huertas Tavares

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6517289620714369>

Leilson Novaes Arruda

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6088215544085967>

Renan Pinto Braga

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5205853825951525>

Rafael Passos Rangel

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1954107925475285>

Sonia Regina de Souza

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3312117357555510>

Leandro Azevedo Santos

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Seropédica, RJ.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4704465400011358>

RESUMO: O aumento constante da população mundial e a mudança climática global tem modificado a forma de se fazer agricultura e cada vez mais é necessário alcançar altas produtividades em áreas antes consideradas marginais. Para lidar com essa mudança, é necessário gerar conhecimento e produzir plantas melhoradas para ambientes sujeitos ao estresse hídrico. O estresse hídrico é um dos principais estresses ambientais e tem afetado seriamente o crescimento e produtividade das principais culturas agrícolas. O arroz é uma cultura extremamente sensível ao estresse hídrico e demanda grande quantidade de água para produzir. Desse modo, o desenvolvimento de técnicas que viabilizem um aumento de produção aliado a redução do consumo de água são essenciais para a sustentabilidade da agricultura mundial. Esta revisão teve como objetivo elencar e discutir as principais frentes de pesquisa adotadas por grupos de pesquisa ao redor do mundo que visam ao aumento da

tolerância ao estresse hídrico na cultura do arroz.

PALAVRAS-CHAVE: Aquaporinas; Espécies Reativas de Oxigênio; Sistema radicular; Solutos compatíveis

MAIN MECHANISMS OF WATER STRESS TOLERANCE IN RICE (*ORYZA SATIVA* L.)

ABSTRACT: The constant world population increase and the global climate change has modified the way agriculture is being done. Nowadays, it is necessary to achieve high productivity in areas previously considered marginal. Generate knowledge and produce improved plants is necessary for environments subject to water stress. Water stress is one of the main abiotic stresses and has seriously affected the growth and productivity of major crops. Rice is a crop extremely sensitive to water stress and demands a large amount of water to produce. For this reason, the development of techniques that enable increased production coupled with reduced water consumption are essential for the sustainability of world agriculture. This review was dedicated to list and discuss the main research fronts adopted by research groups around the world aiming to improve the drought tolerance in rice.

KEYWORDS: Aquaporins; Oxygen-reactive species; Root system; Compatible Solutes

1 | INTRODUÇÃO

Durante a revolução verde, pesquisadores e melhoristas focaram na melhoria da produtividade provendo ambientes ideais: solos pobres receberam grandes aplicações de fertilizantes NPK, terras secas foram irrigadas e um manejo intensivo de pragas e ervas invasoras foi estabelecido de modo que cultivos altamente produtivos desenvolvidos nessas condições foram capazes de prosperar. No entanto, a iminente escassez de água está mudando esse panorama (PENNISI, 2008).

O arroz é mais sensível ao estresse hídrico do que muitas outras culturas agrícolas e as bases fisiológicas envolvidas na sensibilidade ao estresse hídrico ainda não são bem entendidas (TARDIEU; TUBEROSA, 2010). Muitas características morfológicas e fisiológicas para a resistência a seca em arroz foram usadas como marcadores seletivos para o melhoramento, no entanto os mecanismos exatos de resistência à seca ainda não estão bem esclarecidos (FUKAI; COOPER, 1995). Diversos grupos de pesquisa têm focado em estratégias de seleção de linhagens que possuam raízes mais finas e em profundidade (UGA et al., 2012), capacidade de regulação estomática (KONDO et al., 2010), acúmulo de osmólitos compatíveis (PAUL et al., 2010), expressão e atividade de aquaporinas (NADA; ABOGADALLAH,

2014), metabolismo de carbono e nitrogênio (REGUERA et al., 2013), entre outras numa tentativa de desenvolver variedades de arroz mais tolerantes ao déficit hídrico.

Atualmente sabe-se que genes induzidos durante o estresse hídrico atuam não somente na proteção das células ao estresse, mas também na regulação de genes para a detecção de sinal, percepção e transdução da resposta ao estresse (KREPS et al., 2002). De acordo com SHINOZAKI E SHINOZAKI (2007), os produtos desses genes podem ser classificados em dois grupos, o primeiro inclui proteínas que atuam em resposta ao estresse, tais como chaperonas, proteínas abundantes embriogênicas tardias (LEA), enzimas detoxificadoras de espécies reativas de oxigênio, enzimas-chave da biossíntese de osmólitos, canais de água e várias proteases. No entanto, alguns trabalhos têm mostrado que a superexpressão desses genes nem sempre aumenta a tolerância ao estresse e ainda limita o crescimento das plantas em ambientes sem estresse. O segundo grupo é composto por proteínas regulatórias, envolvidas na transdução de sinal e expressão de genes induzidos pelo estresse, como fatores de transcrição, proteínas quinases, fosfatases, enzimas envolvidas no metabolismo de fosfolípidos e de ABA. Esse segundo grupo tem se mostrado mais promissor no desenvolvimento de plantas tolerantes a estresses.

Diante desse quadro, foi realizada uma breve revisão de alguns tópicos considerados importantes para o melhoramento da cultura do arroz em ambientes sujeitos ao estresse hídrico, são eles: manutenção do metabolismo de carbono (C) e nitrogênio (N), expressão e atividade de aquaporinas, crescimento radicular, acúmulo de osmólitos compatíveis e regulação da abertura e fechamento estomático.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O estresse hídrico e o metabolismo de Carbono e Nitrogênio

A absorção e assimilação de nutrientes podem ser diretamente afetadas pelo estresse hídrico. No entanto, plantas com maior tolerância ao dessecamento apresentam uma resposta diferencial na expressão e atividade de proteínas envolvidas na absorção e assimilação, como observado para o nitrogênio. O N é um dos elementos mais limitantes ao crescimento das plantas, portanto tem-se buscado identificar mecanismos que beneficiem as plantas em ambientes sujeitos a estresses abióticos para que sua absorção e uso não sejam prejudicados.

