AGRONOMIA AVANÇOS E PERSPECTIVAS

VOLUME II

ALAN MARIO ZUFFO
JORGE GONZÁLEZ AGUILERA
ORGANIZADORES

Pantanal Editora
2021

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Agronomia
Avanços e perspectivas
Volume II

Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome	Instituição
Prof. Dr. Adaylson 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. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
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. Fabiano dos Santos Souza	UFF
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
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris Argentel-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes	IFB
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patrícia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felippe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes	UFG
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo	UEMA
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos	IFB
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
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A281 Agronomia [livro eletrônico] : avanços e perspectivas: volume II / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. 83p.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-81460-05-1
DOI https://doi.org/10.46420/9786581460051

1. Agronomia – Pesquisa – Brasil. 2. Ecologia agrícola. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância 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

Os avanços tecnológicos na Agronomia têm proporcionado o progresso da humanidade. Ao olharmos para o passado podemos observar a transformação que essa área de conhecimento promoveu na nossa agricultura e, consequentemente na produção de alimentos, no agronegócio e na indústria. Mas, essa formidável transformação tecnológica continua avançando e proporcionando a melhoria na produção de alimentos.

Graças a tais transformações, por exemplo, foi possível o cultivo de soja em baixas latitudes (< 15º). Essa leguminosa, que hoje tem destaque no cenário e mundial, até 1960 se restringiam a cultivos em regiões de latitude superior a 22º. Após 1970, quebrou-se a barreira fotoperiódica da soja com a introdução da característica juvenilidade longa e, possibilitou seu cultivo em regiões com latitude inferior a 15º. O Brasil é pioneiro no cultivo de soja em regiões com latitude inferior a 20º. Outros fatos importantes no decorrer da história são: Revolução Verde (1970), o Sistema Plantio Direto (1980), a Biotecnologia (1990), a Agricultura de Precisão (2000), e diversas outras que surgirão para garantir uma agricultura mais eficiente e sustentável.

Ao deparamos com as frutas, grãos, legumes, tubérculos percebemos a importância da Agronomia para a alimentação da sociedade. Assim, os avanços tecnológicos promovem inúmeras benfeitorias. As perspectivas de avanço na Agronomia são excelentes, pois, conforme a história vem demonstrando, sempre é possível progredir, seja no melhoramento das cultivares, nas práticas de manejo do solo e das plantas, no desenvolvimento de novas técnicas, no aperfeiçoamento dos métodos já existente. Graças ao esforço nas áreas de pesquisa, ensino, extensão e produção, o avanço é constante. Assim, olhando os avanços do passado é possível ter perspectivas positivas no incremente quantitativo e qualitativo da produção de alimentos.

O e-book "Agronomia: avanços e perspectivas volume II" têm trabalhos que visam otimizar a produção e/ou promover maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: adubação potássica na cana-de-açúcar, aplicação de bactéria diazotrófica e nitrogênio em cobertura para o arroz de terras altas, cultivares de arroz de terras altas quanto a adaptação à salinidade, tolerância de genótipos de milho ao déficit hídrico, fontes e doses de nitrogênio no arroz e no milho, avaliação do valor nutritivo da silagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) para alimentação de bovinocultura de leite, *Cynodon plectostachyus* Pilger como forragem alternativa para auxiliar a nutrição de animais em épocas de longa seca no nordeste brasileiro. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, 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, 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 Agronomia. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

SUMÁRIO

Apresentação **4**

Capítulo 1 ..... **7**

Adubação potássica na cana-de-açúcar: uma revisão bibliográfica 7

Capítulo 2 ..... **20**

Aplicação de bactéria diazotrófica, manejo de irrigação e nitrogênio em cobertura para o arroz de terras altas 20

Capítulo 3 ..... **29**

Cultivares de arroz de terras altas apresentam distintos mecanismos morfológicos para adaptação à salinidade 29

Capítulo 4 ..... **37**

Tolerância de genótipos de milho ao déficit hídrico em estágios iniciais de desenvolvimento 37

Capítulo 5 ..... **45**

Fontes e doses de nitrogênio interferem na qualidade industrial e nos componentes de produção do arroz no sistema plantio direto 45

Capítulo 6 ..... **54**

Doses de nitrogênio influenciam a produtividade do milho em sistema de preparo de solo convencional no Cerrado de baixa altitude 54

Capítulo 7 ..... **62**

Avaliação do valor nutritivo da silagem de *(Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu) para alimentação de bovinocultura de leite 62

Capítulo 8 ..... **69**

Cynodon plectostachyus Pilger como forragem alternativa para auxiliar a nutrição de animais em épocas de longa seca no nordeste brasileiro 69

Índice Remissivo **82**

Sobre os organizadores **83**

Capítulo 1

Adubação potássica na cana-de-açúcar: uma revisão bibliográfica[1]

Recebido em: 17/08/2021
Aceito em: 24/08/2021
10.46420/9786581460051cap1

João Paulo Blanco Vidotti[2]
Carolina Fernandes[3]
Luciana Cristina Souza Merlino[4*]

INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com área estimada destinada a produção da cultura em 8,4 milhões de hectares, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional. (CONAB, 2021). Dentre os diversos setores do agronegócio, o sucroalcooleiro esteve entre os cinco principais exportadores no ano de 2020, com participação de 9,9% do total exportado pelo setor agropecuário no ano, totalizando um valor exportado de US$ 9,99 bilhões (BRASIL, 2020).

Diante deste cenário positivo para o setor sucroalcooleiro, a demandapor novas tecnologias e soluções, visando o aumento de produtividade é cada vez mais intensa e necessária. Novas técnicas de manejo foram adotadas, como controle biológico de pragas, além de maior acompanhamento e atenção as exigências nutricionais da planta, maior frequência e análises da fertilidade do solo, o que possibilitou ganhos de produtividade nos canaviais. Atualmente, um dos maiores focos na busca por maiores produtividades e longevidade de canaviais é a busca pelo equilíbrio entre as necessidades nutricionais da planta, considerando a variação nos tipos de solo destinados para o cultivo em cada região, a forma de aplicação dos nutrientes e a viabilidade econômica.

A alta produtividade de um canavial depende de inúmeras variáveis, como as citadas no parágrafo anterior, porém uma delas é possível manejar com maior eficiência, graças a estudos e ao maior conhecimento da fisiologia das plantas atualmente, o fornecimento dos nutrientes necessários para uma boa produtividade. Segundo Kinpara (2003): "Os solos brasileiros, em geral, apresentam carência em K. Um dos motivos é que a forma solúvel, utilizada pela planta, é facilmente lixiviada no perfil do solo [...]". Além disso, o K é o nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar (Otto et al., 2010). Devido a esse e outros estudos relacionados à deficiência de potássio em solos brasileiros, hoje sabemos a importância e as necessidades deste nutriente parauma alta produtividade, podendo ser aplicado em

[1] Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro autor.
[2] Graduando do Curso de Agronomia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP).
[3] Docente – Departamento de Ciências da Produção Agrícola – Setor: Solos e Adubos (FCAV-UNESP).
[4] Docente do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP).
* Autor correspondente: lucianamerlino@unirp.edu.br

diferentes formas e dosagens, a depender das variações regionais do local de cultivo.

Para atingir os objetivos estabelecidos, realizou-se uma revisão de literaturas que possibilitou a verificação da influência da adubação potássica nacana-de-açúcar, sob um enfoque amplo. Para maior facilidade de abordagemdo tema, foi feito uso de itens e subitens, que abordaram os aspectos mais importantes relacionados ao tema.

ASPECTOS GERAIS SOBRE A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Cana-de-açúcar: origem, história e introdução no Brasil

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) teve origem na Nova Guiné, uma ilha no sudoeste do Oceano Pacífico, de clima tropical. Porém, foi na Índia onde foram encontrados os primeiros registros sobre a sua existência. Somente no ano de 1493 a cana-de-açúcar foi introduzida na América, mais precisamente na atual região da República Dominicana, pelo navegador português Cristóvão Colombo. No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar teve sua origem na Capitania de São Vicente, região litorânea do atual Estado de São Paulo, trazida de acordo com registros, por Martim Affonso de Souza, no anode 1532. Na mesma região, Martim construiu o primeiro engenho de açúcar que se tem registro em solo brasileiro (Machado, 2003).

A partir destes acontecimentos, houve a difusão da produção de cana- de-açúcar para outras regiões do Brasil, principalmente na região nordeste, mais precisamente nas Capitanias de Pernambuco e da Bahia, onde a multiplicação de novos engenhos de açúcar foi intensa e de extrema importância para o desenvolvimento daquelas regiões (Machado, 2003). Como disse Machado (2003): "Era o início de uma indústria que encontrou no Brasil, dentre todas as nações que mais tarde também se tornariam produtoras,seu campo mais fértil para uma rápida expansão e perpetuação [...]".

Desde a introdução dos primeiros canaviais e engenhos de açúcar no Brasil, passaram-se quase quinhentos anos. Durante esse tempo sucederam incontáveis fatos históricos no Brasil e no mundo, no entanto, após quase cincoséculos, a cultura da cana-de-açúcar segue como importante setor para a economia brasileira, sendo o Brasil atualmente o maior produtor do mundo desta cultura milenar.

A importância da cana-de-açúcar para a economia brasileira

Desde a chegada da cultura ao Brasil, até o ano de 1822, admite-se que a arrecadação com a comercialização de açúcar tenha sido o dobro da obtida com o ouro e aproximadamente cinco vezes a obtida com todas as outras culturas agrícolas juntas (Machado, 2003). Fatos estes que comprovam a importância da cultura no período do Brasil império. Atualmente o setor sucroenergético emprega mais de 261 mil pessoasde forma direta, somente no setor primário, ou seja, no campo; além de empregar mais de 175 mil trabalhadores no segmento agroindustrial, totalizando mais de 430 mil trabalhadores empregados de forma direta pelo setor canavieiro no País (CEPEA, 2021); contando com mais de 400 usinas distribuídas por todo o país, sendo os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás os que

abrigam o maior número de usinas, respectivamente (Nova Cana, 2021). O número de empregados pelo setor vem caindo quando comparado às últimas décadas. Do ano de 2008 a 2016 houve queda de 38% no número de empregos (CEPEA, 2018). Isso se dá devido ao avanço da tecnologia no setor, que possibilitou a substituição da mão de obra braçal por maquinários eficientes e automatizados, tanto no campo quanto nas usinas. Noentanto, o número de empregos formais para trabalhadores com mais de 13 anos de estudos cresceu 39% no mesmo período (CEPEA, 2018), confirmando a tendência de aumento de vagas para trabalhadores mais especializados.

Os números atuais de produção e exportação refletem o bom momento vivido pelo setor. O Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo destinada para produção da cultura uma área de 8,4 milhões de hectares. A estimativa de produção para a safra 2021/2022 é de aproximadamente 628 milhões de toneladas, resultando em uma produção estimada de 27 bilhões de litros de etanol e 38,9 milhões de toneladas de açúcar (CONAB, 2021). No ano de 2020 o setor sucroalcooleiro somou US$ 9,9 bilhões em valores de exportação, representando 9,9% do total exportado pelo agronegócio brasileiro (BRASIL, 2020).

Outro importante produto que vem chamando a atenção nos últimos anos é a produção de energia limpa e renovável proveniente do processo de moagem da cana-de-açúcar. A bioeletricidade gerada a partir do bagaço da cana já é a 4ª fonte mais importante para a matriz elétrica brasileira, tendo produzido no ano de 2020, 22,6 mil GWh, o que representa 82% do total de geração de energia elétrica a partir de biomassa no país. Estima-se que o Brasil tenha potencial técnico para produzir 148 mil GWh, caso ocorra o aproveitamento pleno da biomassa proveniente dos canaviais, o que representaria 30% do consumo de energia no Sistema Integrado Nacional (UNICA, 2021).

Características ideais de clima e solo

A cana-de-açúcar teve sua origem em regiões de clima tropical, sendo uma cultura que se adapta muito bem a climas que tenham estações quentes eúmidas, seguidas por estações frias e secas. Esta boa adaptação às condições climáticas citadas, se dão graças a sua alta taxa fotossintética, entre outras características típicas de plantas C4.

