

Pesquisas agrárias e ambientais

Vol. II

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
organizadores



Pantanal Editora

2020

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizador(es)

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
VOLUME II



Pantanal Editora

2020

Copyright[©] Pantanal Editora
Copyright do Texto[©] 2020 Os Autores
Copyright da Edição[©] 2020 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora

Edição de Arte: A editora. Imagens de capa e contra-capa: Canva.com

Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandris ArgenteL-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI

- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	<p>Pesquisas agrárias e ambientais [recurso eletrônico] : volume II / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 182p.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-88319-32-1 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319321</p> <p>1. Agricultura. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores da Pantanal Editora.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000. Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
 Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume II” é a continuação do e-book Volume I com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: biodigestor caseiro, estudo sensorial de iogurtes de morango, óxidos de cálcio e magnésio como alternativa na recuperação de área de pastagens, avaliação quanti-qualitativa dos impactos ambientais causados pela extração mineral de areia e seixo, ocupação de áreas urbanas, percepção ambiental e impactos socioambientais, comercialização da Farinha de Mandioca nos Estabelecimentos Comerciais, Influência da Salinidade na Germinação de sementes de Jerimum, Perfil dos feirantes e dos produtos comercializados na feira livre, monitoria em Estatística Básica: um relato da importância para o monitor e para os discentes, adição de húmus de minhoca ao substrato de cultivo no crescimento e produção da salsa, a drenagem urbana e o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, crescimento e desenvolvimento do girassol submetido a déficit hídrico, percepção de graduandos sobre sementes crioulas em universidades federais, produção de arroz: Perspectivas da fertirrigação. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume II, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Alan Mario Zuffo

Jorge González Aguilera

SUMÁRIO


Apresentação	4
Capítulo I	7
Biodigestor Caseiro: uma forma prática de construir com materiais de baixo custo.....	7
Capítulo II	15
Estudo sensorial de iogurtes de morango comercializados na Região de Carajás, Sudeste do Pará	15
Capítulo III	24
Óxidos de cálcio e magnésio como alternativa na recuperação de área de pastagens.....	24
Capítulo IV	38
Avaliação quanti-qualitativa dos impactos ambientais causados pela extração mineral de areia e seixo	38
Capítulo V	66
Ocupação de áreas urbanas, percepção ambiental e impactos socioambientais, Marabá, Pará, Brasil..	66
Capítulo VI	92
Comercialização da Farinha de Mandioca nos Estabelecimentos Comerciais no Município de Óbidos-Pará	92
Capítulo VII	101
Influência da Salinidade na Germinação de sementes de Jerimum (<i>Cucurbita</i> spp.)	101
Capítulo VIII	107
Perfil dos feirantes e dos produtos comercializados na feira livre do município de Óbidos-Pará.....	107
Capítulo IX	115
Monitoria em Estatística Básica: um relato da importância para o monitor e para os discentes.....	115
Capítulo X	120
Adição de húmus de minhoca ao substrato de cultivo no crescimento e produção da salsa (<i>Petroselinum crispum</i>)	120
Capítulo XI	128
A drenagem urbana e o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis	128
Capítulo XII	137
Crescimento e desenvolvimento do girassol submetido a déficit hídrico	137
Capítulo XIII	148
Percepção de graduandos sobre sementes crioulas em universidades federais ¹	148
Capítulo XIV	159
Produção de arroz: Perspectivas da fertirrigação	159

Sobre os Organizadores	180
Índice Remissivo	181


Produção de arroz: Perspectivas da fertirrigação


Recebido em: 06/11/2020

Aceito em: 10/11/2020


 10.46420/9786588319321cap14


Bruno Marcos Nunes Cosmo^{1*} 

Guilherme Constantino Meirelles¹ 

Tatiani Mayara Galeriani¹ 

Izabela Thaís dos Santos¹ 

Adolfo Bergamo Arlanch¹ 

Willian Aparecido Leoti Zanetti¹ 

Antônio dos Santos Júnior² 

INTRODUÇÃO

As elevadas taxas de crescimento da população em nível mundial nos últimos anos, geram crescentes preocupações com relação à segurança alimentar, uma vez que os avanços na produção agropecuária, embora expressivos, podem ser incapazes de suprir a exigência global em alimentos e outros artigos do setor (Pedroso Júnior et al., 2008; Cavalcante et al., 2011).

Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade por buscar novas formas de aumentar a produtividade agrícola, empregando os recursos disponíveis com o máximo de eficiência e garantindo sua manutenção para as gerações seguintes. Esse cenário torna-se propício para a evolução de técnicas como a irrigação e suas variações, como a fertirrigação em diferentes culturas e sistemas, como a rizicultura (Amorim, 2009; Cosmo et al., 2016).

O arroz (*Oryza sativa* L), configura uma das culturas mais expressivas em nível mundial, sendo empregado na alimentação de dois terços da população, suprimindo 20% da demanda energética e 15% da demanda por proteína dos seres humanos (Suhre et al., 2008).

No Brasil o arroz é parte da dieta tradicional da população, sendo produzido em todo o país, visando abastecer o mercado interno. Destaca-se a área cultivada de 1,97 milhões de hectares, com produtividade média de 6.118 kg ha⁻¹, totalizando 12,06 milhões de toneladas na safra 2017/2018, sendo a região sul responsável por cerca de 80% da mesma, de acordo com Silva et al. (2014) e a Companhia Nacional do Abastecimento - Conab (2019a).

Com relação ao uso de água, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2014), o arroz representa 29% da área mundial de culturas irrigadas. No Brasil a

¹ Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.

² Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil.

* Autor(a) correspondente: brunomcosmo@gmail.com

cultura é tradicionalmente produzida em irrigação por inundação, contudo, outros sistemas como a aspersão, também são adotados (Suhre et al., 2008; Vela et al., 2013).

Quanto a demanda nutricional, o arroz é exigente em nutrientes, devendo estes estarem prontamente disponíveis para não limitar sua produtividade. Destaca-se o nitrogênio como elemento que influencia a produção tanto em quantidade, quanto em qualidade, além de outros elementos importantes para a cultura (Fageria et al., 2003; Goes et al., 2016).

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo, desenvolver uma revisão literária, abordando a importância do arroz, bem como descrever seu desenvolvimento com relação à exigência hídrica e nutricional, para abordar a inserção da fertirrigação no sistema.

FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ARROZ

Importância socioeconômica do arroz

O arroz encontra-se dentre as culturas de maior importância no mundo, em especial nos países em desenvolvimento, sendo parte básica da alimentação de mais da metade da população do planeta (Viteri et al., 2016). Destaca-se ainda sua importância na geração de empregos, diversidade de produtos e subprodutos, dentre outros aspectos.

Sobre a origem, existe certa variação quanto ao centro de origem, admitindo-se dois principais, os continentes Asiático e Africano, porém, estudos indicam ainda seu surgimento no supercontinente Gondwana, a cerca de 130 milhões de anos, o que levou sua disseminação pelo globo, quando o continente se dividiu. Existem outras espécies do gênero *Oryza*, distribuídas pelo mundo, contudo, a espécie *Oryza sativa* L é a mais expressiva (Soares, 2005; Cordeiro, 2015).

Quanto à domesticação da cultura, a mesma pode ter ocorrido simultaneamente em diferentes locais da Ásia, entre 9.000 e 10.000 anos atrás, propagando-se para os demais continentes posteriormente (Lopes, 2019). No continente americano, atribui-se a introdução da cultura aos colonizadores portugueses, espanhóis e holandeses, chegando a Bahia no século XVI e no Maranhão no século XVII (Nascimento, 2008).

Essa compreensão da origem da cultura, permite perfazer o fato que apesar do arroz ser produzido nos cinco continentes, 90% da produção provém da Ásia, destacando a China e a Índia como os maiores produtores (Conab, 2015). No Brasil, o agronegócio responde por mais de 1/5 do Produto Interno Bruto - PIB, e por metade do saldo da balança comercial, devido aos empregos gerados. No segmento das principais culturas de cereais cultivadas estão o milho, arroz e trigo, respectivamente, em ordem decrescente (Santos et al., 2018).