Durante prolongado estresse por seca, a diminuição da disponibilidade de água na planta afeta o transporte de nutrientes via xilema, menor absorção de N e redução na disponibilidade de CO₂ para fotossíntese, devido ao fechamento estomático e, conseqüentemente, distúrbios no metabolismo de C e N. Diante disso, plantas que conseguem manter este metabolismo primário sobre estresse hídrico

são essenciais para o desenvolvimento de cultivares tolerante (XU; ZHOU, 2006; SINGH; GHOSH, 2013).

Trabalhos atuais observaram que a alta atividade da GS sobre deficiência hídrica pode ser responsável pela manutenção do crescimento e produtividade das plantas mesmo em condições limitantes. As isoformas de GS são diferencialmente reguladas em resposta ao status de N da planta assim como sinais ambientais (OLIVEIRA; CORUZZI, 1999).

Em arroz, foram identificados três genes que codificam para a glutamina sintetase citossólica (GS1): *OsGS1.1*, *OsGS1.2* e *OsGS1.3*. A *OsGS1.1* apresentou expressão em todos os órgãos testados, já *OsGS1.2* e *OsGS1.3* foram expressos principalmente em raízes e espiguetas, respectivamente (TABUCHI et al., 2005). Em tecidos verdes com alta taxa fotossintética, a isoforma GS2 encontra-se em maior proporção, além de ser responsável pela maior porcentagem da atividade total da GS, principalmente no limbo foliar.

Plantas de arroz da cultivar Kinuhikari foram transformadas utilizando um promotor forte (35S) visando o aumento de expressão da proteína *OsGS2*. Em uma das linhagens transformadas (G39-2) obteve-se um aumento de 1,5 vezes mais GS2 do que em plantas controle (WT). Também foi observado aumento da capacidade fotorrespiratória nessas plantas e manutenção de aproximadamente 90% de atividade do fotossistema II após duas semanas de estresse osmótico quando comparado a WT. Esse trabalho mostrou que a maior atividade da GS2 está diretamente relacionada a uma maior tolerância da planta ao estresse salino (HOSHIDA et al., 2000).

SINGH E GHOSH (2013) relataram uma resposta diferencial na atividade e expressão das isoformas de GS na parte aérea e raiz entre plantas da cultivar Khitish (tolerante ao estresse hídrico) e IR 64 (suscetível ao estresse hídrico). A manutenção de alta atividade de *OsGS2* em folhas e a superexpressão de *OsGS1.1* podem contribuir para melhoria da tolerância ao estresse hídrico em arroz, visto que essas proteínas estão envolvidas na manutenção da capacidade fotossintética, fotorrespiratória e remobilização de N para os grãos.

Atualmente alguns trabalhos têm focado no estudo do metabolismo de C e N em plantas sob estresse hídrico (REGUERA et al., 2013; PELEG et al., 2011). Em geral, plantas sob déficit hídrico apresentam redução na etapa de carboxilação da fotossíntese e menor assimilação de CO₂. A menor produção de esqueletos de carbono prejudica a assimilação de N e a produção de aminoácidos, comprometendo assim o crescimento e produção das plantas nesses ambientes.

Trabalhos recentes mostram que a exposição das plantas a condições limitantes de água promove a síntese de ácido abscísico (ABA) e expressão de genes dependentes de ABA, desencadeando o fechamento estomático e a diminuição da

perda de água (YAMAGUCHI-SHINOZAKI e SHINOZAKI, 2006). No entanto tem-se observado que outras classes de hormônios podem apresentar efeito antagônico ao provocado pelo ABA.

Plantas de arroz transformadas expressando o gene da isopenteniltransferase (IPT), que participa de uma etapa limitante na síntese de citocininas sob controle de um promotor induzido por estresse e senescência (P_{SARK}), mostraram melhora na produtividade e qualidade do grão sob estresse hídrico (PELEG et al., 2011). Além disso, REGUERA et al. (2013), submetem essas plantas ao estresse hídrico deixando de irrigar na pré-antese e retornando a irrigação quando as plantas mostravam sinais de enrolamento foliar. Três dias após a suspensão da irrigação foi observado maior atividade da sacarose fosfato sintase (SFS), nitrato redutase (NR) e nitrito redutase (NiR) nas plantas de arroz transformadas expressando o gene IPT. A maior atividade dessas enzimas contribuiu para a melhor regulação do metabolismo de C e N suprindo a demanda dos órgãos drenos sob estresse.

2.2 A importância das aquaporinas para o aumento da tolerância ao estresse hídrico

As aquaporinas são proteínas capazes de facilitar o fluxo de água e de pequenas substâncias apolares através da membrana biológica (BIENERT; CHAUMONT, 2010). Em arroz, o fluxo radial de água realizado entre as camadas de células da raiz envolve a passagem pela epiderme, exoderme, córtex e endoderme. Sabe-se que este fluxo apresenta forte resistência hidráulica devido a deposição de suberina na endoderme. Alguns trabalhos mostram que a maior atividade de aquaporinas na raiz pode beneficiar a planta em condições de estresse hídrico, uma vez que estas proteínas facilitam o fluxo de água pelas regiões mais suberizadas.