Para o bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, a precipitação acumulada deve superar os 1.000 milímetros por ano, sendo que a cultura tem duas fases principais no seu ciclo de desenvolvimento, o crescimento vegetativo, fase em que é necessário um clima quente e úmido, e em seguida a fase de maturação, que é beneficiada pelo clima mais ameno e seco, o que favorece o acúmulo de sacarose pela planta (Marín, 2008).

Apesar de ser conhecida pela sua boa adaptabilidade a diferentes tipose condições de solos, a cana-de-açúcar apresenta produtividades muito superiores quando cultivada em solos de alta fertilidade, bem corrigidos e com boas condições físicas. Solos profundos, com boa fertilidade e alta retenção de umidade são considerados ideais para o seu cultivo (Marín, 2008).

O acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar é bastante elevado, sendoo potássio o elemento mais absorvido pela cultura. A ordem de absorção de macronutrientes pela planta segue a seguinte ordem decrescente: K > N > Ca> S > P > Mg. Para cada tonelada de colmo produzido é absorvido pela planta, em média, 2,5 kg de N, 0,33 kg de P e 5,35 kg de K, dados que confirmam a alta demanda de potássio pela cultura. Vale ressaltar que a colheita é a maior responsável pela extração de nutrientes acumulados pela cultura, sendo responsável por 60% a 90% desta extração, justificando desta forma a alta demanda de nutrientes pela cultura a cada ciclo (Salviano et al., 2017).

A maior parte das variações que influenciam a eficiência da produçãode cana-de-açúcar é representada por elementos climáticos, chegando a 43%, em alguns casos. Já o solo representa, em média, 15% da variabilidade total. Desse modo, solo e clima representam juntos 58% da variabilidade total de produção (Assad et al., 2009).

Potássio – solo e planta

O potássio (K) é um elemento químico encontrado em todas as células vivas. No solo é encontrado na forma de cátion (K^+), sendo absorvido desta mesma forma pelas plantas. Umas das funções do K é o auxílio na regulação do fluxo de água na planta, através das membranas celulares, além de ajudar na regulação de diversos processos químicos e enzimáticos (Reetz, 2017). O K não forma compostos orgânicos nas plantas, por este motivo é facilmente retornado ao solo por meio de resíduos vegetais (Melo, 2008).

É comum ouvirmos os termos "K trocável" e "K não trocável" em literaturas e trabalhos científicos, isso se dá devido aos diferentes métodos de extração do potássio em estudos de fertilidade do solo. O K trocável é considerado a quantidade de K disponível para a planta de modo imediato, pois está retido com menor energia pelo solo, portanto é mais facilmente transferida para a solução do solo. Já o K não trocável está retido com maior energia pelo solo, mas também pode contribuir para a nutrição da planta. Ambas as formas se encontram em equilíbrio no solo, diante da absorção pela planta do K que seencontra na solução do solo, a mesma é reabastecida com o K trocável (retido com menor energia pelo solo) e à medida que as fontes de potássio diminuemo K não trocável é então liberado pelo solo, mantendo assim o equilíbrio (Flores et al., 2020).

É importante ter cautela quanto ao entendimento da disponibilidade de Kno solo, para o correto planejamento da adubação. Apesar da visão difundida de que o K não trocável são reservas de médio á longo prazo do solo para a nutrição das plantas, Kaminski et al. (2007) destacam que "A capacidade de suprimento de K às plantas depende mais do K recém-adicionado do que do seu histórico de adubação potássica no solo".

O K, no caso do plantio da cana-de-açúcar, deve ser aplicado de forma parcelada, sendo parte do produto no sulco de plantio e a outra parcela aplicada na adubação de cobertura, pouco antes do fechamento do canavial, operação conhecida como "quebra-lombo". O parcelamento é recomendado

especialmente quando as dosagens de aplicação necessárias forem maiores que 60 kg ha^{-1} (Vitti et al., 2015). O parcelamento é recomendado devido ao alto índice salino do KCl, principal fonte de K mineral para a cana, além da alta lixiviação desse nutriente quando aplicado direto no sulco de plantio, devido ao sistema radicular da planta ser pouco desenvolvido, problema que se agrava ainda mais quando aplicado em solos arenosos, com baixa CTC, o que potencializa a lixiviação do potássio (Otto et al., 2010).

A importância do K na produção da cana-de-açúcar é evidenciada de diferentes formas. A deficiência deste nutriente é encontrada inicialmente em folhas velhas que apresentam clorose (amarelamento) da margem para o centro da folha e em alguns casos evoluem para necrose, os colmos ficam mais finos e no fim do ciclo os ponteiros da planta ficam em forma de leque, efeito conhecido como "topo de penca" (Rosseto; Santiago, 2008). Em termos de produtividade, de acordo com Otto et al. (2010), que avaliaram a variação de doses de K de 0, 100, 150 e 200 kg ha^{-1} de K_2O "o acréscimo foi na ordem de 18 t ha^{-1} entre a dose que proporcionou maior produtividade e o tratamento controle". Já em relação ao ATR (Açúcar Total Recuperável), tanto nos experimentos de Castanheira (2018), como nos experimentos de Otto et al. (2010), não foram verificadas influência nas dosese modo de aplicação de potássio.

A maioria do K usado por uma planta em seu desenvolvimento não é acumulado no grão, mas sim nas folhas, colmos e palhada da cultura; sendo assim, no caso da cana-de-açúcar onde a planta inteira é colhida, a quantidadede K removido do solo é maior do que outras culturas onde somente o grão é colhido e a palhada é deixada no solo, como é o caso da soja e do milho (Reetz, 2017). Esta condição, associada com altas taxas de acúmulo de K, implica em grande exportação de K após a colheita da cana, deixando o solo com níveis abaixo do recomendado, por isso é necessária a adubação potássica com doses relativamente elevadas todos os anos na cana-de-açúcar.De acordo com Pauletti e Motta (2019) para cada tonelada de colmo produzido,é exportado 1,74 kg de potássio, uma alta quantidade quando comparado a extração de nitrogênio (1,43 kg ha^{-1}) e principalmente a extração de fósforo (0,19 kg ha^{-1}).

Fertilizantes potássicos minerais

Os fertilizantes potássicos podem ser encontrados em diferentes formas no mercado, sendo os mais utilizados: cloreto de potássio (60% de K_2O), sulfato de potássio (50% de K_2O), sulfato duplo de potássio e magnésio (22% de K_2O) e nitrato de potássio (44% de K_2O) (Messias et al., 2008).

O cloreto de potássio (KCl), é a forma mais utilizada para adubação potássica atualmente, dissolve-se rapidamente na solução do solo, liberandoK^+ e Cl^-, a partir disso o K liga-se aos locais de trocas catiônicas na argila e na matéria orgânica do solo. Devido ao seu alto teor salino não é recomendado o contato direto do KCl com as raízes e gemas da planta (no caso da cana-de- açúcar) (Reetz, 2017).

O sulfato de potássio (K_2SO_4) também é uma forma muito utilizada na adubação agrícola, funcionando de forma semelhante ao KCl, porém é uma fonte importante de enxofre (18% de S), sendo

utilizado, portanto, em solos que apresentam deficiência deste nutriente, além de ser aplicado, por vezes, via pulverização foliar, se K e S forem requisitados pela cultura (Reetz, 2016). As concentrações de cloreto nesta forma de material são muito baixas (<2,5%),por isso é indicado para culturas que apresentam certa sensibilidade a altas taxas de Cl (Nascimento; Loureiro, 2004).

O sulfato de potássio e magnésio ($K_2SO_4.2MgSO_4$) (21-22% de K_2O; 21- 22% de S e 10-11% de Mg), conhecido comercialmente por Sulpomag ou K- Mag, é um fertilizante muito utilizado quando há a necessidade dos três nutrientes (K, S e Mg), é solúvel em água, porém dissolve-se lentamente (Reetz, 2016).

Já o nitrato de potássio (KNO_3), que leva nitrogênio na forma de nitrato na sua composição (13% de N), é muito utilizado em culturas com alto valor agregado. É também muito utilizado em culturas com alta sensibilidade ao cloro, e que não devem receber adubação recorrente com cloreto de potássio para a reposição de potássio, sendo neste caso, o nitrato de potássio uma saída para a nutrição da cultura (Reetz, 2016).

No Brasil, a principal fonte de potássio utilizada na adubação da cana- de-açúcar é o KCl (60% de K_2O) (Otto et al., 2010). Isso se dá por motivos variados, dentre eles a maior concentração de K presente nesse tipo de fertilizante, menor custo quando comparado as outras fontes disponíveis no mercado, além da sua alta solubilidade no solo, fazendo com que o nutriente esteja disponível para a planta de forma rápida e em concentração adequada (Reetz, 2017). De forma geral é comum a recomendação do parcelamento da adubação potássica na cana-planta, dividindo a dose recomendada entre o plantio e o quebra-lombo. No entanto, estudos dirigidos por Otto et al. (2010) demonstram que a aplicação de 130 kg ha^{-1} de K_2O aplicados de modo parcelado e 150 kg ha^{-1} aplicados de uma só vez no sulco de plantio, apresentaram, a mesma produtividade de 160 t ha^{-1} na cana-de-açúcar. Mesmo diante de tais resultados a recomendação de parcelamento da adubação é muito utilizada devido a possíveis perdas do nutriente por lixiviação, além do alto teor salino, fatores estes que podem prejudicar o desenvolvimento da cultura.

Vinhaça

A vinhaça ou vinhoto, como também é conhecido, é um subproduto da cana-de-açúcar, obtido através do processo de produção do etanol, podendo ser obtida através da destilação do caldo, do mosto misto ou do melaço. De acordo com Alves et al. (2000) "O vinhoto resultante do processo de produção do álcool é um dos pontos críticos em termos de potencial de contaminação ambiental, pois a cada litro de álcool produzido gera de dez a mais litros de vinhoto".

Apesar do seu potencial poluente, a vinhaça quando bem utilizada, gera enormes ganhos para a cultura da cana-de-açúcar, devido á alta concentração de nutrientes presentes em sua composição, principalmente de K. A aplicação da vinhaça para adubação de cana-soca pode incrementar a produtividade em até 10,5 t ha^{-1}, em solos de textura arenosa (Silva et al., 2014). Em solos de textura

argilosa a vinhaça aumentou, em média, 23% os teores de macronutrientes presentes no solo. O uso da vinhaça para adubação da cana- de-açúcar é um método benéfico para a cultura, independente da textura do solo, pois aumenta a fertilidade do solo por meio do incremento dos teores de macronutrientes e dos teores de carbono orgânico (Cardoso, 2021).

Na adubação com vinhaça por meio da fertirrigação ainda que, apresente bons resultados em termos de produtividade, deve-se ter atenção, pois após aplicações durante três anos seguidos em canavial com solo classificado como Neossolo Quartzarênico, na região de Campo Grande – MS; esperava-se um efeito acumulativo do K e melhores resultados ano após ano, no entanto não foi o que ocorreu neste caso; o que demonstra que o K pode ser facilmente lixiviado neste tipo de solo, e que o potássio da vinhaça pode apresentar um baixo efeito residual, neste tipo de solo, não resultando, portanto, um efeito acumulativo (Silva et al., 2014).

Tabela 1. Características da vinhaça advindas de diferentes tipos de mostos. Fonte: Marques (2006).