O Brasil responde por cerca de 80% da produção de arroz do Mercosul, sendo o nono maior produtor mundial e o maior fora da Ásia. O Brasil é considerado um dos poucos países com populações

extensivas de espécies silvestres e com cultivo de variedades tradicionais, fora dos centros de origem e diversidade da cultura, gerando um rico conjunto gênico (Rangel et al., 2000; Fernandes et al., 2015; Santos et al., 2018).

O arroz é parte tradicional da alimentação brasileira, sendo um dos países com maior expressão em produção e consumo fora do continente asiático, entretanto, nos últimos anos, observa-se uma redução no consumo do cereal, mas mesmo considerando momentos de alto consumo, o país encontra-se longe dos maiores consumidores mundiais, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Ranking de consumo *per capita* de arroz no mundo. Fonte: Adaptado de Ceolin.

Posição	País	Consumo (kg habitante ⁻¹ ano ⁻¹)	Continente
1º	China	206,0	Ásia
2º	Bangladesh	172,0	Ásia
3º	Vietnã	142,0	Ásia
4º	Indonésia	134,0	Ásia
5º	Mianmar	130,0	Ásia
13º	Panamá	66,0	América
14º	Costa do Marfim	63,0	África
----	Média Mundial*	35,0-70,0	----
----	Brasil*	45,0	América
----	Brasil	25,0-30,0	América

* Embrapa (2015).

Conforme a Tabela 1, destaca-se que além de centro de origem, o arroz é uma cultura de destaque na Ásia, visto que os maiores consumidores provêm do continente. Reforçando o emprego do arroz como fonte de alimento versátil e barata, considerado com maior potencial para combater a fome no mundo, em especial nos países em desenvolvimento (USDA, 2015).

Em 2005, de acordo com Soares (2005), em termos de valor da produção o arroz poderia ser considerado o cereal mais importante do mundo, com o emprego de 85% da produção para o consumo humano, contra 65% do trigo e 18% do milho (cereais de expressividade mundial), na época, o arroz também era tido como o terceiro maior produto em área colhida.

O emprego do arroz na alimentação humana, não precisa ter necessariamente o caráter convencional de arroz branco polido, acompanhado de feijão, como ocorre no Brasil, existem vários outros produtos e subprodutos do arroz, tanto para o setor alimentar, quanto em outros. Pode-se destacar segundo Soares (2005), a palha e a casca, essa última empregada comumente como combustível de fornos e caldeiras, de acordo com Santos et al. (2014).

Cita-se ainda o farelo empregado na alimentação animal, óleo (com baixa porcentagem de ácidos saturados), amido (cosméticos), as bebidas de arroz de acordo com Rosa (2018), como o saquê, cervejas

com até 40% de malte de arroz e o vinagre de arroz produzido a partir de sua fermentação, além da farinha para pães (até 30% da composição), dentre outros subprodutos.

De acordo com os levantamentos da Conab (2019b), a produção anual de arroz no Brasil oscila entre 10 e 12 milhões de toneladas. Embora o país apresente diversidade genética e amplitude de climas, com produtividades elevadas, o país é responsável apenas por cerca de 1,7% da produção mundial (USDA, 2015). A Figura 1, apresenta o comportamento da área cultivada e da produtividade do arroz no país entre as safras de 2001/02 até 2018/19.

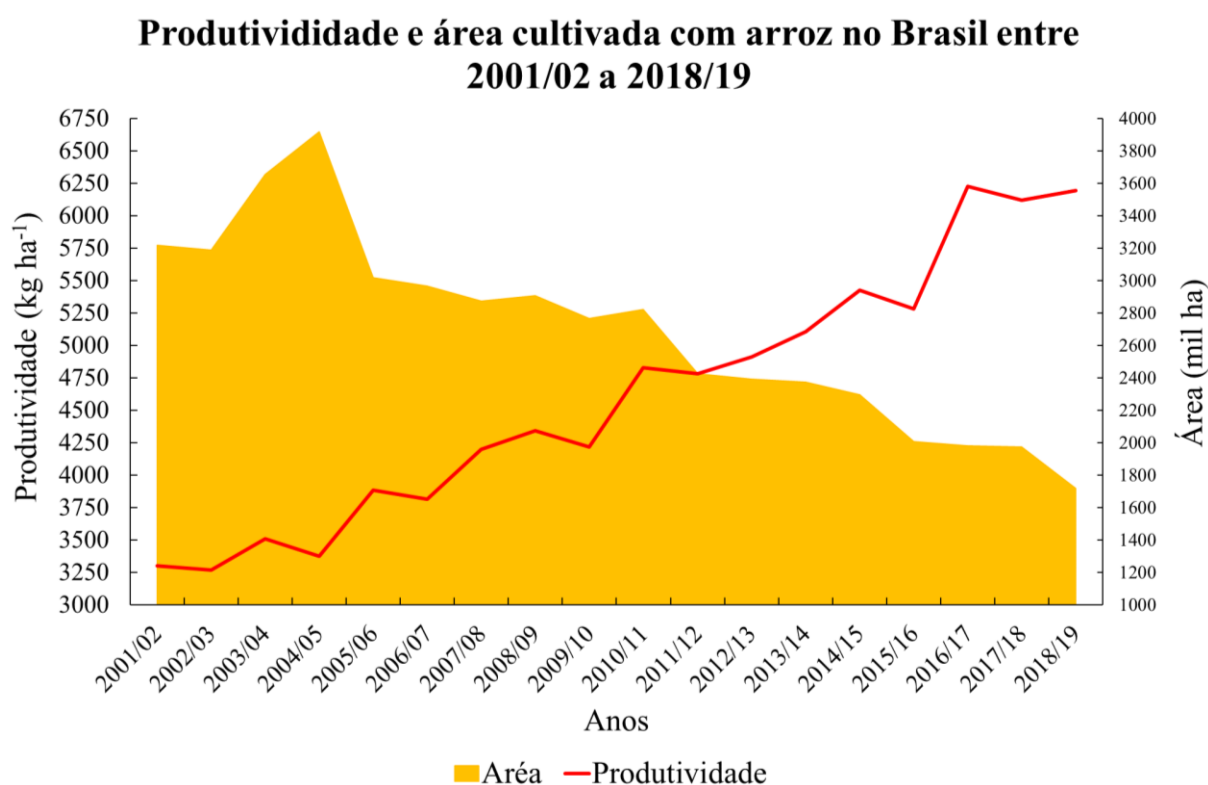


Figura 1. Comparativo: Área e produtividades de Arroz. Adaptado de Conab (2019b).

Conforme pode-se observar a área cultivada apresentou franca redução, em partes devido a substituição do arroz por outras culturas, enquanto a produtividade média apresentou crescimento de quase 88% no período, garantindo produção estável de acordo com Alves et al. (2018), próxima de 12 milhões de toneladas.

A partir da safra 2015/16 a Conab, passou a fragmentar as informações de cada sistema de cultivo. Permitindo diferir entre sistemas irrigados e de sequeiro, sendo que o sistema irrigado apresenta uma produtividade normalmente três vezes maior que o sistema de sequeiro, sendo o sistema irrigado mais expressivo, em volume produzido e produtividade.

De toda a área irrigada no planeta, 61% é destinada aos cereais, sendo quase metade empregada pelo arroz, ou seja, 29% da área mundial irrigada é compreendida pela cultura do arroz (cerca de 6% da área agrícola total). As áreas irrigadas representam cerca de 20% da área cultivada, porém, contribuem com cerca de 40% da produção total de alimentos (FAO, 2014).

Na cultura do arroz, o principal sistema de irrigação empregado é por inundação, presente especialmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte de Tocantins, que produzem cerca de 70%, 13% e 5% do arroz nacional, respectivamente, seguidos pelos estados de Mato Grosso e Maranhão que juntos produzem cerca de 6% do arroz nacional, predominantemente em sistema de sequeiro (Conab, 2018; Conab, 2019a).