O aumento de expressão de uma aquaporina, conhecida como RWC3, em plantas de arroz da cultivar Zhonghua 11, melhorou o status hídrico das plantas sob déficit hídrico, sugerindo que esta proteína desempenhou um papel no escape da seca em arroz, principalmente pelo fato de ser mais expressa nas raízes, beneficiando o fluxo radial de água (LIAN et al., 2004).

Trabalho realizado por NADA E ABOGADALLAH (2014), estudando 4 genótipos de arroz, sendo duas cultivares japônicas (Giza 178 e Sakha 101) e duas cultivares indicas (IR 64 e PSL2) observaram que a maior expressão das aquaporinas nas folhas e a redução da expressão de *OsPIP2.1*; *OsPIP2.2* e *OsPIP2.4* em raízes foi responsável pela baixa absorção e transporte de água para a parte aérea quando a irrigação foi interrompida por três dias. Além disso, este trabalho mostra que a remoção das pontas das raízes melhorou o status hídrico da planta, devido a remoção de barreiras para o fluxo radial de água.

Também já foi observado que o aumento de expressão de uma aquaporina (*TaAQP7*) aumentou a tolerância ao estresse hídrico em plantas de tabaco pela manutenção de um melhor status hídrico, reduzindo o acúmulo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e dano a membrana via aumento da atividade e expressão da superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), quando comparado a WT. A maior atividade dessas enzimas foi consequência do menor dano causado a membrana celular que teve a sua maquinaria protegida da desidratação (ZHOU et al., 2012).

O resultado encontrado por esses autores é de fundamental importância, pois ressalta que a expressão diferenciada de alguns grupos de aquaporinas pode influenciar no status hídrico da planta afetando a condutância estomática, fotossíntese, dano a membrana e atividade de enzimas antioxidantes quando submetidas ao déficit hídrico. Dessa forma, a atuação das aquaporinas na planta pode ser utilizada como um biomarcador de genótipos tolerantes ao estresse hídrico. Por outro lado, o aumento de expressão de aquaporinas em condição de estresse hídrico nem sempre é responsável por uma resposta adaptativa da planta, uma vez que muitos fatores podem influenciar na atividade dessas proteínas, como o nutriente Ca^{+2} , pH (GERBEAU et al. 2002), fosforilação de sítios de ativação da proteína (JOHANSSON et al. 1998) e fitohormônios (ZHOU et al., 2012).

2.3 A Importância do sistema radicular em ambientes sujeitos ao déficit hídrico

O reconhecimento da importância das raízes para a tolerância à seca, e a diversidade na arquitetura radicular do arroz, tem sido base sólida para a pesquisa de tolerância à seca no Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz (IRRI) (HENRY, 2013). No ano 2000, o IRRI iniciou um programa de melhoramento para seleção de características radiculares relacionadas a produtividade sob condições de estresse hídrico. Após a identificação de diversos Loci para Característica Quantitativa (QTLs) para produtividade sob condições de estresse hídrico, foram identificados genes relacionados a características de morfologia e arquitetura radicular.

Um sistema radicular profundo permite o escape das plantas em condições de estresse hídrico por meio da absorção de água das camadas mais profundas do solo (YOSHIDA & HASEGAWA, 1982). Um estudo realizado por UGA et al. (2013), identificaram um QTL envolvido no ângulo de crescimento e comprimento em profundidade das raízes de arroz. A alta expressão deste gene, conhecido como Deeper Rooting (DRO1), em arroz é negativamente regulado por auxina e está envolvido no alongamento celular nas pontas das raízes causando o crescimento assimétrico e dobragem para baixo das raízes em resposta à gravidade, aumentando o ângulo de crescimento da raiz e, conseqüentemente, no aprofundamento do sistema radicular.

Plantas de arroz com maior expressão do DRO1 mostraram maior capacidade de escape da seca quando comparado com a IR64. Sob seca severa, danos fisiológicos como murchamento das folhas e atraso no florescimento foram mais proeminentes na IR64 do que em plantas Dro1-NIL. A seca moderada reduziu o peso de grãos por planta na IR64, enquanto plantas Dro1-NIL praticamente mantiveram o peso. Sob seca severa, a porcentagem de grãos cheios em IR64 praticamente zerou, enquanto em plantas Dro1-NIL foi observado um valor 30% maior.

Outra frente de pesquisa, desenvolveu plantas de tabaco com maior sistema radicular por meio de engenharia genética. WERNER et al. (2010), mostraram que a redução específica de citocinina em raízes de tabaco por meio do aumento de expressão de uma citocinina oxidase (CKX) promove incremento no alongamento de raízes primárias, número de ramificações e peso de raízes, sem alterar o crescimento normal das plantas. Estes autores verificaram também que plantas de *Arabidopsis* contendo essa construção gênica, que permite a expressão da citocinina oxidase exclusivamente na raiz, possuem maior taxa de sobrevivência do que plantas WT quando submetidas a estresse severo por seca.

Estes resultados ressaltam a importância de conseguirmos desenvolver plantas com raízes mais finas e em profundidade, visto que um maior sistema radicular pode aumentar a capacidade de absorção de água e reduzir as perdas de produtividade em ambientes sujeitos ao déficit hídrico. No entanto, o estudo do crescimento e desenvolvimento radicular foi ignorado durante muito tempo e só nas últimas décadas têm se dado a devida importância a esse órgão que pode influenciar diretamente na produtividade das plantas (HERDER et al., 2010).