Parâmetro	**Melaço**	**Caldo**	**Misto**
pH	4,2 – 5,0	3,7 – 4,6	4,4 – 4,6
Nitrogênio(mg/L N)	459 – 1610	150 – 700	480 – 710
Fósforo(mg/L P_2O_5)	100 – 190	10 – 210	9 – 200
Potássio (mg/L K_2O)	3.740 – 7.830	1.200 – 2.100	3.340 – 4.600
Cálcio (mg/L CaO)	450 – 5.180	130 – 1.540	1.330 – 4.570
Carbono (mg/L C)	11.200 – 22.900	5.700 – 13.400	8.700 – 12.100
Matéria orgânica (mg/L)	63.400	19.500	3.800

Em contraponto, estudos realizados por Cardoso (2021) concluíram que,a utilização da vinhaça como forma de adubação de canaviais em solos com textura arenosa, promove melhorias na estrutura do solo, devido ao aumento da microporosidade, melhorando assim a capacidade de armazenamento de água e consequentemente a sua capacidade produtiva. Existem diferentes composições químicas de vinhaça, dependendo do tipo de material de origem (mosto) do qual ela é proveniente; a vinhaça proveniente da fermentação do melaço apresenta maior concentração de nutrientes, de forma geral, quando comparada a vinhaça proveniente da fermentação do caldo da cana (Rossetto; Santiago, 2008), conforme os dados apresentados na Tabela 1.

O tipo de vinhaça dependerá da matéria prima produzida (açúcar ou etanol) por cada usina em maior quantidade, e dos processos de fermentação utilizado por cada empresa. O melaço é proveniente

da sobra gerada através da produção de açúcar, enquanto o caldo é um composto que surge através do processo de produção de etanol (Marques, 2015), já o misto é composto pelo melaço mais o caldo.

Sabendo que a estimativa para a safra 2021/2022 é a produção de 27 bilhões de litros de etanol de cana-de-açúcar (CONAB, 2021) e tendo em vista que para cada litro de etanol produzido, são gerados de 10 a 12 litros de vinhaça (Marques, 2015), pode-se estimar que a produção de vinhaça através do processo de produção de etanol será de aproximadamente 270 á 324 bilhões de litros de vinhaça no Brasil na safra 2021/2022.

Técnicas e métodos para aplicação de vinhaça em canaviais,por meio de fertirrigação

As técnicas utilizadas por usinas de cana-de-açúcar para possibilitar o uso da vinhaça como meio de adubação em canaviais são várias, as mais utilizadas são: sulcos de infiltração, caminhões-tanque e aspersão por meio de canhões hidráulicos ou moto-bombas (Rossetto; Santiago, 2008).

Os sulcos de infiltração são formados por canais feitos às margens de alguns talhões ou por meio de tubulações que levam a vinhaça até os pontos de captação. Um dos problemas deste método é a ocorrência de pontos de encharcamento, o que pode causar problemas para o tráfego de maquinários (Rossetto; Santiago, 2008).

Os caminhões-tanque levam a vinhaça até o campo e a distribui por meio de bombas acopladas ou por motores independentes. É um sistema de fácil operação, porém de custo relativamente elevado devido ao gasto com óleo diesel, operadores, maquinário, entre outros (Rossetto; Santiago, 2008).

A aspersão por meio de canhão hidráulico ou com moto- bomba trata-se de uma aplicação com uma distribuição mais homogênea da vinhaça, quando comparada aos outros métodos citados, além da possibilidadede controle da quantidade de resíduo a ser aplicado. A moto-bomba bombeia a vinhaça, direto do canal principal, e a lança por meio de um aspersor setorial (tipo canhão) ao longo do canavial (Rossetto; Santiago, 2008).

Uma das limitações para a utilização de vinhaça como fertilizante nos canaviais é a sua distribuição em áreas distantes da usina. Apesar da existência de vários métodos de aplicação, o único que atende, de forma relativamente viável a demanda de distribuição e aplicação em longas distâncias são os caminhões-tanques, porém o custo da operação éconsiderado elevado e o rendimento não muito satisfatório, por isso é raro a nível geral serem realizadas adubação com vinhaça em propriedades distantes de usinas.

Devido ao uso excessivo e por vezes prejudiciais ao ambiente por parte de usinas, o Estado de São Paulo estabeleceu uma legislação para o uso da vinhaça como fertilizante nos canaviais, é a Norma Técnica da CETESB P4.231, que estabelece que a dosagem máxima de vinhaça a ser aplicada em áreas de cana-de-açúcar será com base na equação: "m^3 de vinhaça/ha =[(0,05 x CTC – ks) x 3744 + 185] / kvi"; onde 0,05 = 5% da CTC; ks = concentração de potássio no solo; 3744 = constante de transformação; 185 = massa em kg extraído pela cultura por hectare por ciclo; kvi = concentração de potássio na vinhaça (CETESB, 2006). Além de estabelecer as seguintes normas: especificação e

caracterização das áreas para aplicação; caracterização físico-química da vinhaça; amostragem e caracterização do solo; estabelecimento de dose a ser aplicada; entre outras. Além disso, todosos anos as usinas devem apresentar o PAV (Plano de Aplicação de Vinhaça) antes do início da safra, especificando os planos de aplicação de vinhaça pela usina na safra (Vitti et al., 2015).

Exigências nutricionais de potássio pela cana-de-açúcar naatualidade

Ao longo dos últimos anos houve um aumento expressivo da produtividade média dos canaviais brasileiros. Na safra 2011/2012, por exemplo, a produtividade média dos canaviais brasileiros foi de 68,2 t ha^{-1} (CONAB, 2013) enquanto a safra 2020/2021 foi de 75,9 t ha^{-1} (CONAB, 2021). Além deste aumento expressivo de produtividade, a longevidade dos canaviais também vem aumentando, melhorando assim os custos de produção. Isso se deve em suma a alguns aspectos como: novas variedades mais produtivas e resistentes, melhor manejo do solo, maior aplicação de tecnologias e também aevolução da adubação na cana-de-açúcar.

Para efeito de comparação, quando se analisam as recomendações de adubação potássica para o plantio da cana-de-açúcar, no Boletim Técnico 100 (1997) tem-se a seguinte recomendação: para produtividade esperada menor que 100 t ha^{-1} em solos com K trocável entre 0-0,7 $mmol_c/dm^3$, recomenda-se aaplicação de 100 kg ha^{-1} de K_2O (Spironello et al, 1997). Já o Novo Boletimpara o Estado de São Paulo (Não Publicado), faz a recomendação de 140 kg ha^{-1} de K_2O para o mesmo tipo de solo e produtividade citados anteriormente, um aumento de 40% em relação à recomendação feita a 24 anos atrás.

Para produtividade esperada maior que 150 t ha^{-1} a recomendação de adubação potássica para o plantio de cana entre os boletins permaneceu a mesma para solos com teor de K trocável entre 0-0,7 $mmol_c/dm^3$, sendo recomendado 200 kg ha^{-1} de K_2O. Porém no Novo Boletim 100 (Não Publicado)foi acrescentada uma nova métrica quanto a produtividade esperada, elevando assim a dosagem para produtividades esperadas de maior que 170 t ha^{-1} para 220 t ha^{-1}.

No caso da adubação de plantio é importante ressaltar que todos os boletins analisados recomendam o parcelamento dessa adubação, principalmente para solos de textura arenosa e média, para evitar o excesso desalinidade que o cloreto de potássio (fertilizante mais utilizado na adubação potássica) pode causar, quando aplicado em altas dosagens no sulco de plantio. A recomendação feita por Spironello et al. (1997) para solos arenosos e de textura média foi de aplicar no máximo 100 kg ha^{-1} de K_2O no sulco de plantio, aplicando o restante em cobertura. Já Pauletti e Motta (2019) recomendam a aplicação de no máximo 90 kg ha^{-1} de K_2O no sulco de plantio, enquanto a recomendação do Novo Boletim 100 (Não Publicado) é aplicar no máximo 80 kg ha^{-1} em solos de textura arenosa, aplicando o restante no quebra-lombo ou a lanço no pré-plantio.

Para adubação de cana-soca também houve alterações nas dosagens recomendadas entre os boletins. A produtividade esperada para cana-soca tinha como limite a métrica de maior que 100 t ha^{-}

[1], sendo a dosagem máxima 150 kg ha^{-1} de K_2O para solos com teores de K trocável entre 0-1,5 $mmol_c/dm^3$ (Spironello et al., 1997). No Manual de Adubação para o Estado do Paraná(2019) a dosagem máxima indicada é 160 kg ha^{-1} (Pauletti e Motta, 2019).Já no Novo Boletim 100 (Não Publicado), a produtividade esperada aumenta para até maior que 140 t ha^{-1}, e a dosagem máxima para 200 kg ha^{-1} de K_2O para solos com teores de K^+ trocável entre 0-0,7 $mmol_c/dm^3$. É importante ressaltar que, para solos com teores acima de 6,0 $mmol_c/dm^3$, não é recomendada a aplicação de fertilizante potássico, além disso, em canaviais adubados com vinhaça deve-se descontar todo o teor de K presente na vinhaça, pois 100% deste nutriente estará disponível para a planta (NOVO BOLETIM 100, Não Publicado).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise de vários estudos científicos e artigos descritos nesta revisão bibliográfica, evidencia-se a importância do K como um dos nutrientes- chave para uma boa produtividade na agricultura como um todo, principalmente na cultura da cana-de-açúcar. Torna-se claro também, a importância do parcelamento da adubação deste nutriente no momento do plantio da cana.

O aumento de produtividade obtido ao longo dos últimos anos devido aos fatores apresentados no tópico 2.5, demonstra a necessidade da continuação dos estudos referentes à nutrição potássica da cana-de-açúcar, principalmente levando em consideração a alta quantidade extraída pela cultura e que não retornam ao solo. Sendo assim, quanto maior a produtividade obtida, maior será a extração do K pela cana, o que alerta para a necessidade de contínua atualização das dosagens necessárias, de acordo com a evolução de produtividade média dos canaviais brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aletéia PMS et al. (2014). Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade dos colmos. Campina Grande, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18(1): 38-43. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/YSZnrzRVh39DRYz4KmpWSFg/?lang=pt# Acesso em: 02 jun. 2021.

Assad ED et al. (2009). Eficiência da produção agrícolade cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre as safras 1990/1991 a 2005/2006. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometereologia, 22 a 25 de Setembro de 2009, Belo Horizonte. Anais eletrônicos... Brasília:Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: http://www.sbagro.org/files/biblioteca/2319.pdf Acesso em: 20 mai. 2021.

Barros GSC et al. (2018). Especial temático mercado de trabalho do agronegócio: a dinâmica dos empregos formais na agroindústria sucroenergética de 2000 a 2016. Centro deEstudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), Piracicaba. Disponível em: <

https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDICAOESPECIAL_N2(2).pdf > Acesso em: 13 mai. 2021.

Cardoso ENL (2021). Impactos da aplicação de vinhaça por longo período em solos de textura argilosa e arenosa. Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp Campus de Jaboticabal. Jaboticabal – SP, 47p. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204157/cardoso_enl_me_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y > Acesso em: 25 jun. 2021.

Castanheira MA (2018). Parcelamento da Adubação Potássica em Cana-Planta. Engenheiro Agrônomo – Universidade Estadual de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba – SP. 22p. Disponível em < http://gape-esalq.com.br/wp-content/uploads/2019/02/PARCELAMENTO-DA- ADUBA%C3%87%C3%83O-POT%C3%81SSICA-EM-CANA-PLANTA-Matheus-Angeli-Castanheira.pdf > Acesso em: 12 jul. 2021.

CEPEA (2018). Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro. A dinâmica dos empregos formais na agroindústria sucroenergética de 2000 a 2016. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: < https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/MERCADODETRABALHO_EDICAOESPECIAL_N2(2).pdf > Acesso em: 17 jun. 2021.

CEPEA (2021). Mercado de Trabalho do Agronegócio Brasileiro. Relatório referente ao 1º trimestre de 2021. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: < https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_Mercado%20de%20Trabalho_1T2021.pdf > Acesso em: 17 jun. 2021.

CETESB (2006). Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2013/12/P4_231.pdf > Acesso em: 12 jul. 2021.

CONAB (2011). Perfil do Setor do Açúcar e do Álcool no Brasil. Volume 5. Safra 2011/2012. Brasília – DF. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana > Acesso em: 25 jun. 2021.

CONAB (2021). Observatório agrícola. Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar, V.8 – Safra 2021/22 N.1 – Primeiro levantamento, Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana > Acesso em: 17 jun. 2021.