Apesar do sistema por inundação ser o mais expressivo, existem trabalhos visando o uso de outros sistemas, focando em aumentar a eficiência de uso da água, Vela et al. (2013), constataram produtividades de até 8.273,59 kg ha⁻¹ com a utilização da lâmina de 180,11% da evapotranspiração da cultura no sistema por aspersão.

Um estudo conduzido por Vories et al. (2013), avaliou o emprego de irrigação por pivô central no arroz, em Arkansas (EUA), e encontraram lâminas de irrigação total entre 3.560 a 5.030 m³ ha⁻¹, contra 11.680 a 18.800 m³ ha⁻¹ do sistema inundado, apresentando produtividades semelhantes. Em outro estudo Adekoya et al. (2014), avaliaram a produtividade de arroz irrigado por gotejamento com lâmina total de 3.000 m³ ha⁻¹, contra 11.250 m³ ha⁻¹ do sistema por inundação, ou seja, 275% a menos de água, obtendo produtividades 5 a 15% menores.

Embora existam possibilidades de substituição ao sistema inundado, de acordo com Mantovani et al. (2009), algumas regiões devido às características próprias e fatores locais tendem a manter o uso deste sistema, necessitando assim de métodos que melhorem o emprego do mesmo, não visando apenas sua substituição, mas sua melhoria.

Fases fenológicas do arroz

A fenologia de uma cultura refere-se a parte da botânica que estuda as diferentes fases de crescimento e desenvolvimento das plantas, denominadas, fases fenológicas, que envolvem germinação, desenvolvimento vegetativo, reprodutivo, facilitando o manejo e o estudo, por meio de caracteres morfológicos relacionados à processos fisiológicos (Câmara, 2006).

Cada cultura apresenta uma escala fenológica distinta que visa agrupar as fases fenológicas em ordem cronológica. De acordo com Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado - SOSBAI (2016), o arroz é uma cultura anual da família poaceae, do grupo fotossintético C3, adaptada ao ambiente aquático, devido a presença de aerênquima no colmo e raízes.

Como o cultivo de arroz se faz em diferentes regiões do planeta e mesmo em sistemas distintos nestas regiões, existem diversas escalas de desenvolvimento fenológico, classificando os estágios da cultura em fases ou macro fases, Eberhardt et al. (2015), por exemplo, citam a divisão nas macro fases: plântula, vegetativa e reprodutiva, enquanto Castro et al. (2018), utilizam a divisão das macro fases vegetativa, reprodutiva e maturação. Outros trabalhos como Silva et al. (2015) e Goes et al. (2016), também utilizam a última fragmentação.

Como esta última divisão é a mais empregada em experimentos e livros sobre a cultura, será também empregada neste trabalho. De acordo com Soares (2005), a fase vegetativa inicia com a germinação da semente e estende-se até a diferenciação do primeiro primórdio floral (com duração de 40 a 150 dias), nesse ponto inicia a fase reprodutiva que se prolonga até a floração, polinização e fertilização (cerca de 35 dias), de onde inicia a fase de maturação que encerra na maturação completa (25 a 35 dias).

De acordo com a Embrapa (1996), Guimarães et al. (2002) e Soares (2005), o ciclo do arroz pode oscilar entre 3 a 6 meses, e a macro fase vegetativa é que define essa duração. A fase vegetativa divide-se em duas mesofases a fase vegetativa básica que não sofre influência de fotoperíodo e a fase sensível ao fotoperíodo, dentro das mesofases encontram-se as etapas de germinação, plântula, perfilhamento e alongação do colmo. O início do perfilhamento não depende do ambiente, começando no estágio com 4-5 folhas, entretanto, seu desenvolvimento pleno está diretamente ligado a fatores como nutrição, radiação solar e temperatura.

A fase reprodutiva divide-se entre a formação e desenvolvimento da panícula e floração. A panícula torna-se visível 10 dias após a diferenciação como uma estrutura cônica, plumosa de 0,5 a 1,5 mm. Ocorre a evolução principal dos 4 últimos entrenós, e o alongamento do último determina a emergência da panícula (EP), dando início ao florescimento com seu pico entre o 2º a 4º dia após a EP, a fase encerra-se na fecundação (Embrapa, 1996; Guimarães et al., 2002).

Nessa fase a planta é sensível a baixa temperatura, radiação, deficiência hídrica e de nitrogênio, sendo definido o número e tamanho de espiguetas, fatores ligados diretamente a produção, durante esta fase (Guimarães et al., 2002).

Por fim a fase de maturação estende-se do florescimento (fertilização) até a maturação completa e apresenta três estágios, sendo eles grão leitoso, grão pastoso e grão maduro. Baixas temperaturas podem prolongar a duração desta fase (Guimarães et al., 2002).

O conhecimento das fases de desenvolvimento do arroz é de extrema importância para garantir a realização dos manejos de forma a obter a máxima produtividade, por exemplo, de acordo com Goes et al. (2016), a necessidade de irrigação na cultura é distinta em cada fase, uma vez que o Coeficiente da Cultura (Kc), (parâmetro relacionado aos fatores fisiológicos da cultura, segundo Lopes et al. (2011), apresenta valores distintos em cada fase.

Necessidades nutricionais do arroz

Devido à importância e expressividade do arroz no Brasil e no mundo, citadas nos tópicos anteriores, muito se têm estudado visando ampliar sua produtividade. Tal necessidade de atingir maiores produtividades, gera maior demanda por tecnologia e informação, dentre os fatores que podem condicionar aumento de produtividade, o conhecimento da nutrição da planta é fundamental, aliando-se com os custos de fertilizantes, técnicas para quantificar e monitorar o estado nutricional vêm sendo adotadas (Guindani et al., 2009).

De acordo com Fageria et al. (1995) e Faquin (2005), o conhecimento das exigências nutricionais de uma cultura, não está atrelado exclusivamente a parâmetros como o teor do elemento no solo e a produtividade estimada, mas a uma dinâmica de variáveis relacionadas, como as condições climáticas, solo, cultivar, produtividade esperada, sistema de cultivo, e etc.

De forma generalizada Fageria et al. (1995), estimaram em 1995 a ordem de extração de elementos do arroz de acordo com o sistema irrigado e de sequeiro, estabelecendo as seguintes ordens de macronutrientes: Sequeiro: N > K > P > Ca > Mg; e Irrigado: K > N > Ca > P > Mg. Entretanto, o advento de novas cultivares pode ter gerado alterações nesta ordenação.

Tabela 2. Faixas de extração de macronutrientes e silício no arroz. Fonte: Adaptado de: 1) Fageria et al. (1995); 2) Barbosa Filho et al. (2002); 3) Crusciol et al. (2003a); 4) Crusciol et al. (2003b); 5) Soares (2005); 6) Crusciol et al. (2016a); 7) Crusciol et al. (2016b).

Elemento	Extração (kg de elemento t ⁻¹ de grãos de arroz)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Si
1*	20,0-47,0	4,5-7,5	34,0	5,3-5,5	3,2-4,5	-----	-----
2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	46,0-94,0
3**	23,2-40,1	4,0-6,6	19,2-40,6	6,4-10,7	4,0-8,7	2,2-4,0	-----
4**	23,2-43,0	3,4-6,0	16,1-29,5	4,9-10,1	4,0-6,0	2,0-3,5	-----
5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	46,0-94,0
6***	24,0-38,0	3,0-4,6	34,0-59,0	24,0-34,0	7,7-12,7	7,5-12,5	-----
7***	-----	-----	-----	-----	-----	-----	18,9-29,9
Amplitude	20,0-47,0	3,0-7,5	16,1-59,0	4,9-34,0	3,2-12,7	2,0-12,5	18,9-94,0

* Cultivo de sequeiro (cerrado) e irrigado (várzea); ** Cultivares de terras altas, irrigados por aspersão; *** Cultivares de terras altas.

A Tabela 2, apresenta algumas faixas de extração de macronutrientes e Silício (Si) pelo arroz de acordo com diferentes sistemas de cultivo, enquanto a Tabela 3, apresenta faixas de exportação de macronutrientes e Si pelo arroz de acordo com vários sistemas de cultivos, adotados em experimentos de diversos autores.