Dentro desse contexto, já foi observado que o crescimento de raízes em profundidade pode atuar como uma alternativa de linha de defesa contra o estresse hídrico por algumas variedades de arroz. Trabalho realizado por JI et al. (2011), mostraram que a variedade de arroz IRAT 109, tolerante ao estresse hídrico, quando submetida a condição de déficit hídrico por 20 dias apresentou maior comprimento radicular e massa seca de raízes em profundidade quando comparado a variedade Zhenshan 97B, sensível ao estresse hídrico.

Atualmente diversos trabalhos têm buscado caracterizar genes envolvidos no desenvolvimento do sistema radicular, como: formação de raízes adventícias, alongamento radicular, desenvolvimento de raízes laterais e pelos radiculares (WU & CHENG, 2014). Este conhecimento permitirá o melhoramento das culturas e a obtenção de plantas-elite para ambientes sujeitos a estresses.

2.4 Acúmulo de solutos compatíveis em condição de estresse hídrico

Outra maneira de lidar com o estresse hídrico é através da capacidade que algumas plantas possuem de acumular em suas células solutos compatíveis, tais

como: prolina, glicina-betaína e sais, de modo a reduzir a energia livre da água e, conseqüentemente, o potencial osmótico a fim de manter a turgescência celular em condições de estresse hídrico.

O arroz não é capaz de acumular glicina-betaína (GB), um importante composto envolvido na tolerância a estresses abióticos em espinafre, milho e cevada. No entanto, trabalho realizado por SHIRASAWA et al. (2006), mostraram que a transformação de plantas de arroz com um gene envolvido na síntese de GB de espinafre aumentou a massa seca das plantas transformadas em condição de estresse salino e por temperatura, no entanto não foi observado incremento em produtividade. Portanto, ainda são necessários estudos para caracterizar essas plantas com maior expressão de GB em condição de déficit hídrico.

Plantas de arroz da cv. Pathumthani (PT1), sensível ao estresse hídrico, foram cultivadas em casa de vegetação até o início da fase reprodutiva quando foram pré-tratadas com 0 e 100 mM de glicina-betaína por dois dias via pulverização e submetidas a diferentes regimes de déficit hídrico. Plantas pré-tratadas com GB mostraram maior altura da planta, comprimento de panícula, peso de panícula, porcentagem de fertilidade e peso de cem grãos quando comparado ao controle, principalmente quando submetidas ao estresse hídrico. A aplicação exógena de GB aumentou a concentração de prolina nas folhas, conteúdo de clorofilas totais, estabilizou carotenoides e manteve maior eficiência fotossintética da planta quando submetida ao déficit hídrico (CHA-UM et al., 2013).

A prolina é um dos osmólitos mais comumente acumulados pelas plantas em resposta a diversos estresses, podendo desempenhar funções no ajustamento osmótico, estabilização da estrutura celular e redução do dano ao aparato fotossintético. A importância da prolina em aumentar a tolerância a estresses abióticos têm sido recentemente estudada por meio da transformação genética de arroz. Plantas de arroz transformadas expressando o gene P5CS, envolvido na síntese de prolina, mostrou maior acúmulo de transcritos de mRNA de P5CS, conteúdo de prolina e maior tolerância a seca e estresse salino (SU; WU, 2004).

A trealose é um dissacarídeo não reduzido encontrado em muitos organismos e trata-se de um componente essencial nos mecanismos que coordenam o metabolismo vegetal com o crescimento e desenvolvimento das plantas (PAUL et al., 2010). Trabalho mais recente realizado por LI et al. (2011), observaram que o aumento de expressão do gene que codifica para trealose-6-fosfato sintase (*OsTPS1*) em arroz aumenta a tolerância das plantas ao estresse salino, frio, PEG e seca.

O papel e mecanismo de ação da prolina e trealose como osmoprotetores também pode ser estudado aplicando-os de forma exógena nas plantas, sem a necessidade de obtenção de plantas transformadas. Trabalho realizado por

NOUNJAN et al. (2012), verificaram que plantas de arroz quando submetidas a diferentes concentrações de prolina e trealose em solução hidropônica por 6 dias apresentaram maior habilidade de se recuperar após o estresse devido ao papel osmoprotetivo exercido por essas substâncias e a sua capacidade de modular a atividade de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POX) e ascorbato peroxidase (APX).

2.5 A regulação da abertura e fechamento estomático e o seu papel no aumento da tolerância ao estresse hídrico

Atualmente diversos trabalhos têm focado no estudo da regulação da abertura e fechamento estomático com o objetivo de melhorar a eficiência de uso de água (EUA). Sabe-se que a abertura dos estômatos, necessária para a entrada de CO₂, é indispensável para o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas, no entanto causa simultaneamente perda de água via transpiração. O tamanho do poro estomático, assim como a quantidade de estômatos (densidade) influenciam na transpiração, absorção de CO₂ e EUA, contudo sabe-se que o controle dessa característica é complexo e envolve fatores genéticos e ambientais.

Quando as plantas estão sob estresse hídrico ocorre uma redução do potencial hídrico das plantas que pode desencadear no fechamento estomático e, conseqüente redução das trocas gasosas. A diminuição da assimilação de CO₂, em geral, leva a uma redução de biomassa e produtividade em ambientes sujeitos a estresse hídrico. Métodos utilizados para induzir o fechamento estomático reduzem a abertura estomática aumentando a EUA, no entanto esta redução frequentemente tem resultado em perda de biomassa e/ou produtividade (YOO et al., 2009).