Ferraz JMG et al. (2000). Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro. Embrapa Meio Ambiente. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/15702/certificacao-socioambiental-para-a-agricultura-desafios-para- o-setor-sucroalcooleiro > Acesso em: 02 jun. 2021.

Flores JPM et al. (2020). Formas de potássio no solo em um sistema integrado de produção soja-ovinos de corte. III Consoja – Congresso online para aumentoda produtividade do milho e soja, 2020. Disponível em: < https://maissoja.com.br/formas-de-potassio-no-solo-em-um-sistema-integrado- de-producao-soja-ovinos-de-corte/ > Acesso em: 18 jun. 2021.

Kaminski J et al. (2007). Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. RBCS, 31: 1003-1010. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/rbcs/a/PcWwD39QXBVdMqtFW4HXt7z/?format=pdf&lan g=pt > Acesso em: 18 jun. 2021.

Machado FBP (2003). Brasil, a doce terra – História do Setor. Agência Embrapade Informação e tecnologia, Brasília, DF. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62 u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf > Acesso em: 12 mai. 2021

Marín FR (2021). Árvore do conhecimento, cana-de-açúcar – características. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília – DF. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html Acesso em: 07 jun. 2021.

Marques GM (2015). Vinhaça: o futuro da fertilização. Esalq. Disponível em: < http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=7108&ed=1216&f=8 > Acesso em: 25jun. 2021.

Melo GWB (2021). Árvore do conhecimento – nutrientes. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília – DF. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_para_processamento/arvore/CONT000gr678d9z02wx5ok0id7g9o66bhpf8.html >. Acesso em: 12 jun. 2021

Messias AS et al. (2008). Fertilizantes. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco. Recife: IPA, cap. 8: 89-103. Disponível em: < https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/161219 > Acesso em: 31 mai. 2021.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Secretaria de Comércio e Relações Internacionais; Departamento de Negociações e Análises Comerciais; Coordenação-Geral de Estatística e Análise Comercial. Balança Comercial Do Agronegócio. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agro- ultrapassam-a-barreira-dos-us-100-bilhoes-pela-segunda- vez/Notaaimprensa1Dezembro20202.pdf > Acesso em: 18 mai. 2021.

Nascimento M; Loureiro FEVL (2004). Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, Coletânea Fertilizantes – V: 66. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/579 Acesso em: 08 jun. 2021.

Novo Boletim 100. Adubação da cana-de-açúcar. Não Publicado.

Otto R et al. (2010).Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista brasileira de ciência do solo. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/rbcs/a/qNK657xcCBsVQLZSFwTyfdR/?lang=pt# > Acesso em 18 jun. 2021.

Pauletti V; Motta ACV (2019). Manual de adubação e calagem para oestado do Paraná. 2. ed.: 282-286. Curitiba.

Reetz HFJr (2017). Fertilizantes e o seu uso eficiente. Tradução: Alfredo Scheid Lopes – São Paulo: ANDA. Disponível em: < https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf > Acesso em: 31 mai. 2021.

Revista Nova Cana. As usinas de Açúcar e Etanol do Brasil. Revista NovaCana, Curitiba, PR. Data de acesso: 14/05/2021. Disponível em: < https://www.novacana.com/usinas_brasil > ACESSO em: 17 mai. 2021.

Rosseto R; Santiago AD (2021). Adubação – resíduos alternativos. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília – DF. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html > Acesso em: 02 jun. 2021.

Rosseto R; Santiago AD (2021). Diagnose visual. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília – DF. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fhvuyvaq02wyiv80v17a09ehcm584.html > Acesso em:23 jun. 2021.

Salviano AM (2017). Acúmulo e exportação de macronutrientes pela cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. Embrapa Semiárido. Revista Científica Intelletto. Venda Nova do Imigrante – ES, 2(2): 16-27. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1079294/acumulo- e-exportacao-de-macronutrientes-pela-cana-de-acucar-irrigada-no-semiarido- brasileiro > Acesso em: 17 jun. 2021.

Spironello A et al. (1997). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 237-239 (IAC. BoletimTécnico, 100).

UNICA (2021). Bioeletrecidade. A bioeletricidade gerada a partir da cana-de-açúcar é a 4ª fonte mais importante da matriz elétrica brasileira. São Paulo – SP. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Disponível em: < https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/bioeletricidade/ > Acesso em: 17 jun.2021.

Vitti GC et al. (2015). Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. Processos Agrícolas e Mecanização da Cana-de-Açúcar. Editora SBEA. 1ª edição, Jaboticabal – SP. capítulo 7: 177.

Capítulo 2

Aplicação de bactéria diazotrófica, manejo de irrigação e nitrogênio em cobertura para o arroz de terras altas

Recebido em: 15/09/2021
Aceito em: 17/09/2021
10.46420/9786581460051cap2

Renato Jaqueto Goes[1*]
Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues[2]
Orivaldo Arf[2]
Anderson Teruo Takasu [2]
Jorge González Aguilera[3]
Alan Mario Zuffo[4]

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) e o feijão (*Phaseolus vulgaris*) são constituintes básicos da alimentação brasileira, com o seu consumo as pessoas obtêm parte dos carboidratos e das proteínas para a manutenção de suas atividades vitais. A área cultivada com arroz na safra 2020/2021 teve aumento em 0,6% relação à safra 2019/2020 sendo a produtividade média nacional de 7003 kg ha^{-1}, 4,3% superior à referida safra (Conab, 2021). Tanto na região Sudeste quanto na Centro-Oeste predomina o cultivo de arroz em terras altas que possui alta sensibilidade à ocorrência de períodos de estiagem exigindo-se a irrigação suplementar.

A deficiência hídrica reduz a produtividade de maneira mais acentuada se ocorrer durante o florescimento (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006). Crusciol et al. (2003) avaliaram o efeito de lâminas de água aplicadas por aspersão sobre o cultivar IAC 201 e verificaram que o uso da irrigação proporcionou aumento na altura de plantas e no número de espiguetas por panícula, massa de 1000 grãos e produtividade. Além disso, Medeiros et al. (2005) concluíram que a disponibilidade de água no solo influi a absorção de nitrogênio (N).

O N é constituinte de proteínas, ácidos nucléicos e da molécula de clorofila e o seu consumo inicia-se lentamente com a emergência das plântulas, com a máxima intensidade no florescimento (Fornasieri Filho e Fornasieri, 2006). A resposta do arroz ao N depende da interação cultivar x ambiente. Neves et al. (2004) obtiveram resposta à aplicação de 20 kg ha^{-1} de N na semeadura e mais duas coberturas de 40 kg ha^{-1} de N. Andrade e Amorim Neto (1996) observaram que houve aumento no número de

[1] Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (UFG/EA), Goiânia-GO.
[2] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), Ilha Solteira-SP.
[3] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, Centro de Pesquisa de Chapadão do Sul-MS (UFMS/CPCS).
[4] Editor chefe da Pantanal Editora.
* Autor correspondente: renatogoes@ufg.br

panículas m^{-2} e na produtividade de grãos em função das doses de N. Além de atender a necessidade de N para a cultura do arroz, Boldieri et al. (2010) ressaltam que o N deve ser fornecido de forma a minimizar os riscos de poluição ambiental e maximizar o retorno econômico.

Neste sentido, a fixação biológica do N é o processo pelo qual microrganismos diazotróficos conseguem transformar o N_2 atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas (Moreira et al., 2010). Dentre as bactérias diazotróficas que formam associação com gramíneas, destacam-se os gêneros *Azospirillum, Gluconacetobacter, Herbaspirillum, Azoarcus,*e *Burkholderia*. Moreira et al. (2010) observaram que a inoculação de sementes de arroz de terras altas com *Azospirillum* spp. incrementou a massa fresca dos cultivares Jatobá, Monarca e Sertaneja. Didonet et al. (2003) avaliaram a inoculação de sementes de linhagens de arroz de terras altas com *Azospirillum brasilense* Sp245 e *Azospirillum lipoferum* Sp59b e verificaram aumento da parte aérea das plântulas, no número de raízes e na quantidade de ramificações radiculares.

Portanto, é necessária a busca por técnicas alternativas de cultivo do arroz tanto em sistema irrigado como de sequeiro visando o melhor aproveitamento do N pelas plantas e, consequentemente, a redução da poluição dos lençóis freáticos. Neste contexto a inoculação com bactérias diazotróficas pode ser uma alternativa interessante tanto sob o aspecto econômico como ambiental, pois fornece parte do N exigido pela cultura.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da utilização de bactéria diazotrófica inoculada via sementes, do manejo de irrigação e nitrogênio fornecido via cobertura nas características agronômicas e produtividade do arroz, cultivar Primavera.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Selvíria, MS, Brasil, situada a 51º 22' de longitude oeste e 20º 22' de latitude sul, com altitude de 335m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho, epieutrófico, álico de textura argilosa (Embrapa, 2018). A temperatura média anual da região é de 23,5 °C, com precipitação anual de 1.370 mm e a umidade relativa do ar varia entre 70 e 80% (Centurion, 1982).

O histórico da área foi o cultivo de soja entre os meses de novembro de 2010 e fevereiro de 2011 e até outubro a área permaneceu em pousio. Para o preparo do solo utilizou-se uma escarificação seguida de gradagem niveladora. Em novembro/2012 foi realizada a semeadura do cultivar Primavera na densidade de 200 sementes m^{-2} e espaçamento de 0,35 m entrelinhas. Quanto aos tratamentos que receberam o inoculante, realizou-se a inoculação das sementes à sombra com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6. O produto comercial apresentava 2 x 10^8 células viáveis por grama e a dose utilizada foi de 200 g para 25 kg de sementes.

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da área na profundidade de 0,0 a0,2 m, e realizada a análise química, para fins de fertilidade do solo, de acordo com a metodologia

proposta por Van Raij et al. (2001) a qual revelou as seguintes características: MO, 21 g dm^{-3}; P (resina), 35 mg dm^{-3}; pH (CaCl2), 5,5; K, Ca, Mg e H+Al, 1,7, 21, 11 e 20 mmolc dm^{-3}, respectivamente e V% = 63%. No cálculo da quantidade de fertilizante utilizado na semeadura, considerou-se as características químicas do solo, a produtividade esperada e as recomendações de Cantarella e Furlani (1996), sendo aplicados 250 kg ha^{-1} do formulado 04-30-10 na linha de semeadura.

Para o controle de plantas daninhas realizou-se a aplicação em pré-emergência de 1.400 g ha^{-1} do i.a. de pendimetalina logo após a semeadura. Em pós-emergência utilizou-se 2,4 g ha^{-1} do i.a. de metsulfurom metil no início do perfilhamento e 1.209 g ha^{-1} do i.a de 2,4-D entre o perfilhamento ativo e o emborrachamento.

Para o fornecimento de água utilizou-se as leituras diárias de evaporação do tanque Classe A instalado no Posto Meteorológico a aproximadamente 700 m da área experimental. O coeficiente do Tanque Classe A (Kp) utilizado foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Posteriormente, multiplicou-se os valores de evaporação do tanque com os coeficientes de cultura (Kc) obtendo-se os valores de evapotranspiração da cultura (ETc). Estes coeficientes foram distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Na fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva foram dois Kc, o inicial de 0,70 e o final de 1,00 e durante a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70 (Rodrigues et al., 2004). A reposição de água foi realizada quando a evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada atingiu os valores próximos da água disponível do solo (ADS) pré-estabelecidos.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação entre inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* (não inoculado e inoculado), manejo de irrigação (irrigado + precipitação pluvial e não irrigado + precipitação pluvial) e doses de nitrogênio em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1}). O nitrogênio foi fornecido às plantas quando estas estavam no perfilhamento ativo e como fonte deste nutriente utilizou-se uréia (45% de N).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 2 x 5 com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por cinco linhas de 4,5 m de comprimento, espaçadas 0,35 m, totalizando 7,87 m^2. As avaliações foram realizadas na área útil das parcelas composta pelas três linhas centrais.