As informações das Tabelas 2 e 3, fazem uma interpolação de diversos autores e, portanto, podem considerar sistemas de sequeiro ou irrigado (irrigação de diferentes tipos, como aspersão e inundação), o

que pode afetar a dinâmica dos nutrientes no solo e na planta. Segundo SOSBAI (2012) e Nunes (2016), para o arroz terras altas o pH ideal encontra-se próximo de 5,5, enquanto no sistema inundado eleva-se para 6,0 e 6,5 e ocorre a eliminação do alumínio trocável.

Tabela 3. Faixas de exportação de macronutrientes e silício no arroz. Fonte: Adaptado de: 1) Fageria et al. (1995); 2) Crusciol et al. (2003a); 3) Crusciol et al. (2003b); 4) SBCS (2004); 5) Crusciol et al. (2007); 6) Crusciol et al. (2016a); 7) Crusciol et al. (2016b); e 8) Portugal (2019).

Elemento	Exportação (kg de elemento t ⁻¹ de grãos de arroz)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Si
1*	10,1-50,4	2,5-6,2	1,8-3,0	0,3-0,4	1,0-1,2	-----	-----
2**	15,2-16,0	2,4-2,9	3,1-4,1	1,5-2,6	0,6-1,6	0,9-1,2	-----
3**	13,0-15,1	2,4-2,6	2,8-3,4	1,7-2,3	0,7-1,0	0,8-0,9	-----
4***	14,0	5,0	6,0	-----	-----	-----	-----
5**	12,1-18,9	1,6-4,1	3,8-7,1	3,3-10,5	1,1-2,5	1,8-2,6	-----
6****	12,0-17,0	2,7-3,6	3,6-4,0	3,9-4,3	1,2-1,8	1,3-1,7	-----
7****	-----	-----	-----	-----	-----	-----	4,0-6,0
8*****	10,2-13,7	3,0-3,7	2,1-3,2	4,1-4,3	1,0-1,3	1,2-1,7	-----
Amplitude	10,1-50,4	1,6-6,2	1,8-7,1	0,3-10,5	0,6-2,5	0,8-2,6	4,0-6,0

* Cultivo de sequeiro (cerrado) e irrigado (várzea); ** Cultivares de terras altas, irrigados por aspersão; *** Manual de Adubação e de Calagem para o RS e SC; **** Cultivares de terras altas; ***** Cultivares de terras altas, com diferentes culturas de cobertura vegetal anteriores.

A inundação modifica aspectos físicos, químicos e biológicos do sistema. Destaca-se a alteração do meio aeróbico para anaeróbico, como uma das principais modificações. Com a presença da água ocorre o acúmulo de gás carbônico no solo, devido à baixa velocidade de difusão deste pela água. Fisicamente nota-se alterações na estrutura (agregação), permeabilidade (instabilidade dos agregados) e temperatura do solo (calor específico da água).

Biologicamente devido a condição anaeróbica, os organismos aeróbicos consomem o oxigênio disponível e se inativam ou morrem, com isso os organismos anaeróbicos começam a se proliferar utilizando a energia da matéria orgânica, entretanto, os processos desempenhados por eles são lentos e reduzem a velocidade de decomposição da matéria orgânica (SOSBAI, 2012).

Quimicamente, a inundação altera o potencial de oxirredução de alguns elementos, pH e condutividade elétrica. Em solos submersos ocorre a redução de diversos elementos, como o nitrato (desnitrificação), aumentando a quantidade de Nitrogênio (N) em solução. Ainda ocorre a redução do Manganês (Mn), Ferro (Fe) (principal mudança química no solo alagado) e sulfato. Devido a solubilização dos nutrientes, a condutividade elétrica aumenta rapidamente e depois estabiliza-se. Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) podem apresentar maior disponibilidade no sistema inundado (SOSBAI, 2012; Nunes, 2016).

Uma consideração importante sobre a cultura do arroz, é que de acordo com Rodrigues et al. (2006), Dias et al. (2010) e Lange et al. (2016), o arroz de terras altas teve grande expressividade como

cultura pioneira associado a abertura de novas fronteiras agrícolas, como os cerrados. Caracterizando-se por um cultivo de baixo custo de produção, devido à baixa adoção de técnicas e práticas recomendadas, resultando em baixas produtividades.

De acordo com a Embrapa (2007) e Lange et al. (2016), o arroz foi empregado como cultura pioneira devido a sua tolerância a acidez média, com solos de pH 5,0-5,5 e com baixas fertilidades, sendo a cultura empregada para adequar a área para culturas posteriores. Para atingir elevadas produtividades o arroz apresenta certo grau de exigência nutricional.

Dentre os elementos mais acumulados, destaca-se o N. Sua falta é considerada um dos maiores limitantes à produtividade. Sua importância encontra-se no fato de ser componente da clorofila, participando no aumento da área foliar e na eficiência de interceptação da radiação solar e taxa fotossintética, dentre os principais efeitos da adubação com N, está o aumento do número de panículas e de grãos por panículas (Fidelis et al., 2012; Santiago et al., 2013).

O N também interfere na absorção de K, altas doses de N favorecem a absorção de K, Mg e acúmulo de Enxofre (S) e P nos grãos. Com relação a eficiência de uso do N pelo arroz, considera-se a mesma próxima a 40%, o elemento ainda por ser perdido por lixiviação, volatilização e desnitrificação, recomendando-se o parcelamento de suas doses entre a semeadura e os estágios V3/V4 e início da formação de panícula. Em solos inundados o N está presente principalmente como amônia (Fageria et al., 2003; SOSBAI, 2012; Cardoso et al., 2015).

O P é considerado o elemento com maior deficiência nos solos brasileiros, devido à alta capacidade de fixação deste pelas partículas do solo, o que reduz sua disponibilidade. Para o arroz de terras altas a eficiência de absorção do elemento oscila próximo a 20%. No desenvolvimento do arroz o P atua principalmente na preservação e transferência de energia, fotossíntese, crescimento e desenvolvimento radicular, sendo necessário para o perfilhamento, formação, enchimento e qualidade de grãos (Santiago et al., 2013).

No cultivo inundado, a maior absorção de P inicia a partir do perfilhamento e vai até a maturação, em irrigação por aspersão apresenta menor faixa de absorção. No sistema inundando ainda recomenda-se fracionar a adubação para reduzir a formação de algas, sendo a aplicação de cobertura no início do perfilhamento (Scivittaro et al., 2012; SOSBAI, 2012).

Para a dinâmica do K, destaca-se sua predisposição para perdas por lixiviação, nesse sentido, a adubação poderá ser fracionada entre semeadura e cobertura. No arroz, o K compreende o elemento com maior extração de forma generalizada, entretanto, a exportação para os grãos é baixa, na faixa de 20%. A maior absorção do elemento compreende o perfilhamento até a maturação (SOSBAI, 2012; Santiago et al., 2013).

Dentre as funções exercidas na planta destaca-se a regulação osmótica dos tecidos das folhas (turgescência), abertura estomática, fotossíntese, transporte de carboidratos solúveis, aumento na massa dos grãos, além do fortalecimento das paredes celulares com lignina, elevando à resistência ao acamamento, pragas e doenças (Malavolta, 1978; Cardoso et al., 2015).

Com relação aos macronutrientes secundários, Ca e Mg são fornecidos para a planta pelo processo de calagem, visando a correção da acidez do solo e reduzir a toxidez por alumínio. Considera-se que o Ca seja indispensável para garantir a estrutura e funcionamento das membranas celulares, atuando sobre sua permeabilidade. Também atua melhorando o desenvolvimento radicular e pode estar vinculado ao aumento na resistência a toxicidade por outros elementos (Faquin, 2005; SOSBAI, 2012).