Em *Arabidopsis* foi identificado um fator de transcrição (*GTL1*) que regula negativamente a EUA através do controle da densidade estomática. Neste trabalho, foi observado que plantas silenciando esse fator de transcrição apresentavam menor densidade de estômatos na parte abaxial da folha o que contribuiu para uma menor taxa de transpiração sem alteração de biomassa e assimilação de CO₂, contribuindo assim para uma maior EUA e tolerância a seca em condições de déficit hídrico (YOO et al., 2010).

Em arroz também já foi identificado um fator de transcrição (DST) que apresenta resultados similares aos observados por Yoo e colaboradores. Plantas de arroz silenciando o DST apresentaram menor abertura estomática e número de estômatos, o que permitiu menor perda de água. Além disso, não houve decréscimo na produção (HUANG et al., 2009). Quando as plantas foram submetidas a tratamento com PEG, NaCl e seca foi observado que as plantas mutantes apresentam uma maior capacidade de recuperação quando transferida para condições normais de

crescimento.

Trabalho realizado por YU et al. (2013), identificaram um fator de transcrição de *Arabidopsis*, denominado *Enhanced drought tolerance1/HOMEODOMAIN GLABROUS11 (AtEDT1/HDG11)* que quando superexpresso em arroz aumentou a tolerância a seca e produtividade das plantas transformadas, devido a redução na densidade estomática, maior EUA, maior taxa fotossintética, comprimento e massa de raízes quando essas plantas foram submetidas ao tratamento sem irrigação por 5 a 10 dias. É interessante destacar que neste trabalho a modificação de apenas um fator de transcrição resultou na regulação de diferentes genes envolvidos com a tolerância a seca e produtividade da planta melhorando o desempenho da planta como um todo quando submetida ao estresse hídrico.

Trabalho realizado por KONDO et al. (2010), identificaram um peptídeo, denominado STOMAGEN que codifica para proteínas secretoras em *Arabidopsis* que regula positivamente a densidade de estômatos. Baseado na estrutura desta proteína, os pesquisadores desenvolveram uma molécula sintética que quando colocada em solução a planta reconhece e sinaliza para um aumento na densidade de estômatos, estratégia essa interessante para aumentar a captação de CO₂ e, conseqüentemente, a produtividade. No entanto, ainda são necessários estudos para verificar o efeito desse aumento de estômatos em condições de estresse abiótico, como a seca.

O aumento da expressão do STOMAGEN em *Arabidopsis* foi responsável pelo aumento da taxa fotossintética em aproximadamente 30% comparado a WT. No entanto, essas plantas apresentam maior taxa transpiratória, menor EUA e nenhuma alteração na biomassa produzida (TANAKA et al., 2013). Apesar de neste trabalho não ter sido mostrado um ganho de produtividade pelas plantas transformadas, abre-se uma janela de possibilidades para se trabalhar e aprimorar a densidade de estômatos ideal sem que haja perda de produtividade e decréscimo na EUA.

3 | CONCLUSÃO

Atualmente, diversos genes envolvidos no controle da tolerância ao estresse hídrico têm sido descobertos e caracterizados. Muitos destes poderão ser utilizados em programas de melhoramento visando o aumento da tolerância a seca em arroz e outras culturas agrícolas de importância social e econômica. A identificação de genes-chave tem sido objeto de intenso trabalho realizado pelos principais centros de pesquisa em arroz no mundo, como o IRRI e a EMBRAPA no Brasil. Para que este melhoramento seja bem-sucedido os cientistas estão voltados para as cultivares selvagens que são um “depósito” de genes raros, de fundamental importância para a obtenção de cultivares melhoradas para ambientes sujeitos a estresses.