Foram realizadas as seguintes avaliações: a) florescimento: referente ao número de dias transcorridos entre a emergência e o florescimento de 90% das plantas da parcela; b) altura de plantas: determinou-se por ocasião da maturação dos grãos em quinze plantas da parcela, tendo como referência a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade superior da panícula mais alta; c) acamamento: obtido pela avaliação visual na fase de maturação, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – de 5 a 25%, 3 – de 25 a 50%; 4 – de 50 a 75% e 5 – de 75 a 100% de plantas acamadas; d) teor de nitrogênio foliar: foram coletadas vinte folhas bandeira

por parcela em seguida estas foram levadas para secagem em estufa de ventilação forçada a 65ºC durante 48 horas e depois foram moídas em moinho tipo Wiley e submetidas à análise química para determinação do N de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997); e) teor de N na planta: por ocasião da colheita coletou-se 0,5 m de plantas na linha de semeadura, em seguida as panículas foram retiradas das plantas e, para determinação do teor de N na planta, seguiu-se o mesmo procedimento para o teor de N foliar; f) número de panículas m-2: contou-se as panículas em um metro de fileira de plantas na área útil sendo os valores convertidos para metro quadrado; g) massa de 100 grãos: foram realizadas pesagens de duas subamostras de 100 grãos corrigindo-se os valores para 13% de umidade (base úmida); h) produtividade de grãos: foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, provenientes de três linhas centrais de cada parcela, corrigindo o teor de água dos grãos para 13% (base úmida); i) massa hectolítrica: avaliada em duas amostras de um recipiente com volume de 0,25 L preenchido com arroz em casca, que em seguida foi pesado em balança de precisão, corrigindo o teor de água dos grãos para 13% de umidade (base úmida).

Para a análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o software ESTAT, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. A comparação das médias entre inoculação com *Azospirillum brasilense* e irrigação foi realizada pelo teste de Tukey e quando verificado efeito de doses, interação doses x manejo de água ou doses x inoculação foi realizada análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que o uso de irrigação reduziu o tempo para o florescimento (Tabela 1) em relação ao manejo não irrigado. Comportamento semelhante foi observado por Arf et al. (2001) que também verificaram na ausência de irrigação um maior número de dias para o florescimento em relação ao tratamento não irrigado. Segundo Rodrigues et al. (2004) a ocorrência de períodos de deficiência hídrica na fase vegetativa da cultura do arroz acaba aumentando o período de sua duração, refletindo no aumento do ciclo total. Stone et al. (1984) e Arf et al. (2001), também verificaram alteração do período para atingir o florescimento e do ciclo da cultura em função da quantidade de água fornecida à cultura do arroz de terras altas.

Observou-se efeito isolado de irrigação e das doses de N para a altura de plantas e acamamento. Em tais avaliações houve destaque para a irrigação que proporcionou maior altura de plantas (7,2 cm mais altas) e, como consequência, maiores índices de acamamento. Este resultado deve-se a melhor absorção de água e de nitrogênio (Tabela 2) pelas plantas de arroz o que proporcionou maiores taxas de fotossíntese e, consequentemente, maior altura de plantas. Além disso, como o N faz parte da molécula de clorofila e tem grande efeito no desenvolvimento vegetativo das plantas, o que provavelmente ocorreu foi o aumento na taxa fotossintética que contribuiu para o crescimento das plantas. Buzetti et al. (2006) em estudo desenvolvido da mesma região também verificaram aumento da altura de plantas dos cultivares IAC 201 e IAC 202 até a dose de 150 kg ha^{-1} de N.

Tabela 1. Número de dias para o florescimento, altura e acamamento de plantas do arroz, cv. Primavera, sob inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, irrigação e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/12[(1)].

Tratamento		Florescimento (DAE)	Altura (cm)	Acamamento (nota)
Azospirillum	Ausência	78,8 a	106,0 a	2,39
	Presença	78,3 a	105,6 a	2,44
Irrigação	Irrigado	71,7 b	109,4 a	2,60 a
	Não irrigado	85,4 a	102,2 b	2,23 b
Doses de N (kg ha^{-1})	0	76,7(2)	103,8(3)	2,32(4)
	25	77,6	104,7	2,31
	50	79,0	105,7	2,37
	75	79,5	106,5	2,54
	100	80,0	108,5	2,55
Teste F	*Azospirillum* (A)	0,74ns	0,12ns	1,36ns
	Irrigação (I)	558,4**	31,61**	66,91**
	Dosesde N (D)	4,59**	4,28**	4,24**
	A x I	0,60ns	0,18ns	1,36ns
	A x D	1,78ns	1,59ns	0,07ns
	I x D	0,48ns	0,48ns	0,58ns
	A x I x D	1,38ns	0,19ns	0,07ns
CV (%)		3,29	5,39	37,00

[(1)]ns - não-significativo; * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. [(2)]Dados transformados em $(x + 0,5)^{½}$. [(2)] $Y = 76,44 + 0,039x$; $R^2 = 0,93$. [(3)] $Y = 103,6 + 0,044x$; $R^2 = 2,28 + 0,020x$; $R^2 = 0,85$.

Houve efeito significativo isolado de doses de N pata o teor de N foliar (Tabela 2). Verificou-se que os resultados se ajustaram de maneira linear positiva. Com relação ao teor de N na planta (Tabela 2) houve efeito significativo isolado de manejos de água e doses de N. O manejo irrigado foi superior em relação ao não irrigado e para as doses obteve-se ajuste linear crescente. Isto pode estar relacionado à umidade do solo, pois, conforme Fageria (2006), o processo de absorção do N acontece por fluxo de massa, o qual é o produto da taxa de absorção de água por unidade de raízes pela concentração de nutrientes na solução do solo, portanto, pode-se inferir que a maior disponibilidade hídrica no manejo irrigado aumentou taxa de absorção deste nutriente.

Não houve efeito significativo dos tratamentos utilizados no número de panículas por metro quadrado (Tabela 2). Isto indica que o cultivar Primavera apresentou estabilidade na produção de panículas, sendo, portanto, o aumento de produtividade, dependente da alteração de outros componentes reprodutivos, a exemplo da massa de 100 grãos (Tabela 3). Com relação aos manejos de água, Arf et al. (2001) verificaram que a irrigação aumentou o número de panículas m^{-2}, quando comparado ao tratamento sem irrigação. Para doses de N, Neves et al. (2004) também não verificaram efeito no número de panículas m^{-2}. Porém, Mauad et al. (2003) verificaram menor valor para essa característica, na ausência de N, já que este estimula o perfilhamento e aumenta o número de panículas por área, fato não observado neste trabalho.

Tabela 2. Teor de N foliar, na planta e panículas por metro quadrado do arroz, cv. Primavera, sob inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, irrigação e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/12[(1)].

Tratamento		**N - foliar ($g\ kg^{-1}$)**	**N - planta ($g\ kg^{-1}$)**	**Panículas (m^{-2})**
Azospirillum	Ausência	30,69 a	15,36 a	184,3 a
	Presença	31,50 a	15,67 a	188,8 a
Irrigação	Irrigado	30,87 a	16,31 a	180,7 a
	Não irrigado	31,32 a	14,73 b	192,4 a
Doses de N ($kg\ ha^{-1}$)	0	30,14(2)	15,03(3)	180,6
	25	30,36	14,78	189,4
	50	31,02	15,48	186,9
	75	31,46	15,53	185,3
	100	32,50	16,75	190,5
Teste F	Azospirillum (A)	1,94ns	0,49ns	0,38ns
	Irrigação (I)	0,61ns	12,93**	2,62ns
	Dosesde N (D)	5,13**	5,38**	0,23ns
	A x I	1,60ns	2,38ns	0,51ns
	A x D	1,02ns	0,75ns	0,15ns
	I x D	0,89ns	0,23ns	0,68ns
	A x I x D	0,32ns	1,13ns	1,08ns
CV (%)		8,32	12,66	17,31

[(1)]ns - não-significativo; * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. [(2)]$Y = 29,93 + 0,02328x$; $R^2 = 0,95$. [(3)]$Y = 14,67 + 0,0167x$; $R^2 = 0,76$.

No que se refere à massa de 100 grãos (Tabela 3), verificou-se efeito significativo isolado para inoculação e doses de N. A inoculação proporcionou grãos mais pesados em relação à testemunha sem inoculação. Quanto às doses de N houve ajuste a um modelo linear decrescente. Arf et al. (2003) e Bordin et al. (2003) não verificaram efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura para este componente produtivo. A resposta da massa de 100 grãos ao N em cobertura depende da homogeneidade de formação e da maturação dos grãos na panícula e tais processos são relacionados ao cultivar, época de aplicação do N e do nível de água disponível. A redução gradativa na massa de 100 grãos obtida neste estudo deve-se ao aumento demasiado da parte aérea das plantas, o que reduziu a translocação de fotoassimilados para os grãos, consequentemente, a massa de 100 grãos.

Quanto à produtividade de grãos (Tabela 3) verificou-se pelo desdobramento (Tabela 4) que o uso de irrigação aumentou a produtividade de grãos tanto na presença como na ausência de inoculação. No que se refere à inoculação dentro de manejos de água, observou-se que a produtividade foi superior no tratamento irrigado sem inoculação. Os resultados de produtividade ajustaram-se a um modelo linear decrescente em função das doses de N. Meira et al.(2005) obtiveram a máxima produtividade na dose de 90 $kg\ ha^{-1}$ de N. Cazetta et al. (2008) também observaram acréscimo na produtividade de grãos em função das doses de N no cultivar IAC 202. Bordin et al. (2003) verificaram a maior produtividade do arroz IAC

202 com a dose de 50 kg ha^{-1} de N. Para Farinelli et al. (2004), a dose foi de 75 kg ha^{-1}. Neste contexto, o comportamento da produtividade pode estar atribuído à massa de 100 grãos visto que esta também foi reduzida em função ao aumento das doses de N. Esta variável é uma característica controlada por grande número de genes, sendo, portanto, herança quantitativa, além disso, possui correlação com alguns componentes de produção que podem ser de valor positivo ou negativo (Fageria et al., 2007).

Tabela 3. Massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG) e massa hectolítrica (MH) para a cultura do arroz, cv. Primavera, sob inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, irrigação e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/12[(1)].

Tratamento		**M100G (g)**	**PG (kg ha^{-1})**	**MH (kg 100 L^{-1})**
Azospirillum	Ausência	2,82 a	3.500	51,25 a
	Presença	2,71 b	3.170	52,07 a
Irrigação	Irrigado	2,80 a	3.834	55,89 a
	Não irrigado	2,73 a	2.837	47,43 b
Doses de N (kg ha-1)	0	2,87(2)	3.486(3)	51,81
	25	2,82	3.423	51,45
	50	2,74	3.280	51,57
	75	2,65	3.299	53,17
	100	2,54	3.188	50,31
Teste F	Azospirillum (A)	7,08**	3,35ns	0,56ns
	Irrigação (I)	3,46ns	35,96**	58,99**
	Doses de N (D)	3,16*	3,41**	0,68ns
	A x I	0,18ns	6,26*	0,01ns
	A x D	0,55ns	0,12ns	0,94ns
	I x D	0,93ns	0,62ns	0,88ns
	A x I x D	1,52ns	2,49ns	0,11ns
CV (%)		6,75	22,28	9,53

(1) ns – não-significativo; * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. (2)Y = 2,89 - 0,00332x; R2 = 0,98. (3)Y = 3479,3 - 2,8808x; R2 = 0,92.

Para a massa hectolítrica houve efeito significativo somente nos manejos de água. O manejo irrigado foi 14,6 % superior em relação ao manejo não irrigado. O fato pode ser atribuído ao processo de enchimento descontínuo dos grãos proporcionado pela ausência de deficiência hídrica que ocorre no manejo irrigado. Resultados corroborantes para esta avaliação foram obtidos por Arf et al. (2001) nos cultivares IAC 201, Carajás e Guarani e Rodrigues et al. (2004) nos cultivares Confiança e Maravilha.