Quanto ao Mg, é um elemento exigido em baixas quantidades pelas plantas, sua principal função é compor a molécula de clorofila (porfirinas magnesianas), também atua na ativação enzimática, sendo um cofator de enzimas fosforilativas. Seu excesso pode resultar na deficiência de outros elementos como o Zinco (Zn) (Malavolta, 1978; Faquin, 2005).

Com relação ao S, o volume extraído pela planta é semelhante ao do P, entretanto, a exportação é menor (30% do S extraído é exportado), o elemento é considerado essencial uma vez que está envolvido na síntese de aminoácidos que constituíram vitaminas, hormônios e enzimas, embora não esteja presente na clorofila, ele é necessário para sua produção. O S deve estar presente em quantidades adequadas nos tecidos da planta, especialmente no perfilhamento e início da formação da panícula para garantir o adequado desenvolvimento da cultura (Malavolta, 1978; Carmona, 2007; SOSBAI, 2012).

Outro elemento importante para o arroz é o Si, apesar de não ser um nutriente essencial, é considerado benéfico e altamente extraído pela cultura. No arroz o Si está relacionado com o aumento da resistência a doenças fúngicas, com destaque para a brusone (Santiago et al., 2013). Também pode estar relacionado com a resistência a herbivoria de insetos fitófagos, reduz problemas de acamamento, além de ter efeito positivo no crescimento, desenvolvimento e produtividade de grãos do arroz (Santiago et al., 2013; Nogueira et al., 2018).

Dadas as considerações sobre macronutrientes e Si, alguns comentários sobre os micronutrientes devem ser realizados. São considerados como micronutrientes o Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Fe, Mn, Molibdênio (Mo) e Zn. Segundo Santiago et al. (2013), a ordem de absorção de alguns destes é a seguinte: $Mn > Fe > Zn > Cu > B > Mo$. Dentre as funções, o Mn atua como transportador de elétrons da fotossíntese, estando envolvido com a formação da clorofila. O Fe é ativador enzimático de várias reações, como a formação da clorofila, síntese de proteínas e transporte de elétrons na fotossíntese (Fageria et al., 2006; Santiago et al., 2013).

O B está envolvido com a formação de células e com o funcionamento de determinadas enzimas, enquanto o Mo está ligado ao metabolismo do N. O Zn é constituinte de diversas enzimas, enquanto o

Cu é ativador de enzimas relacionadas com óxido-redução. Por fim o Cl, está envolvido com a fotossíntese, além de ser ativador enzimático (Fageria et al., 2006).

Dentre estes elementos, as deficiências mais comuns estão relacionadas ao Zn e ao Fe, sendo que a deficiência de Zn quando severa, pode levar a morte da planta. Para os demais elementos não é comum a constatação de sintomas de deficiência, com relação às exigências, destaque-se o Cu, Fe, Mn e Zn, como sendo absorvidos em maior quantidade no início da fase reprodutiva do arroz (Fageria et al., 2006; Scivittaro et al., 2012; Santiago et al., 2013).

O entendimento das funções de cada nutriente é essencial no sucesso da atividade, e sua importância torna-se visível através de trabalhos que buscam quantificar a marcha de absorção de macro (Alvarez et al., 2005; Fageria et al., 2008; Crusciol et al., 2016a; Crusciol et al., 2016b) e micronutrientes (Crusciol et al., 2016b) na cultura.

De acordo Alvarez et al. (2005), Fageria et al. (2008), Crusciol et al. (2016a) e Crusciol et al. (2016b), no arroz, a absorção de K é a mais elevada, seguida pelo N e Ca, enquanto o Si, encontra-se ligeiramente acima de Mg, S e P. Para os micronutrientes, Fe e Mn apresentam absorção elevada em comparação aos demais, seguidos pelo Zn e por Cu e B, semelhantes entre si. O Cl e o Mo, por sua vez, raramente apresentam problemas de deficiência, devido ao uso de cloreto de K nas lavouras no caso do Cl, e das necessidades extremamente baixas de Mo.

Deve-se destacar que as considerações para todos os elementos, baseiam-se na avaliação de três cultivares de arroz de terras altas de acordo com informações extraídas de Crusciol et al. (2016a) e Crusciol et al. (2016b), onde estes dados representam cultivares antigas, intermediárias e modernas e, portanto, podem haver oscilações deste comportamento, para outras cultivares.

O conhecimento da nutrição e da ação de cada elemento na cultura permite ao produtor realizar os manejos mais assertivos visando atingir altas produtividades de forma eficiente, destaca-se que cada situação deve ser avaliada, levando em conta suas particularidades, e esse conhecimento está diretamente atrelado com as condições de cultivo e a fenologia da cultura.

Necessidades hídricas do arroz

A necessidade hídrica do arroz é um dos fatores mais delicados a ser manejado, em especial em sistema de sequeiro ou terras altas, uma vez que a espécie é uma das mais exigentes em água por unidade de fitomassa produzida, talvez sendo a cultura que mais necessite de água em comparação com outras de ciclo similar (Soares, 2005; Carvalho et al., 2013).

Considera-se a demanda hídrica para o arroz de terras altas na faixa de 450 a 700 mm, durante o ciclo completo, entretanto, essa quantidade pode oscilar ainda em função do material utilizado, solo, região e etc. (Rodrigues et al., 2004; Carvalho et al., 2013). Alguns trabalhos indicam precipitações superiores a

200 mm mês⁻¹, durante o ciclo do arroz de sequeiro para evitar perdas de produtividade, em especial no emborrachamento e floração (Soares, 2005).

Nas áreas irrigadas por inundação, a demanda hídrica leva em conta a necessidade da cultura, a quantidade de água para saturar o solo e a demanda para garantir uma altura de lâmina de água estável, empregam-se entre 7.000 a 12.000 m³ ha⁻¹, na produção inundada em um período de 80 a 100 dias (média de 7 a 15 mm dia⁻¹) (Santiago et al., 2013; Silva et al., 2015).

Com relação a distribuição da necessidade hídrica, a fase vegetativa é a menos sensível ao déficit hídrico, enquanto a fase reprodutiva é a de maior sensibilidade, considerada fase crítica, pela diferenciação dos tecidos vegetativos e reprodutivos. A proporção de água total exigida pela cultura pode ser dividida em 30% na fase vegetativa, 55% na fase reprodutiva e 15% na fase de maturação. A necessidade média diária está na ordem de 1 a 6 mm na fase vegetativa, 6 a 7 mm na fase reprodutiva e 4 a 2 mm na maturação (Soares, 2005; Carvalho et al., 2013).

Uma forma de representar a exigência hídrica e estratifica-la no desenvolvimento da cultura é apresentar os valores de Kc ou Coeficiente da Cultura, segundo Mantovani et al. (2009), esse coeficiente é a representação da cultura, variando conforme o estágio de desenvolvimento, com elevação linear até o máximo (na fase reprodutiva), onde volta a descer linearmente.

O Kc do arroz nos sistemas inundados mantém-se próximo de 1,00 – 1,20 durante o ciclo todo. Enquanto o Kc nos sistemas de sequeiro e/ ou irrigados por outros sistemas pode oscilar em função de fatores fisiológicos (Rodrigues et al., 2004; Back et al., 2018). A Tabela 4, apresenta uma junção de trabalhos para apresentar as faixas de Kc conforme a fase da cultura.

Conforme observar-se, o coeficiente é maior no período que compreende o início da fase reprodutiva até o enchimento dos grãos, assim de acordo com Carvalho et al. (2013), déficit hídrico por 5 ou mais dias na fase reprodutiva pode gerar perdas de produtividade de até 70%.

Destaca-se que para modificação do sistema de irrigação inundado para outros sistemas mais eficientes é muito importante o conhecimento das exigências hídricas do arroz, bem como os momentos críticos de tais exigências, uma vez que diferente do sistema inundado onde a água encontra-se disponível em praticamente todo o ciclo da cultura, em outros sistemas ela deverá ser fornecida conforme for sua demanda.