REFERÊNCIAS

- BIENERT, G. P.; CHAUMONT, F. **Plant Aquaporins: Roles in Water Homeostasis, Nutrition, and Signaling Processes**. In: GEISLER, M.; VENEMA, K. *Transporters and Pumps in Plant Signaling*. New York. Ed. Springer, 2010, p. 3-36.
- CHA-UM, S.; SAMPHUMPHUANG, T.; KIRDMANEE, C. Glycinebetaine alleviates water deficit stress in indica rice using proline accumulation, photosynthetic efficiencies, growth performances and yield attributes. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 2, p. 213-218, 2013.
- FUKAI, S.; COOPER, M. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. **Field Crops Research**, v. 40, n. 2, p. 67-86, 1995.
- GERBEAU, P., AMODEO, G., HENZLER, T., SANTONI, V., RIPOCHE, P., & MAUREL, C. The water permeability of Arabidopsis plasma membrane is regulated by divalent cations and pH. **The Plant Journal**, v. 30, n. 1, p. 71-81, 2002.
- HENRY, A. IRRI's drought stress research in rice with emphasis on roots: accomplishments over the last 50 years. **Plant Root**, v. 7, p. 5-19, 2013.
- HERDER, G. D., VAN ISTERDAEL, G., BEECKMAN, T., & DE SMET, I. The roots of a new green revolution. **Trends in plant science**, v. 15, n. 11, p. 600-607, 2010.
- HOSHIDA, H.; TANAKA, Y.; HIBINO, T.; HAYASHI, Y.; TANAKA, A.; TAKABE, T.; TAKABE, T. Enhanced tolerance to salt stress in transgenic rice that overexpresses chloroplast glutamine synthetase. **Plant molecular biology**, v. 43, n. 1, p. 103-111, 2000.
- HUANG, X. Y., CHAO, D. Y., GAO, J. P., ZHU, M. Z., SHI, M., & LIN, H. X. A previously unknown zinc finger protein, DST, regulates drought and salt tolerance in rice via stomatal aperture control. **Genes & Development**, v. 23, n. 15, p. 1805-1817, 2009.
- JI, K., WANG, Y., SUN, W., LOU, Q., MEI, H., SHEN, S., & CHEN, H. Drought-responsive mechanisms in rice genotypes with contrasting drought tolerance during reproductive stage. **Journal of plant physiology**, v. 169, n. 4, p. 336-344, 2012.
- JOHANSSON, I., KARLSSON, M., SHUKLA, V. K., CHRISPEELS, M. J., LARSSON, C., & KJELLBOM, P. Water transport activity of the plasma membrane aquaporin PM28A is regulated by phosphorylation. **The Plant Cell Online**, v. 10, n. 3, p. 451-459, 1998.
- KONDO, T., KAJITA, R., MIYAZAKI, A., HOKOYAMA, M., NAKAMURA-MIURA, T., MIZUNO, S & SAKAGAMI, Y. (2010). Stomatal density is controlled by a mesophyll-derived signaling molecule. **Plant and cell physiology**, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2010.
- KREPS, J. A., WU, Y., CHANG, H. S., ZHU, T., WANG, X., & HARPER, J. F. Transcriptome changes for Arabidopsis in response to salt, osmotic, and cold stress. **Plant Physiology**, v. 130, n. 4, p. 2129-2141, 2002.
- LI, H. W., ZANG, B. S., DENG, X. W., & WANG, X. P. Overexpression of the trehalose-6-phosphate synthase gene *OstTPS1* enhances abiotic stress tolerance in rice. **Planta**, v. 234, n. 5, p. 1007-1018, 2011.
- LIAN, H. L.; YU, X.; YE, Q.; DING, X. S.; KITAGAWA, Y.; KWAK, S. S.; SU, W.; TANG, Z. C. The role of aquaporin RWC3 in drought avoidance in rice. **Plant and Cell Physiology**, v. 45, n. 4, p. 481-489, 2004.
- NADA, R. M., & ABOGADALLAH, G. M. Aquaporins are major determinants of water use efficiency of rice plants in the field. **Plant Science**, v. 227, p. 165-180, 2014.

- NOUNJAN, N., NGHIA, P. T., & THEERAKULPISUT, P. Exogenous proline and trehalose promote recovery of rice seedlings from salt-stress and differentially modulate antioxidant enzymes and expression of related genes. **Journal of plant physiology**, v. 169, n. 6, p. 596-604, 2012.
- OLIVEIRA, I. C.; CORUZZI, G. M. Carbon and amino acids reciprocally modulate the expression of glutamine synthetase in Arabidopsis. **Plant physiology**, v. 121, n. 1, p. 301-310, 1999.
- PAUL, M. J., JHURREEA, D., ZHANG, Y., PRIMAVESI, L. F., DELATTE, T., SCHLUEPMANN, H., & WINGLER, A. Upregulation of biosynthetic processes associated with growth by trehalose 6-phosphate. **Plant signaling & behavior**, v. 5, n. 4, p. 386, 2010.
- PELEG, Z.; REGUERA, M.; TUMIMBANG, E.; WALIA, H.; & BLUMWALD, E. Cytokinin-mediated source/sink modifications improve drought tolerance and increase grain yield in rice under water-stress. **Plant Biotechnology Journal**, v. 9, n. 7, p. 747-758, 2011.
- PENNISI, E. The blue revolution, drop by drop, gene by gene. **Science**, v. 320, 2008.
- REGUERA, M.; PELEG, Z.; ABDEL-TAWAB, Y.M.; TUMIMBANG, E. B.; DELATORRE, C. A.; BLUMWALD, E. Stress-Induced Cytokinin Synthesis Increases Drought Tolerance through the Coordinated Regulation of Carbon and Nitrogen Assimilation in Rice. **Plant Physiology**, v. 163, n. 4, p. 1609-1622, 2013.
- SHINOZAKI, K., & YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of experimental botany**, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.
- SHIRASAWA, K., TAKABE, T., TAKABE, T., & KISHITANI, S. Accumulation of glycinebetaine in rice plants that overexpress choline monooxygenase from spinach and evaluation of their tolerance to abiotic stress. **Annals of botany**, v. 98, n. 3, p. 565-571, 2006.
- SINGH, K. K., & GHOSH, S. Regulation of glutamine synthetase isoforms in two differentially drought-tolerant rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under water deficit conditions. **Plant cell reports**, v. 32, n. 2, p. 183-193, 2013.
- SU, J., & WU, R. Stress-inducible synthesis of proline in transgenic rice confers faster growth under stress conditions than that with constitutive synthesis. **Plant Science**, v. 166, n. 4, p. 941-948, 2004.
- TABUCHI, M.; SUGIYAMA, K.; ISHIYAMA, K.; INOUE, E.; SATO, T.; TAKAHASHI, H.; YAMAYA, T. Severe reduction in growth rate and grain filling of rice mutants lacking OsGS1;1, a cytosolic glutamine synthetase1;1. **The Plant Journal**, v.42, p.641-651, 2005.
- TANAKA, Y., SUGANO, S. S., SHIMADA, T., & HARA-NISHIMURA, I. Enhancement of leaf photosynthetic capacity through increased stomatal density in Arabidopsis. **New Phytologist**, v. 198, n. 3, p. 757-764, 2013.
- TARDIEU, F.; TUBEROSA, R. Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. **Current opinion in plant biology**, v. 13, n. 2, p. 206-212, 2010.
- UGA, Y.; SUGIMOTO, K.; OGAWA, S.; RANE, J.; ISHITANI, M.; HARA, N.; KITOMI, Y.; INUKAI, Y.; ONO, K.; KANNO, N.; INOUE, H.; TAKEHISA, H.; MOTOYAMA, R.; NAGAMURA, Y.; WU, J.; MATSUMOTO, T.; TAKAI, T.; OKUNO, K.; YANO, M. Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions. **Nature genetics**, v. 45, n. 9, p. 1097-1102, 2013.
- WERNER, T., NEHNEVAJOVA, E., KÖLLMER, I., NOVÁK, O., STRNAD, M., KRÄMER, U., & SCHMÜLLING, T. Root-specific reduction of cytokinin causes enhanced root growth, drought tolerance, and leaf mineral enrichment in Arabidopsis and tobacco. **The Plant Cell Online**, v. 22, n. 12, p. 3905-3920, 2010.