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa entre inoculação com *Azospirillum brasilense*e manejos de água para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) da cultura do arroz, cv. Primavera. Selvíria, MS, 2012[(1)].

Azospirillum	Manejos de água	
	Irrigado	Não irrigado
Ausência	4.207 a A	2.794 b A
Presença	3.460 a B	2.880 b A

[(1)]Médias seguidas de letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. DMS: 470,8 kg ha^{-1}.

CONCLUSÕES

O uso de irrigação reduz o período para florescimento do arroz, aumenta a altura de plantas, o acamamento e a produtividade de grãos.

As doses de N incrementam os teores de N foliar na planta e reduzem a massa de 100 grãos.

A inoculação com *Azospirillum brasilense* reduz a produtividade em relação à testemunha sem aplicação.

Nas condições de instalação e condução semelhantes à desta pesquisa, não se recomenda a adubação nitrogenada de cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade WEB, Amorim Neto S (1996). Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de duas cultivares de arroz irrigado na região Norte Fluminense. Ciência e Agrotecnologia, 20(3): 293-300.

Arf O et al. (2001). Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36(6): 871-879.

Arf O et al. (2003). Manejo do solo e adubação nitrogenada para cultivares de arroz de terras altas irrigadas por aspersão. Scientia Agrícola, 60(2): 348-352.

Boldieri FM et al. (2010). Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. Revista Ceres, 57(3): 421-428.

Bordin L et al. (2003). Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. Bragantia, 62(3): 417-428.

Buzetti S et al. (2006). Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clormequat. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41(12): 1731-1737.

Cantarella H, Furlani PR (1996). Arroz irrigado. In: Van Raij B et al. (Coords). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto agronômico e Fundação IAC. 50-51p.

Cazetta DA et al. (2008). Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. Bragantia, 67(2): 471-479.

Centurion JF (1982). Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. Científica, 10(1): 57-61.

Crusciol CAC et al. (2003). Manejo de irrigação por aspersão com base no "Kc" e adubação mineral na cultura de arroz de terras altas.Bragantia, 62(3): 465-75.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2021). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo primeiro levantamento. Brasília: Conab. 109p

Didonet AD et al. (2003). Avaliação de linhagens de arroz de terras altas inoculadas com Azospirillum lipoferum Sp59b e A. brasilense Sp245. Santo Antônio de Goiás: CNPAF. 4p. (Comunicado Técnico, 69).

Doorenbos J, Pruitt WO (1976). Las necessidades de agua de los cultivos. Roma: FAO. 194p.

Embrapa (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: CNPS. 356p.

Fageria NK (2006). Nutrição mineral. In: Santos AB et al. (orgs). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: CNPAF. 387-424p.

Fageria NK et al. (2007). Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42(7): 1029-1034.

Farinelli R et al. (2004). Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28(3): 447-454.

Fornasieri Filho D, Fornasieri JL (2006). Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: FUNEP. 589p.

Malavolta E et al. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós. 319p.

Mauad et al. (2003). Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. Scientia Agricola, 60(4): 761-765.

Medeiros RD et al. (2005). Compactação do solo e manejo de água I: Efeito sobre a absorção de N, P, K massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. Ciência e Agrotecnologia, 29(5): 940-947.

Meira FA et al. (2005). Resposta de dois cultivares de arroz à adubação nitrogenada e tratamento foliar com fungicidas. Acta Scientiarum: Agronomy, 27(1): p.91-95.

Neves MB et al. (2004). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. Acta Scientiarum Agronomy, 26(4): 429-435.

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.

Van Raij B et al. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais. Campinas: IAC. 285p.

Capítulo 3

Cultivares de arroz de terras altas apresentam distintos mecanismos morfológicos para adaptação à salinidade

Recebido em: 15/09/2021
Aceito em: 17/09/2021
10.46420/9786581460051cap3

Renato JaquetoGoes[1*]
Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues[2]
Orivaldo Arf[2]

INTRODUÇÃO

Os principais fatores que afetam o rendimento das culturas, em condições de salinidade do solo, são o baixo estande de plantas, causado pelo menor percentual de germinação, e o lento desenvolvimento vegetativo das plantas (Silva; Pruski, 1997). Além dos fatores genéticos, estes fatores mencionados relacionam-se diretamente com a capacidade que a semente possui em extrair água da solução do solo e dar início à germinação. Conforme Marcos Filho (2005) a água é um dos fatores mais importantes que afetam a germinação, pois reativa o metabolismo e está envolvida de forma direta e indireta em todas as demais etapas da germinação

Em condições onde a solução do solo apresenta potencial osmótico pequeno, ocorre um atraso da germinação das sementes, devendo existir um valor mínimo do teor de água para que a semente germine, processo que depende da composição química e permeabilidade do tegumento da semente (Verslues et al., 2006). Nesse contexto, é de suma importância a presença de um teor de água no solo adequado para que seja possível iniciar a hidratação das sementes permitindo a reativação dos processos metabólicos, culminando no crescimento do eixo embrionário (Marcos Filho, 2005).

O'Leary (1995) afirma que as sementes são sensíveis à salinidade e, quando semeadas em soluções salinas, observa-se inicialmente uma diminuição na absorção de água, que atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos. Tobe et al. (2000) mencionam que a inibição da germinação ocasionada pela salinidade se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à "seca fisiológica" produzida, como ao efeito tóxico, resultante da excessiva concentração de íons no protoplasma.

Nem todas as culturas respondem de maneira semelhante à salinidade. Algumas são capazes de produzir satisfatoriamente em níveis elevados de salinidade do solo, o arroz (*Oryza sativa* L.) é um exemplo de planta glicófita, apresentando tolerância à salinidade variável de acordo com a variedade ou o cultivar

[1] Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (UFG/EA), Goiânia-GO.
[2] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), Ilha Solteira-SP.
[*] Autor correspondente: renatogoes@ufg.br

em estudo. Quarenta cultivares de arroz estudados por Fageria (1991), sob diferentes níveis de salinidade mostraram uma diferença altamente significativa entre elas para altura de planta, perfilhamento e produção de matéria seca de plântula.

Uma solução para o problema seria a introdução de variedades com tolerância à salinidade elevada (Alpaslan et al., 1999). Algumas linhas de pesquisas defendem mecanismos particulares de tolerância à salinidade, em oposição a outros, como sendo alvo no melhoramento de espécies agronomicamente importantes. No entanto, segundo Marcondes e Garcia (2009), para discriminar entre as vantagens da compartimentalização ou da exclusão de sais, ambos devem ser extensivamente estudados para a posterior escolha do mais apropriado segundo as características bioquímicas e fisiológicas de cada espécie.

A condução de uma cultura sob condições de excesso de sais, oriundo de adubações sucessivas ao longo dos anos e o défice hídrico tem limitado a produtividade da maioria das culturas anuais de interesse agrícola. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito do estresse salino na qualidade fisiológica e na característica das plântulas de cultivares de arroz de terras altas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", município de Ilha Solteira-SP (UNESP/FEIS), utilizando-se sementes dos cultivares Cambará, Jatobá e Primavera. Estas foram submetidas a diferentes potenciais osmóticos provocados pelo cloreto de sódio (NaCl) correspondentes a zero; -0,05; -0,10; -0,15; -0,20; -0,25 e -0,30 MPa, sendo estes calculados pela fórmula de Van'tHoff (Salisbury; Ross, 1991).

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas as seguintes análises: teste de germinação - utilizadas 200 sementes por tratamento (quatro repetições de 50), em rolos de papel germitest, umedecidos com as soluções salinas na proporção de 2,5 vezes a massa deste substrato seco e a temperatura foi mantida a 25ºC durante a condução do teste. A contagem final foi realizada aos quatorze dias após a semeadura considerando-se porcentagem de plântulas normais obtidas em cada repetição (Brasil, 2009); primeira contagem (vigor): realizada concomitantemente com o teste de germinação. Nesta foi verificada o total de plântulas normais obtidas no quinto dia após a instalação do teste, sendo os resultados expressos em porcentagem; índice de velocidade de germinação (IVG) - realizado juntamente com teste padrão de germinação e calculado conforme a fórmula a seguir proposta por Maguire (1962): IVG = (G1/N1) + (G2/N2) +...+ (Gn/Nn) onde, IVG = índice de velocidade de germinação; G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, na segunda e na última contagem; N1, N2, Nn = número de dias de semeadura referentes à primeira, segunda e última contagem respectivamente; massa verde e seca – foram escolhidas aleatoriamente 20 plântulas normais por repetição originadas na contagem final do teste de germinação. Estas, após serem retirados os cotilédones e pesadas verdes, foram acondicionadas em sacos de papel e levadas em estufa de ventilação forçada onde permaneceram por 72 horas a 65ºC. Posteriormente, as repetições foram pesadas em balança de precisão

0,001 g e os valores de massa seca obtidos em cada repetição foram divididos pelo número de plântulas utilizadas, com os resultados expressos em miligramas por plântula (mg pl^{-1}); características morfológicas das plântulas - com auxílio de régua milimetrada mediu-se o comprimento total das plântulas, do hipocótilo e da radícula em 20 plântulas normais por repetição na contagem final do teste de germinação e os resultados expressos em cm; teor de água – obtido pela relação entre a massa de água encontrada nas 20 plântulas escolhidas ao acaso. Os resultados foram expressos em miligramas por plântula (mg pl^{-1}); eficiência de uso da água – avaliado mediante a relação entre a massa seca das plântulas com a quantidade de água absorvida, os resultados foram expressos em porcentagem.

O delineamento experimental consistiu em um fatorial 3 x 7 (cultivares x potenciais osmóticos) inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento, sendo as médias de cada tratamento comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificada a interação entre os tratamentos, para os desdobramentos de potenciais osmóticos dentro de cultivares, utilizou-se a análise de regressão e adotou-se a equação que foi mais adequada sendo definida primeiramente pelo efeito significativo e posteriormente pelo maior valor do coeficiente de determinação Banzato e Kronka (1989). A análise estatística foi realizada com o auxílio programa ESTAT, com os valores expressos em porcentagem transformados em arco seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de germinação, primeira contagem (vigor), índice de velocidade de germinação, massa seca e verde de plântula dos cultivares Cambará, Jatobá e Primavera em função dos potenciais osmóticos encontram-se na Tabela 1.

Quanto à germinação obteve-se efeito de cultivares e potenciais osmóticos e a interação cultivares x potenciais osmóticos mostrou significância. O desdobramento da interação entre cultivares e potenciais osmóticos da análise de variância referente à germinação estão apresentados na Tabela 2. Para cultivares dentro de potenciais osmóticos verificou-se que entre 0,00 e -0,25 MPa, o cultivar Cambará se destacou e foi superior em relação ao Jatobá, entretanto, em -0,30 MPa, houve destaque para o cultivar Primavera, sendo este superior em relação aos demais. No que se refere à potenciais osmóticos dentro de cultivares, observou-se que houve um ajuste linear decrescente em todos os cultivares estudados, indicando que à medida que reduziu-se o potencial osmótico ocorreu redução da germinação das sementes independente do cultivar utilizado. Lima et al. (2005) também verificaram redução da germinação das sementes dos cultivares de arroz BRS 6 Chuí, IAS 12-9 Formosa, BRS Agrisul e BRS Bojurú à medida que incrementou-se a concentração de sais na solução.

Tabela 1. Valores médios de germinação, primeira contagem (vigor), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca (MS) e verde de plântula (MV) dos cultivares Cambará, Jatobá e Primavera em função dos potenciais osmóticos[1].