Algumas pesquisas, como as desenvolvidas por Crusciol et al. (2003a), Crusciol et al. (2003b), Crusciol et al. (2007), Crusciol et al. (2016a) e Crusciol et al. (2016b), demonstram que o arroz de sequeiro, se conduzido em sistema de aspersão complementar as precipitações naturais, pode igualar sua produtividade ao arroz irrigado por inundação com complementação de apenas 10 a 15% da água necessária para a cultura, a depender da região (Arantes, 2013).

Tabela 4. Coeficiente da cultura (Kc), para as fases de desenvolvimento de arroz (terras altas). Fonte: Adaptados de 1) Steinmetz (1986); 2) Reichardt (1987); 3) Rodrigues et al. (2004); 4) Carvalho et al. (2013); e 5) Goes et al. (2016).

Fase	Coeficiente da Cultura - Kc*					Amplitude
	1	2	3	4	5	
Vegetativa Inicial - VI Emergência ao pleno perfilhamento	0,3-0,7	0,3-0,4	0,2-0,4	0,6	0,4	0,2-0,7
Vegetativa Final - VF VI até emissão da panícula	0,9	0,7-0,8	0,2-0,4	0,7	0,4-0,7	0,2-0,9
Reprodutiva Inicial - RI VF até Pré-floração	1,2	1,1-1,2	0,4-0,7	1,3	0,7	0,4-1,3
Reprodutiva Final - RF RF até fertilização	1,2	1,1-1,2	0,5-1,0	1,3	1,1	0,5-1,3
Maturação Inicial - MI MI até grão pastoso	0,9	0,7	0,5-1,0	1,3	1,1	0,5-1,3
Maturação Final - MF MF até maturação	0,9	0,2-0,3	0,4-0,7	0,7	0,7	0,2-0,9

* Considerando sistemas de cultivo em terras altas, sequeiro ou com irrigação por aspersão.

Fertirrigação

Diferentemente de outras culturas, abordar o tema de fertirrigação no arroz, torna-se um campo delicado. Devido às características tradicionais de produção deste cereal, existem muitos trabalhos voltados na busca de medidas para aumentar a eficiência de uso de água ou substituir o sistema de irrigação por inundação contínua por outros sistemas, do que voltados propriamente a prática de fertirrigação na cultura.

Em 2009, Andres et al. (2009), já destacava que no Rio Grande do Sul, a irrigação por inundação contínua poderia ser substituída pela intermitente sem perdas de produtividade e com economia de uso da água entre 30 a 40%. O arroz pode ser produzido pelos tradicionais sistemas de inundação contínua e intermitente (Andres et al., 2009), gotejamento (Adekoya et al., 2014; Ramulu et al., 2016; Ramadass et al., 2017), aspersão convencional e pivô central (Vela et al., 2013; Vories et al., 2013) e por gotejamento subterrâneo ou subsuperficial (Bastos, 2015).

Sobre a fertirrigação nestes sistemas, as informações ainda se encontram limitadas, no sistema de inundação sua implementação é reduzida, se não inexistente, devido à baixa eficiência e uniformidade deste sistema. Encontram-se alguns trabalhos para gotejamento, como o de Ramulu et al. (2016), contudo, o maior número de informações sobre fertirrigação no arroz refere-se à aspersão convencional e/ ou por pivô central. Considerando-se tal situação, a abordagem de fertirrigação no arroz será concentrada nos sistemas de aspersão.

De acordo com Santiago et al. (2013), esta prática reduz o custo de aplicação e o trânsito de máquinas na lavoura, bem como facilita o fornecimento de nutrientes em diferentes momentos da cultura, independentemente de altura e do fechamento da mesma. Ainda segundo o autor a fertirrigação no arroz

preferencialmente por aspersão pode ser realizada sem grandes dificuldades para o fornecimento de N e K. Para o K destacam-se fontes como o cloreto de K e o nitrato de K, parcelados entre a semeadura e fertirrigações posteriores.

Segundo Santiago et al. (2013), o parcelamento de K é realizado para evitar altas doses no sulco de semeadura que poderão ser perdidas por lixiviação e evitar a salinização próxima a semente. Quanto ao P, apesar de existirem fonte solúveis como o Fosfato Monoamônico e Diamônico, e outras, devido a sua pouca mobilidade no solo e pela possível precipitação na água da irrigação caso o conteúdo de Ca e Mg seja alto, indica-se seu uso total na semeadura.

Dentre os micronutrientes, com exceção de B e Cl que apresentam maior mobilidade no solo, os demais com pouca mobilidade podem ser aplicados por fertirrigação sem grandes dificuldades, entretanto, para alguns o deslocamento para camadas mais profundas de solo pode ser dificultado, tornando-os disponíveis apenas em safras seguintes. A aplicação de fertilizantes na forma líquida apresenta melhor uniformidade de distribuição (Santiago et al., 2013).

Embora a prática de fertirrigação possa ser empregada para diferentes elementos, a grande maioria dos trabalhos envolvendo a cultura do arroz, foca-se na aplicação de N. Esse fato pode ser justificado, uma vez que nas regiões produtoras de arroz, o N é o principal fator limitante de ordem nutricional da produtividade (Kichel et al., 2011).

De acordo com a SOSBAI (2014), o manejo de N preferencial em áreas inundadas consiste na aplicação de 10 a 15% do N na semeadura da cultura, e o restante parcelado entre o início do perfilhamento com cerca de 60% do N em solo seco, antes da entrada de água na lavoura e por fim na iniciação da panícula, por via aérea sobre uma lâmina de água não circulante.

Este mesmo manejo foi exportado para os cultivos em terras altas, realizando-se o fracionamento do N entre a semeadura e duas aplicações de coberturas, entretanto, em sistemas de aspersão, lançando-se mão da fertirrigação tal fracionamento pode ser aumentado e realizado semanalmente, por exemplo. O Fracionamento, ainda melhora a eficiência agrônômica de aproveitamento do N, que em geral encontra-se entre 40 a 50% (Fabre et al., 2011; Dutra, 2016).

De acordo com Santiago et al. (2013), o parcelamento melhora o aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados em especial em solos arenosos, períodos chuvosos e/ ou quando a dose for elevada. Indicando ainda a escolha da fonte de N adequada, considerando ainda outros fatores importantes do sistema, como clima, deficiência de outros elementos e afins.

Na fertirrigação por gotejamento os trabalhos de Ramulu et al. (2016) e Ramadass et al. (2017), avaliaram a interação entre a quantidade de água irrigada, definida por diferentes porcentagens da evapotranspiração da cultura e porcentagens da adubação recomendada.

Ramulu et al. (2016), encontraram as melhores produtividades em 120 kg ha^{-1} de N com lâmina de 150% da evapotranspiração da cultura. Enquanto Ramadass et al. (2017), encontraram produtividades estatisticamente iguais entre o sistema inundado e o sistema de gotejamento com lâmina equivalente a 150% da evapotranspiração da cultura e 125% da dose de N recomendada.

Os dados acima destacam a economia com relação a quantidade de água, mas pouco demonstram sobre a eficiência da adubação da cultura por meio da fertirrigação, por outro lado, os trabalhos nacionais, envolvendo o emprego de fertirrigação via aspersão principalmente, são mais eficientes em demonstrar esta vantagem, como exemplificam os trabalhos de Dutra et al. (2013), Dutra et al. (2014), Menezes et al. (2014), Dutra (2016) e Dutra et al. (2016).

Em seu trabalho Dutra et al. (2013), encontraram incrementos de 20% na produtividade de grãos realizando o parcelamento da dose de cobertura por fertirrigação em 8 vezes a partir do estágio vegetativo V5 por pivô central, em comparação ao manejo com aplicação da mesma dose de N dividido na adubação de base e duas aplicações de cobertura. Em outros trabalhos Dutra et al. (2014) e Menezes et al. (2014), encontram incrementos de 21% na produtividade trabalhando com a adubação de cobertura via fertirrigação em 5 aplicações após o estágio V4.

Dutra (2016), conduziu experimentos em três safras distintas comparando o sistema convencional, com a realização de fertirrigação, na primeira safra o autor encontrou incrementos de até 32% entre o tratamento referência ($120 \text{ kg de N ha}^{-1}$) e os tratamentos fertirrigados, encontrando incremento de 21% para a mesma dose fertirrigada de forma parcelada em 8 vezes.