WU, W.; CHENG, S. Root genetic research, an opportunity and challenge to rice improvement. **Field Crops Research**, v. 165, p. 111-124, 2014.

XU, Z. Z.; ZHOU, G. S. Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. **Planta**, v. 224, n. 5, p. 1080-1090, 2006.

YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K., & SHINOZAKI, K. Transcriptional regulatory networks in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 57, p. 781-803, 2006.

YOO, C. Y., PENCE, H. E., HASEGAWA, P. M., & MICKELBART, M. V. Regulation of transpiration to improve crop water use. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 28, n. 6, p. 410-431, 2009.

YOO, C. Y., PENCE, H. E., JIN, J. B., MIURA, K., GOSNEY, M. J., HASEGAWA, P. M., & MICKELBART, M. V. The Arabidopsis GTL1 transcription factor regulates water use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density via transrepression of SDD1. **The Plant Cell Online**, v. 22, n. 12, p. 4128-4141, 2010.

YOSHIDA, S.; BHATTACHARJEE, D. P.; CABUSLAY, G. S. Relationship between plant type and root growth in rice. **Soil science and plant nutrition**, v. 28, n. 4, p. 473-482, 1982.

YU, L., CHEN, X., WANG, Z., WANG, S., WANG, Y., ZHU, Q., ... & XIANG, C. Arabidopsis Enhanced Drought Tolerance1/HOMEODOMAIN GLABROUS11 confers drought tolerance in transgenic rice without yield penalty. **Plant physiology**, v. 162, n. 3, p. 1378-1391, 2013.

ZHOU, S., HU, W.; DENG, X.; MA, Z.; CHEN, L.; HUANG, C.; WANG, C.; WANG, J.; HE, Y.; YANG, G.; HE, G. Overexpression of the wheat aquaporin gene, TaAQP7, enhances drought tolerance in transgenic tobacco. **PloS one**, v. 7, n. 12, p. e52439, 2012.

SOBRE OS ORGANIZADORES

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPI (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

HOSANAAGUIARFREITASDEANDRADE: Graduada em Agronomia (2018) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará (PPGCS/UFC) como bolsista CAPES. Possui experiência na área de fertilidade do solo, adubação e nutrição de plantas, com ênfase em aproveitamento de resíduos na agricultura, manejo de culturas, propagação vegetal, fisiologia de plantas cultivadas e emissão de gases do efeito estufa. E-mail para contato: hosana_f.andrade@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5602619125695519>

NITALO ANDRÉ FARIAS MACHADO: Possui graduação em Agronomia (2015) e mestrado em Ciência Animal (2018) pela Universidade Federal do Maranhão. Atualmente é aluno regular do doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Possui experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Ambiente e Bioclimatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: biometeorologia, bem-estar animal, biotelemetria, morfometria computacional, modelagem computacional, transporte de animais, zootecnia de precisão, valorização de resíduos, análise de dados e experimentação agrícola. E-mail para contato: nitalo-farias@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3622313041986385>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abatedouros 55, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122
Alface 33, 34, 35, 36, 135, 138, 139, 152, 153, 154, 155
Alimentação 7, 17, 42, 46, 50, 52, 53, 54, 80, 106, 107, 153, 199
Amazônia setentrional 167, 170, 172
Aquaporinas 202, 203, 205, 206
Araripe 1, 156, 158
Arroz 96, 101, 128, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 179, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210

B

Bacia Manuel Alves 182, 185
Biofilme 63, 64, 65, 67, 69
Biorreguladores 89, 101
blaZ 63, 64, 65, 67, 68
Brasil 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 34, 36, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 66, 67, 69, 70, 71, 104, 105, 109, 111, 112, 113, 114, 117, 121, 129, 139, 150, 155, 158, 167, 168, 171, 172, 176, 179, 180, 190, 197, 199, 200, 210, 218

C

Cadela 84, 85, 86, 87
Carbetocina 140, 141, 142, 143, 144, 145
Carcças de suínos 113, 115, 122
Carne moída bovina 63, 65, 71
Carne suína 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 113, 114, 121
Centeio 78, 79, 80, 82, 83
Cevada 78, 80, 81, 82, 83, 208
Chuvvas 45, 182, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192
Cirurgia Veterinária 1
Clones 156, 157, 158, 164, 165
Cloprostenol 140, 141, 143, 144, 145
Colheita da soja 193
Comunidade Vila Brasil 6, 11
Conservação 13, 41, 43, 47, 48, 173, 182, 183, 189, 190
Contaminação 50, 58, 63, 64, 69, 113, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 216, 217
Coprocultura 214, 216, 217
Crescimento 44, 66, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 101, 128, 130, 134, 137, 138, 139, 147, 149, 154, 157, 165, 167, 169, 171, 172, 173, 174, 201, 203, 204, 206, 207, 208, 209, 210, 215
Cucumis melo L. 128, 129, 139
Culturas anuais 37, 38