Tratamentos		Germinação	Vigor	IVG	MS	MV
		----------(%)--------			------(mg pl-1)--------	
Cultivares (C)	Cambará	71,44	50,90a	16,50a	7,67 b	41,91 b
	Jatobá	58,78	45,44 c	12,53 c	7,90 b	45,58a
	Primavera	66,12	41,15 b	14,30 b	8,33a	43,12ab
Potenciais Osmóticos (P) MPa	0,00	72,42	61,57[2]	20,10[3]	8,57[4]	40,02[5]
	-0,05	72,64	59,25	19,52	8,86	44,60
	-0,10	71,47	48,34	16,04	8,03	41,53
	-0,15	78,88	46,99	15,44	7,92	43,04
	-0,20	67,62	42,39	13,79	7,50	45,25
	-0,25	56,30	31,54	9,10	7,80	43,78
	-0,30	48,80	30,72	7,11	7,07	47,53
Teste F	C	23,86**	15,91**	22,34**	14,66**	6,26**
	P	21,67**	41,88**	58,07**	20,66**	4,97**
	C x P	3,47**	1,38ns	1,43ns	1,83ns	0,84ns
CV (%)		10,52	14,14	15,41	5,82	9,06

[1] Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns – não significativo, * - significativo a 5% e ** - significativo a 1%. CV – coeficiente de variação. [2] $Y = -109{,}94x + 62{,}32$; $R^2 = 0{,}96$; [3] $Y = -34{,}42x + 21{,}09$; $R^2 = 0{,}95$; [4] $Y = -5{,}10x + 8{,}73$; $R^2 = 0{,}82$; [5] $Y = 17{,}57x + 41{,}04$; $R^2 = 0{,}59$.

Com relação à primeira contagem (vigor), obteve-se efeito significativo dos cultivares e dos potenciais osmóticos. Verificou-se que o cultivar Cambará apresentou o maior valor seguido do Primavera e do Jatobá.. No que se refere aos potenciais osmóticos, observou-se que os resultados apresentaram um ajuste linear decrescente havendo uma redução acentuada no vigor para diminuição do potencial osmótico da solução.

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), observou-se efeito dos cultivares e dos potenciais osmóticos. Verificou-se que o cultivar Cambará foi superior em relação ao Primavera e Jatobá respectivamente. No que se refere aos potenciais osmóticos, observou-se que os resultados apresentaram um ajuste linear em que se verificou uma redução no índice de velocidade de germinação na ordem de 34,42 por MPa. retirado da solução.

Quanto à massa seca de plântula (MS), obteve-se efeito significativo dos cultivares e dos potenciais osmóticos. O cultivar Primavera se destacou e foi superior aos demais. Com relação a potenciais osmóticos, observou-se que os dados se ajustaram a uma equação linear em que ocorreu uma redução na massa seca em 5,10 mg por plântula para cada MPa retirado da solução. No estudo sobre salinidade da água de irrigação no cultivar Formoso em casa de vegetação, Rodrigues et al. (2005) verificaram resultados contrastantes ao deste trabalho, em que houve redução na fitomassa seca das plântulas de 11,08 mg para cada unidade de dS m^{-1} adicionado à água de irrigação.

Tabela 2. Desdobramento da interação entre cultivares x potenciais osmóticos da análise de variância referente à germinação[1].

Tratamentos	Cambará	Jatobá	Primavera	Teste F
0,00 MPa	81,50a[2]	62,34b[3]	73,42ab[4]	7,80**
-0,05 MPa	82,86a	61,00b	74,05a	10,19**
-0,10 MPa	79,77a	71,48b	63,17b	5,80**
-0,15 MPa	76,84a	62,86b	66,94ab	4,36*
-0,20 MPa	74,20a	59,73b	68,94ab	4,52*
-0,25 MPa	63,42a	48,47b	56,98ab	4,73*
-0,30 MPa	41,52b	45,58b	59,29a	7,30**
-	R. L.**	R. L.*	R. L.*	-

[1] Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns – não significativo, * - significativo a 5% e ** - significativo a 1%. R. L. – Regressão linear. [2] $Y = -117,42x + 89,05$; $R^2 = 0,74$; [3] $Y = -62,20x + 68,11$; $R^2 = 0,57$; [4] $Y = -50,42x + 73,69$; $R^2 = 0,67$.

Com relação à massa verde de plântula (MV), verificou-se efeito significativo para cultivares e potenciais osmóticos (Tabela 1). Verificou-se que o cultivar Jatobá foi superior em relação ao Cambará e ambos não diferiram do Primavera. Para potenciais osmóticos, os dados ajustaram-se linearmente demonstrando que há um aumento na massa verde das plântulas em 17,57 mg para cada MPa retirado da solução. Isto pode estar relacionado com a sensibilidade que o cultivar possui, pois plantas sensíveis a salinidade diminui ocorre redução da taxa de crescimento das plântulas e, consequentemente, a matéria seca e fresca da parte aérea e do sistema radicular (Shannon et al., 1998).

Os valores médios de comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de plântula e de radícula, teor de água e eficiência de uso da água dos cultivares Cambará, Jatobá e Primavera em função dos potenciais osmóticos encontram-se na Tabela 3.

Para o comprimento do hipocótilo verificou-se efeito significativo de cultivares, potenciais osmóticos e a interação cultivares x potenciais osmóticos também mostrou significância. O desdobramento da interação entre cultivares e potenciais osmóticos da análise de variância referente ao comprimento de hipocótilo encontra-se expresso na Tabela 4. No que se refere à cultivares dentro de potenciais, observou-se que na ausência de salinidade do meio representada pelo potencial de 0 MPa, os cultivares Cambará e Primavera foram superiores ao Jatobá. Na faixa de salinidade entre -0,05 e -0,10 MPa, o cultivar Primavera se destacou em relação aos demais cultivares. Em -0,15 MPa não se obteve diferença significativa entre os cultivares. Para a faixa de potenciais situada entre -0,20 e -0,30 MPa, verificou-se que os cultivares Cambará e Primavera apresentaram valores superiores de comprimento de hipocótilo. Para potenciais osmóticos dentro de cultivares, obteve-se ajuste linear para o Cambará onde, houve uma redução em 2,90 cm para cada MPa retirado da solução. Com relação ao cultivar Jatobá não observou-se ajuste significativo dos dados, já para o cultivar Primavera, os dados ajustaram-se a função quadrática obtendo-se o maior valor de comprimento de hipocótilo no potencial de -0,12 MPa.

Tabela 3. Valores médios de comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de plântula (CP) e de radícula (CR), teor de água (TA) e eficiência de uso da água (EF) dos cultivares Cambará, Jatobá e Primavera em função dos potenciais osmóticos[(1)].

Tratamentos		CH	CP	CR	TA
		----------cm----------			(mg pl^{-1})
Cultivares (C)	Cambará	7,78	23,26 b	15,48 b	34,24 b
	Jatobá	6,79	21,55 c	14,76 b	38,12a
	Primavera	8,15	24,84a	16,69a	34,78 b
Potenciais Osmóticos (P) MPa	0,00	7,01	23,39[(2)]	16,38[(3)]	31,54[(4)]
	-0,05	7,75	24,31	16,56	36,14
	-0,10	7,84	23,75	15,91	33,64
	-0,15	7,86	22,85	14,99	34,35
	-0,20	7,65	24,12	16,47	37,96
	-0,25	7,50	21,75	14,25	36,29
	-0,30	7,40	22,34	14,94	40,07
Teste F	C	49,10**	19,74**	7,73**	9,28**
	P	3,84**	2,74*	2,89*	7,24**
	C x P	3,86**	1,45ns	0,91ns	0,88ns
CV (%)		7,01	8,53	11,87	10,19

[(1)] Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns – não significativo, * - significativo a 5% e ** - significativo a 1%. CV – coeficiente de variação. [(2)] $Y = -30,28x^2 + 3,44x + 23,68$; $R^2 = 0,50$; [(3)] $Y = -2,38x^2 -5,27x + 16,51$; $R^2 = 0,50$; [(4)] $Y = 21,57x + 32,47$; $R^2 = 0,68$.

Quanto ao comprimento de plântula (CP), obteve-se efeito significativo de cultivares e de potenciais osmóticos. Com relação aos cultivares, o Primavera se destacou em relação aos demais. Para potenciais osmóticos, observou-se que os dados ajustaram-se a uma função quadrática decrescente, onde o maior valor com o potencial osmótico de -17,6 MPa. Com relação ao comprimento de radícula (CR), obteve-se efeito de cultivares e de potenciais osmóticos. O cultivar Primavera foi superior em relação aos demais. No que se refere aos potenciais osmóticos, obteve-se um ajuste quadrático dos resultados, obtendo-se o maior valor no potencial osmótico a -0,90 MPa.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre cultivares x potenciais osmóticos da análise de variância referente ao comprimento de hipocótilo[(1)].

Tratamentos	Cambará	Jatobá	Primavera	Teste F
0,00 MPa	7,12a[(2)]	6,17b	7,75a[(3)]	8,92**
-0,05 MPa	7,50b	7,20b	8,55a	7,12**
-0,10 MPa	7,72c	6,70b	9,10a	20,56**
-0,15 MPa	7,72a	7,72a	8,37a	2,92ns
-0,20 MPa	7,50a	6,45b	8,07a	16,02**
-0,25 MPa	7,87a	6,85b	7,77a	4,52*
-0,30 MPa	8,30a	6,45b	7,45a	12,16**
-	R. L.*	Ns	R. Q. **	-

[(1)] Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ns – não significativo, * - significativo a 5% e ** - significativo a 1%. R. L. – Regressão linear. R. Q. – Regressão quadrática. [(2)] $Y = 2,90x + 7,24$; $R^2 = 0,73$; [(3)] $Y = -42,81x^2 + 10,35x + 7,99$; $R^2 = 0,73$.

De acordo com Daker (1988), embora as plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato de utilizar parte da energia para este mecanismo pode se refletir,

negativamente, em seu crescimento e desenvolvimento. De acordo com Tester e Davenport (2003), os efeitos da salinidade da água sobre as plantas podem ser devido à dificuldade de absorção de água, toxicidade de íons específicos e à interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

No que se refere ao teor de água das plântulas (TA), verificou-se efeito significativo de cultivares e de potenciais osmóticos. Para cultivares houve destaque para o Jatobá. Quanto aos potenciais osmóticos obteve-se um ajuste linear dos resultados, onde observou-se que o teor de água das plântulas aumentou em função da redução do potencial osmótico da solução, obtendo-se incremento do teor de água em 21,57 mg plântula^{-1} por MPa retirado da solução. Comportamento similar foi observado por Rodrigues et al. (2005), estes autores também verificaram redução do teor de água nas plântulas à medida que se aumentava a concentração de sais no substrato.

CONCLUSÕES

Na fase de germinação os cultivares Primavera e Cambará foram tolerantes a salinidade, sendo que para o vigor e o índice de velocidade de germinação houve destaque para o Cambará;

Em potenciais osmóticos entre -0,15 e -0,30 MPa os cultivares Primavera e Cambará tendem a desenvolver mais o hipocótilo;

O cultivar Primavera foi menos sensível ao estresse salino e desenvolveu mais a plântula e a radícula e os cultivares Primavera e Cambará foram mais eficientes no uso da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alpaslan M et al. (1999). Salinity resistence of certain rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Turkish Journal of Biology, 23(1): 499-506.

BanzattoDA,Kronka SN (1989). Experimentação agrícola. Jaboticabal: FUNEP. 247p.

Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.

Daker A (1988). Irrigação e drenagem: A água na agricultura. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 543p.

Fageria NK (1991). Tolerance of rice cultivarstosalinity. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 26(2): 281-288..

Lima MGS et al. (2005). Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. RevistaBrasileira de Sementes, 27(1): 54-61.

Maguire JD (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2(1): 176-177.

Marcondes J, Garcia AB. Aspectos citomorfológicos do estresse salino em plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). Arquivos do Instituto Biológico, 76(2): p.187-194.

Marcos Filho J (2005). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. 495p.

O'Leary JW (1995). Adaptive components of salt tolerance. In: Pessarakli M. (ed.) Handbook of plant and crop physiology. New York: Marcel Dekker. 577-585p.

Ramalho MAP et al. (2012). Experimentação em genética e melhoramento de plantas. 3 ed. Lavras: UFLA. 522p.

Rodrigues LN et al. (2005). Formação de mudas de arroz com água salina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(suplemento): 37-41.

Salisbury FB, Ross CW (1991). Plant physiology. Belmont: Wadsworth. 682p.

Shannon et al. (1998). Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. Crop Science, Madison, 38(2): 394-398.