Na segunda safra do trabalho de Dutra (2016), são observados incrementos de quase 29% entre o tratamento com manejo convencional e a fertirrigação com a mesma dose de N parcelada em 5 vezes. Na última safra são encontrados incrementos de 32% de produtividade, na mesma dose de cobertura convencional, porém via fertirrigação.

Retomando aos estudos de Dutra (2016), destaca-se que a dose de $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$, via fertirrigação proporcionou produtividades superiores a dose de 120 kg ha^{-1} aplicada por cobertura convencional. O autor constata ainda eficiência agrônômica no uso do N de até 173% para fertirrigação em detrimento da aplicação convencional, constatando um incremento em média duas vezes maior no sistema fertirrigado em comparação ao via solo.

Os trabalhos apresentados destacam muitos benefícios da fertirrigação no arroz, como a possibilidade de fragmentar e aplicar os nutrientes em diversas fases da cultura. Contudo, para outros nutrientes, além do N, poucos materiais de cunho científico são encontrados.

Portanto, na fertirrigação para o N pode-se observar em especial nos sistemas de irrigação por aspersão a economia de água em comparação ao sistema inundando, o maior aproveitamento do elemento

pela cultura e incrementos em produtividade na casa de 20 a 30%, com a aplicação da mesma quantidade de fertilizante em cobertura via solo, por fertirrigação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se a necessidade de maiores pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de culturas como o arroz, para garantir a melhoria e evolução das técnicas de produção, dada a sua importância e as transformações as quais o sistema de produção da cultura têm sofrido nos últimos anos. O conhecimento da importância, fenologia e exigências hídricas e nutricionais da cultura, são fundamentais para garantir os melhores resultados produtivos de forma eficiente.

Portanto, o conhecimento destes fatores permite ainda a implementação de novas técnicas de produção como o emprego da fertirrigação, que como observado apresenta resultados muito promissores para esta cultura, embora a prática ainda careça de mais estudos para diferentes elementos em diferentes condições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adekoya MA et al. (2014). Agronomic and Ecological Evaluation on Growing Water-Saving and Drought-Resistant Rice (*Oryza sativa* L.) Through Drip Irrigation. *Journal of Agricultural Science*, 6(5): 110-119.
- Andres A et al. (2009). Estratégia para o aumento da eficiência de uso de água pelo arroz: Sistema de irrigação por inundação intermitente. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- Alvarez RCF et al. (2005). Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. *Científica*, 34(2):162-169.
- Alves ACA et al. (2018). Extração de sílica residual proveniente de casca de arroz e aplicação na produção de argamassa. *REMAP*, 12(2):127-136.
- Amorim JRA (2009). Qualidade da água subterrânea e riscos para irrigação. Brasil: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- Arantes JT (2013). Como produzir arroz com baixo consumo de água. *Revista Pesquisa Fapesp*.
- Bastos TR (2015). Arroz: Israelenses propõem o uso do gotejamento na cultura do arroz. *Ribeirão Preto: Globo Rural*.
- Barbosa Filho MP et al. (2002). Aplicação de silício de cálcio na cultura do arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Back AJ et al. (2018). Consumo de água em lavouras de arroz em sistema coletivo. *Revista Tecnologia e Ambiente*, 24:133-145.
- Câmara GMS (2006). Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. *Visão Agrícola*, 5:63-66.

- Cardoso EA et al. (2015). Fertilização nitrogenada na absorção de nutrientes e rendimento de grãos em arroz irrigado. *Agri-environmental Sciences*, 1(1):39-49.
- Carmona FC (2007). Enxofre para o arroz irrigado em solos da depressão central do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dissertação), Porto Alegre. 82p.
- Carvalho IR et al. (2013). Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17):969-985.
- Castro JR et al. (2018). Parâmetros de desenvolvimento fenológico do modelo ORYZA 2000 calibrados para a cultivar BRS Catiana. In: *Anais do Seminário Jovens Talentos*. Santo Antônio de Goiás: SJT. p.54.
- Cavalcante JAC et al. (2011). Usos de recursos na dose certa: Uma ferramenta computacional para otimização agrícola. *SeG*, 6(4):398-413.
- Ceolin. Arroz. Brasil: Grupo Ceolin. 2019.
- Conab (2015). *Perspectiva para a agropecuária*. Brasília: Conab.
- Conab (2018). Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2017/2018. *Conab*, 5(7):1-145.
- Conab (2019a). Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2018/2019. *Conab*, 6(6):1-145.
- Conab (2019b). *Série histórica das safras: Grãos*. Brasil: Conab.
- Cordeiro J (2015). Farelo de arroz integral em dietas para frango de corte. Universidade Federal de Santa Catarina (Trabalho de Conclusão de Curso), Florianópolis. 38p.
- Cosmo BMN et al. (2016). Preservação rentável: Proprietário rural como prestador de serviços ambientais. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 2:1-23.
- Crusciol CAC et al. (2003a). Absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em função de lâminas de água aplicadas por aspersão. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 25(1):97-102.
- Crusciol CAC et al. (2003b). Extração de macronutrientes pelo arroz de terras altas sob diferentes níveis de irrigação por aspersão e de adubação. *Revista Brasileira Agrociência*, 9(2):145-150.
- Crusciol CAC et al. (2007). Produtividade de grãos e exportação de nutrientes de cultivares de arroz irrigadas por aspersão em consequência da época de semeadura. *Bragantia*, 66(2): 247-257.
- Crusciol CAC et al. (2016a). Macronutrient uptake and removal by upland rice cultivars with different plant architecture. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40:1-20.
- Crusciol CAC et al. (2016b). Micronutrient and silicon uptake and removal by upland rice cultivars with different plant architecture. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40:1-16.
- Dias AFS et al. (2010). Resposta do arroz de sequeiro à adubação com NPK em solos de município de Ji-Paraná/ Rondônia. *Revista Verde*, 5(3):120-134.

- Dutra AD et al. (2013). Fertirrigação em arroz irrigado por sistema pivô central. In: Anais do Encontro de Pós-Graduação. Pelotas. p.1-4.
- Dutra AD et al. (2014). Uso de nitrogênio pelo arroz irrigado por aspersão. In: Anais do Encontro de Pós-Graduação. Pelotas. p.1-4.
- Dutra AD (2016). Adubação nitrogenada via fertirrigação em arroz irrigado por aspersão. Universidade Federal de Pelotas (Tese), Pelotas. 145p.
- Dutra AD et al. (2016). Estimativa do teor de nitrogênio em plantas de arroz fertirrigado por aspersão. In: Anais do Encontro de Pós-Graduação. Pelotas. p.1-4.
- Eberhardt DS et al. (2015). Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema pré-germinado). Florianópolis: Epagri.
- Embrapa (1996). Recomendações técnicas para o cultivo do arroz de sequeiro. Brasília: Embrapa SPI.
- Embrapa (2007). Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia - Safra 2007/2008. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Embrapa (2015). Mercado, comercialização e consumo. Brasil: Embrapa.
- Fabre DVO et al. (2011). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. Pesquisa Agropecuária Tropical, 41(1):29-38.
- Fageria NK et al. (1995). Seja o doutor do seu arroz. Potafos, 9:1-22.
- Fageria NK et al. (2003). *Manejo de nitrogênio em arroz irrigado*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa.
- Fageria NK et al. (2006). Identificação e correção de deficiências nutricionais na cultura do arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Fageria NK et al. (2008). Teor e acumulação de nitrogênio na parte aérea do feijoeiro em rotação com arroz de terras altas, milho e soja em solo de cerrado. Campinas: IAC.
- Faquin V (2005). Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA.
- Fernandes IJ et al. (2015). Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa. In: Anais do Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. São José dos Campos. p.1-9.
- Fidelis RR et al. (2012). Eficiência do uso de nitrogênio em genótipos de arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Tropical, 42(1):124-128.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2014). Opportunities for economic growth and job creation in relation to food security and nutrition: Report to the G20 development working group. Roma: FAO.
- Goes RJ et al. (2016). Qualidade industrial do arroz sob efeito do manejo da fertilização nitrogenada de cobertura em plantio direto. Revista Agrarian, 9(33):219-227.