D

Desenvolvimento vegetal 79, 90
Destino de carcaças 113
Disco-difusão 63, 65, 66, 68
Distocia 84, 85, 86, 87, 88
Doença 50, 55, 58, 59, 62, 72, 73, 74, 75, 76, 217

E

Economia circular de nutrientes 22
Energia cinética 182, 183
Engorda de bovinos 22
Ensino 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 56, 102, 103, 145
Equinos 214, 216, 217, 218
Espécies Reativas de Oxigênio 202, 203
Estresse hídrico 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210
Eucalyptus urophylla 156, 158, 164, 165
Extensão universitária 102, 103
Extrativismo 6

F

Fator R 182, 183, 184
Filocrono 78, 79, 80, 81, 82, 83
Fronteira agrícola 38, 39, 47, 167, 168, 169, 170, 172

G

Gastrintestinais 60, 214, 215, 216
Germinação 33, 34, 35, 36, 129, 132, 152, 153, 154, 155
Glycine max (L.) Merrill 89, 91, 100

H

Hábitos de consumo 50
Hematologia 84
Hordeum vulgare 79, 80, 83
Hormônios 90, 101, 140, 141, 205
Hortaliça 33, 152, 153

I

Índice de clorofila 128, 130, 131, 132, 136, 137
Índice de velocidade de germinação 152, 153, 154
Índices reprodutivos 140, 144, 146, 148, 150
Indução de parto 140

Inspeção federal 58, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122
Inspeção post-mortem 54, 113
Intoxicação 68, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 111, 112
Intoxicações em animais 102, 103, 111
IVG 152, 153, 154

L

Lactuca sativa L. 33, 34, 153
Leitegada 146, 147, 148, 149
Leiteira 123, 124, 125, 126, 127

M

Máquinas agrícolas 46, 169, 178, 193
Matéria seca 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 133, 135
Matrizes suínas 144, 146, 150
mecA 63, 64, 65, 67, 69, 70
Medicina Veterinária 1, 2, 3, 5, 61, 63, 72, 77, 83, 84, 102, 112, 122, 218
Meio biofísico 37, 38, 40, 41, 47, 48
Melão 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139
Métodos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 34, 48, 50, 60, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 75, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 91, 138, 153, 158, 184, 190, 195, 199, 209, 216
Microbiologia de alimentos 113
Modelos lineares mistos 156, 157, 158, 165
Modelos volumétricos 156
Mudas 101, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 154
Multíparas 146

N

Nematódeos 214
Novas fronteiras agrícolas 167, 168

O

Ocitocina 140, 141, 142, 143, 144
OPG 214, 215, 216, 217, 218
Oryza sativa L. 201, 202, 212

P

Pará 6, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 37, 38, 39, 40, 42, 48, 70, 109, 128
Parasito 50, 52, 59
Parasitose 54, 59, 214, 216, 217, 218
Passivo ambiental 22
Perda de solo 182, 183, 191

Perdas na colheita 193, 199, 200
Pesca 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Pescaria de pequena escala 6
Polo gesseiro 156, 158
Pólo Gesseiro do Araripe 156, 158
Porcas 140, 141, 143, 145
Porco 50, 51, 52, 57, 58, 59
Potencial erosivo 182, 189, 191
Prevenção 59, 60, 74, 102, 103, 104, 111
Primíparas 84, 146, 148
Produção 7, 11, 13, 18, 37, 39, 41, 42, 44, 45, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 60, 61, 63, 65, 67, 68, 69, 80, 89, 92, 93, 94, 95, 99, 100, 114, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 147, 152, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 178, 179, 180, 183, 199, 200, 201, 204, 209, 214, 215
Produtividade biológica 89
Prostaglandina 140, 144, 145

Q

Qualidade de Dickson 128, 131, 132, 135, 137

R

Raça Yorkshire 84, 85
Reguladores vegetais 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101
Resíduo de soja 128, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137
Ribeirinhos 6, 7, 8
Rio arapiuns 6
Roraima 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180

S

Santarém 6, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 176, 180
Saúde pública 50, 51, 55, 59, 60, 63, 65, 111
Secale cereale 79, 80
Sementes 33, 34, 35, 36, 41, 47, 91, 92, 100, 132, 152, 153, 154, 155, 174, 175, 176, 177, 178, 195, 199, 200
Sistema radicular 92, 202, 206, 207
Soja 21, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 83, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200
Solutos compatíveis 202, 207
Soma térmica 78, 79, 80, 81, 82, 83
Staphylococcus metilina 63, 69
Substratos alternativos 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Suínos 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 140, 142, 144, 145, 147, 150

T

Tailândia 37, 39, 40, 46, 47, 48

Temperatura 33, 34, 35, 36, 67, 68, 75, 78, 79, 80, 81, 85, 128, 131, 132, 137, 152, 153, 154, 158, 197, 199, 208, 216

Teníase-cisticercose 50, 52, 55, 59, 60, 61

Tomate 152, 153, 154, 155, 183

Triticale 78, 79, 80, 81, 82, 83

Tritico secale 79, 80

U

Ultrassonografia 84, 85

Uso de cadáveres 1, 2, 3, 4