- Guimarães CM et al. (2002). Como a planta de arroz se desenvolve. Encarte do Informações Agronômicas, 99:1-12.
- Guindani RHP et al. (2009). DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:109-118.
- Kichel E et al. (2011). Efeito do nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida no estado do Tocantins. Revista Ceres, 58(1):84-89.
- Lange A et al. (2016). Doses de fosfatagem corretiva em arroz de terras altas em cultivo de primeiro ano. Revista de Ciências Agroambientais, 14(1):60-66.
- Lopes JL (2019). Caracterização de linhagens endogâmicas recombinantes do cruzamento entre BRS Querência x BRS Bojuru em arroz irrigado. Universidade Federal de Pelotas (Dissertação), Pelotas. 103p.
- Lopes OD et al. (2011). Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15(6):548-553.
- Malavolta E (1978). Nutrição mineral e adubação do arroz irrigado. São Paulo: Ultrafertil.
- Mantovani EC et al. (2009). Irrigação: Princípios e Métodos. 3 ed. Viçosa: UFV.
- Menezes JL et al. (2014). Influência da forma de aplicação de nitrogênio no desempenho produtivo de arroz por aspersão. In: Anais do Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. p.1-4.
- Nascimento WF (2008). Caracterização morfoagronômica de acessos de arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas. Universidade Federal Rural de Pernambuco (Dissertação), Recife. 83p.
- Nogueira AM et al. (2018). Efeito do silício no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do arroz. Connection Line, 19:52-62.
- Nunes JLS (2016). Adubação e calagem. Brasil: Agrolink.
- Pedroso Júnior NN et al. (2008). A casa e a roça: Socioeconomia, demografia e agricultura em populações quilombolas do Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. Ciências Humanas, 3(2):227-252.
- Portugal JR (2019). Sistemas de produção para milho segunda safra consorciado com *Urochloa ruziziensis*, envolvendo rotação de culturas com plantas de cobertura, arroz e soja. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Tese), Ilha Solteira. 189p.
- Ramadass S et al. (2017). Influence of drip fertigation levels on physiological parameters of aerobic rice in Western Zone of Tamil Nadu, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(4):2609-2613.
- Ramulu V et al. (2016). Evaluation of drip irrigation and fertigation levels in aerobic rice for higher water productivity. In: Anais do World Irrigation Forum. Chiang Mai. p.1-10.

- Rangel PHN et al. (2000). Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no meio-norte do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(8):1595-1604.
- Reichardt K (1987). *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole.
- Rodrigues JELF et al. (2006). Adubação com N, P e K na cultura do arroz, em agricultura familiar, no município de São Sebastião da Boa Vista, Marajó. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.
- Rodrigues RAF et al. (2004). Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. *Engenharia Agrícola*, 24(3):546-556.
- Rosa FC (2018). Desenvolvimento de método para análise de especiação de arsênio em derivados líquidos de arroz. Universidade Federal de Santa Maria (Tese), Santa Maria. 137p.
- Santiago CM et al. (2013). Arroz: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa.
- Santos H et al. (2014). Cascas de arroz: Uma alternativa promissora. *Orbital: The Electron Journal of Chemistry*, 6(4):267-275.
- Santos IZ et al. (2018). Eficiência técnica, alocativa e de custos na produção de arroz no Brasil. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1-26.
- Scivittaro WB et al. (2012). Absorção de nutrientes pelo arroz irrigado por aspersão. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- Silva JT et al. (2015). Resposta do arroz irrigado ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas. Brasil: Embrapa.
- Silva OF et al. (2014). O arroz no Brasil: Evidências do censo agropecuário 2006 e anos posteriores. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Soares AA (2005). *Cultura do arroz*. Lavras: UFLA.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS (2004). *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10 ed. Porto Alegre: SBCS.
- Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado - SOSBAI (2012). *Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Itajaí: SOSBAI.
- Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado - SOSBAI (2014). *Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Bento Gonçalves: SOSBAI.
- Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado - SOSBAI (2016). *Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Pelotas: SOSBAI.
- Steinmetz S (1986). *Estudos agrometeorológicos na cultura do arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.
- Suhre E et al. (2008). Avaliação de linhagens de arroz em diferentes sistemas de cultivo em várzea de Roraima. *Revista Ago@ambiente*, 2(2):1-9.
- USDA (2015). *Grain: World markets and trade*. USDA/ FAS.

- Vela RHN et al. (2013). Lâminas de irrigação na cultura do arroz de terras altas, no médio norte do estado de Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17):1753-1764.
- Viteri GIV et al. (2016). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. *Ciencia y Tecnología*, 9(2):11-17.
- Vories ED et al. (2013). Rice production with center pivot irrigation. *Applied Engineering in Agriculture*, 29(1):51-60.

SOBRE OS ORGANIZADORES



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 150 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 124 resumos simples/expandidos, 52 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 52 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 35 organizações de e-books, 20 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.

ÍNDICE REMISSIVO

A

aceitabilidade, 16, 19
adubação orgânica, 121, 124
Agricultura, 3, 15, 22, 99, 105, 113, 160
água da chuva, 4, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136
ambiente urbano, 66, 67, 81, 82, 83, 88, 90
análise do solo, 31
área folhar, 139, 141, 142, 143, 144, 146
assistência, 112
atividade de ensino, 116

B

bacias sanitárias, 129, 130, 131, 134
boxes, 110

C

cereal, 161, 171
Coeficiente da Cultura, 165, 170, 171
comercialização, 107, 112
Comercialização, 92, 99, 114
consumidores, 108, 112
consumo, 107, 113, 114
crescimento vegetal, 124
cucurbitáceas, 101, 106

D

demanda hídrica, 170
disponibilidade, 109, 112
diversificação, 109
drenagem, 4, 82, 128

E

economia, 107, 113
econômico, 39, 40, 41, 43, 80, 86, 101, 108, 113, 129
ensino, 13, 81, 111, 115, 118, 119
equilíbrio ambiental, 39
escoamento, 43, 71, 108, 129, 131, 134, 135
estatística, 44, 50, 64, 110, 119
estrada de ferro Carajás, 86

evapotranspiração, 138, 139, 140, 143, 144, 145, 147, 163, 173
exportação, 24, 107, 139, 165, 166, 167, 168, 175

F

Farinha de Mandioca, 4, 92, 99
feira livre, 4, 93, 96, 107, 108, 109, 110
fertirrigação, 4, 32, 139, 159, 160, 171, 172, 173, 174, 176
frutarias, 92, 93, 95, 96, 102, 103, 107, 108

G

Germinação, 4, 101, 106
girassol, 4, 106, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147

H

Hortaliças, 114

I

intenção de compra, 17, 19, 22

L

lácteos, 15, 16, 20, 21, 22
Latosolo Amarelo, 47, 121, 125
lucro, 97, 110

M

medidas mitigadoras, 74, 85, 86

N

nutrição, 23, 36, 37, 125, 164, 165, 169

O

óxido de cálcio, 27
óxido de magnésio, 27

P

precipitações, 129, 132, 135, 170, 171
produtores, 8, 10, 12, 25, 92, 93, 94, 107, 110, 149, 160
protagonistas, 113

provadores, 17, 19, 20, 21

Q


qualidade, 4, 8, 16, 19, 20, 21, 24, 25, 38, 39, 42, 44, 51, 59, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 74, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 96, 101, 107, 121, 124, 126, 129, 149, 156, 160, 167
qualidade de vida, 4, 38, 39, 59, 61, 66, 67, 68, 83, 84, 85, 86, 107

S

salinidade, 102, 104, 105, 106, 121
Santiago de Cuba, 180
sustentabilidade, 4, 7, 114, 149, 157, 183

V

velocidade de germinação, 102, 104



As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

ISBN 978-658831932-1



Pantanal Editora
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br