Silva D; Pruski FF (1997). Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA, SBH, ABEAS. 252p.

Tester M, Davenport R (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany, 91(5): 503-527.

Tobe K et al. (2000). Seed Germination and Radicle Growth of a Halophyte, Kalidium capsicum (Chenopodiaceae). Annals of Botany, 85(3): 391-396.

Verslues PE et al. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. The Plant Journal, 45(4): 523-539.

Capítulo 4

Tolerância de genótipos de milho ao déficit hídrico em estágios iniciais de desenvolvimento

Recebido em: 15/09/2021
Aceito em: 17/09/2021
10.46420/9786581460051cap4

Renato Jaqueto Goes[1*]
Edson Lazarini[2]
Marco Eustáquio de Sá[2]
Jorge González Aguilera[3]
Alan Mario Zuffo[4]

INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é cultivada em todos os Estados do Brasil e apresenta múltiplos usos tanto na alimentação animal, fabricação de etanol e alimentação humana. Esse cereal é cultivado em 19,8 milhões de hectares no Brasil com uma produtividade média de 4.231 kg ha^{-1} (CONAB, 2020).

Esta espécie pertence à família Poaceae que é oriunda das Américas, pois lá que se encontram seus parentes selvagens mais próximos (Teosinte e Tripsacum). Este cereal é explorado desde os primórdios da agricultura, com evidências arqueológicas de que a domesticação teve início há mais de 10.000 anos tendo sido o principal cultivo de importantes civilizações, como a dos astecas, maias e incas (Paterniani; Campos, 2005).

Mesmo após um longo período de seleção, ainda apresenta significativa variabilidade genética o que lhe confere adaptabilidade aos mais diversos ambientes de cultivo. Com o aumento mundial crescente da demanda por este grão, novas áreas são exploradas e uma quantidade cada vez maior de fertilizantes é utilizada (Freire; Freire, 2007).

O principal elemento químico encontrado na maioria dos solos afetados por sais é o sódio (Na). Os sintomas de toxicidade estão associados à redução no crescimento e na produção, além do amarelecimento e murchamento das plantas. A função do Na nas plantas é similar à do potássio (K): é ativador a uma ampla gama de enzimas e da ATPase (transporte através da membrana, reduz a mobilidade da abertura de estômatos e é necessário no transporte de CO_2 até as células, onde é reduzido a carboidrato (Korndöfer, 2006).

[1] Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (UFG/EA), Goiânia-GO.
[2] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), Ilha Solteira-SP.
[3] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, Centro de Pesquisa de Chapadão do Sul-MS (UFMS/CPCS).
[4] Editor chefe na Pantanal Editora.
[*] Autor correspondente: renatogoes@ufg.br

A baixa população de plantas em uma lavoura de milho provocada por tais condições provoca redução mais drástica na produtividade quando comparado a outras culturas que tem capacidade de emitir novas estruturas reprodutivas. Portanto, a adequação de genótipos tolerantes à salinidade é uma estratégia interessante no sistema de produção desta cultura, pois minimiza os impactos sobre o estande de plantas e previne perdas de produtividade (Goes et al., 2013).

A água é um dos fatores mais importantes que afetam a germinação, pois reativa o metabolismo e está envolvida de forma direta e indireta em todas as demais etapas da germinação (Marcos Filho, 2015). Em condições onde a solução do solo apresenta potencial osmótico pequeno, ocorre um atraso da germinação das sementes, devendo existir um valor mínimo do teor de água para que a semente germine, processo que depende da composição química e permeabilidade do tegumento da semente (Verslues et al., 2006). Nesse contexto, é de suma importância a presença de um teor de água no solo adequado para que seja possível iniciar a hidratação das sementes permitindo a reativação dos processos metabólicos, culminando no crescimento do eixo embrionário (Marcos Filho, 2015).

A absorção de água pelas raízes envolve o movimento desta de um local com baixa concentração de sais, como o solo, para locais com alta concentração, no interior das células as raízes. À medida que a concentração de sais no solo aumenta, o fluxo de água para as raízes diminui. Já quando a concentração de sais é mais alta no solo em relação ao interior das raízes, o movimento é invertido podendo causar até a dessecação das plantas (Taiz et al., 2017).

Neste contexto, o cultivo do milho em áreas com excesso de sais e baixa pluviosidade pode se tornar um grande entrave para a formação e manutenção do estande tendo consequências negativas na produtividade. Portanto, o conhecimento de cultivares que sejam tolerantes às condições salinas desde a germinação favorece a produção desta cultura e possibilita a exploração de novas áreas. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar Tolerância de genótipos de milho ao déficit hídrico em estágios iniciais de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Maio de 2014 no Laboratório de Análise de Sementes e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", município de Ilha Solteira-SP. O DKB 350 PRO é um híbrido triplo de ciclo precoce com grãos de coloração alaranjada e textura semidura. Já o DKB 390 VT PRO 2 é um híbrido simples de ciclo precoce com grãos de coloração amarelo-alaranjada e textura semidura. No Brasil, ambos são recomendados para o cultivo nas regiões Centro-Oeste, Sul, Sudeste e nos Estados de Rondônia e Acre.

Antes da semeadura, as sementes de milho foram tratadas com imidacloriprido + tiodicarbe (3,0 + 5,0 g kg^{-1}). Em seguida foram realizadas as seguintes avaliações: a) teste de germinação – foram utilizadas 200 sementes por tratamento (quatro repetições de 50 sementes), em rolos de papel germitest, umedecidos com as soluções salinas na proporção de 2,5 vezes a massa deste substrato seco e a

temperatura foi mantida a 25ºC durante a condução do teste. A contagem final foi realizada aos sete dias após a semeadura considerando-se porcentagem de plântulas normais obtidas em cada repetição (Brasil, 2009); b) primeira contagem (vigor): realizada concomitantemente com o teste de germinação. Nesta foi verificada o total de plântulas normais obtidas no quarto dia após a instalação do teste, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009); c) índice de velocidade de germinação (IVG) - realizado juntamente com teste padrão de germinação e calculado conforme a fórmula a seguir proposta por Maguire (1962): IVG = (G1/N1) + (G2/N2) +...+ (Gn/Nn) onde, IVG = índice de velocidade de germinação; G1, G2 e Gn = número de plântulas normais, computadas na primeira, na segunda e na última contagem; N1, N2, Nn = número de dias de semeadura referentes à primeira, segunda e última contagem respectivamente; d) Matéria seca de plântulas – foram escolhidas aleatoriamente 20 plântulas normais por repetição originadas na contagem final do teste de germinação. Estas, após ser retirado o cotilédone foram acondicionadas em sacos de papel e levadas em estufa de ventilação forçada onde permaneceram por 72 horas a 65ºC. Posteriormente, as repetições foram pesadas em balança de precisão 0,001 g e os valores de massa seca obtidos em cada repetição foram divididos pelo número de plântulas utilizadas, com os resultados expressos em miligramas por plântula (mg pl^{-1}); e) Teor de água – avaliado mediante a relação entre a massa seca da plântulas com a quantidade de água absorvida referente à pesagem das plântulas verdes antes da secagem na estufa sendo os resultados expressos em mL g^{-1}; f) Comprimento do hipocótilo, da radícula e da plântula - com auxílio de régua milimetrada mediu-se o comprimento total das plântulas, do hipocótilo e da radícula em 20 plântulas normais por repetição na contagem final do teste de germinação e os resultados foram expressos em cm.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois híbridos de milho (DKB 350 PRO e DKB 390 PRO 2) e cinco concentrações de NaCl na solução germinativa (0,000; 1,309; 2,618; 3,927 e 5,236 g L^{-1}) o que corresponde aos potenciais osmóticos de 0; -10, -20, -30 e -40 MPa.

Entre os híbridos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5% ($p<0,01$ e $p<0,05$) de probabilidade. Quando verificado efeito de soluções salinas, utilizou-se a análise de regressão e optou-se pela equação que apresentou efeito significativo e maior valor do coeficiente de determinação (Banzato; Kronka, 1989). A análise estatística foi realizada com o auxílio programa SISVAR (Ferreira, 2011), com os valores expressos em porcentagem transformados em arco seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito isolado de híbridos e teores de NaCl para a primeira contagem (vigor). O DKB 350 PRO apresentou em média 10,7% a mais de plântulas normais (84,5%) que o DKB 390 PRO 2 (75,4%). O maior valor de primeira contagem foi obtido em ambos os híbridos com 1,38 g L^{-1} de NaCl o que correspondeu a 82,8% de plântulas normais. A germinação (G) foi significativamente afetada pelos híbridos e pelas concentrações de NaCl. O DBK 350 PRO apresentou maior número de plântulas

normais (93,9%) quando comparado ao DKB 390 PRO 2 (88,6%). O maior valor de germinação (98,7%) foi observado na concentração de 2,2 g L^{-1} de NaCl. A última contagem de germinação seguiu a mesma tendência do teste de vigor, entretanto, as doses referentes aos máximos valores foram diferentes, o que indica a maior sensibilidade do milho ao estresse salino nos estádios iniciais de desenvolvimento. À medida que a plântula se desenvolve ela torna-se mais resistente à exposição salina devido ao maior volume do sistema radicular e à maior matéria seca de plântula, fatores que atuando em conjunto melhoram a hidratação dos tecidos e reduzem a concentração de sais no interior das células (Epstein; Bloom, 2004; Broadley et al., 2012; Marschner, 2012; Shabala; Munns, 2012; Taiz et al., 2017).

Tabela 1. Primeira contagem (vigor), germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e matéria seca de plântula (MSP) de híbridos de milho em solução salina. Ilha Solteira, SP, 2014[(1)].

Tratamentos	Vigor (%)	Germinação (%)	IVG	MSP (mg)
Híbrido				
DKB 350 PRO	84,5 a	93,9 a	30,3 a	3,15 a
DKB 390 PRO 2	75,4 b	88,6 b	27,3 b	3,04 b
Teor de NaCl (g L^{-1})				
0,000 (0 MPa)	80,0[(2)]	90,5[(3)]	28,9[(4)]	3,04[(5)]
1,309 (-10 MPa)	86,0	93,6	30,6	3,18
2,618 (-20 MPa)	80,0	90,7	28,9	3,11
3,927 (-30 MPa)	76,8	94,0	28,8	3,12
5,236 (-40 MPa)	72,0	87,5	26,9	3,03
Teste F				
Híbrido (H)	49,88**	21,86**	68,60**	37,54**
Teor de NaCl (T)	8,50**	4,28**	10,51**	9,31**
H x T	0,92ns	0,69ns	0,61ns	1,86ns
R. L.	17,48**	1,81ns	10,89**	0,76ns
R. Q.	6,88**	6,87*	13,82**	17,82**
CV (%)	6,29	3,96	3,96	1,89

[(1)] * e **significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns - não significativo. [(2)]$Y = 81,3214 + 2,1635x - 0,7816x^2$; $R^2 = 0,8460$ (PM = 1,38 g L^{-1}). [(3)]$Y = 90,5571 + 2,4527x - 0,5523x^2$; $R^2 = 0,5526$ (PM = 2,22 g L^{-1}). [(4)]$Y = 29,1988 + 0,7847x - 0,2355x^2$; $R^2 = 0,8344$ (1,67 g L^{-1}). [(5)]$Y = 3,0543 + 0,0819x - 0,0166x^2$; $R^2 = 0,7437$ (PM = 2,45 g L^{-1}). R. L.: Regressão linear. R. Q.: Regressão quadrática.

Isto ocorreu pelo fato de que o DKB 350 PRO por ser um híbrido triplo (variedade puras de polinização aberta x híbrido simples) apresenta maior base genética e, portanto, maior adaptabilidade às condições adversas, com isso, nas condições de estresse salino, apresentou maior qualidade fisiológica do que o DKB 390 PRO 2 que é um híbrido simples (cruzamento entre duas variedades puras de polinização aberta) de menor base genética.

Os resultados obtidos para o teste de germinação, no presente trabalho, contrastam com os frequentemente observados em outros trabalhos, onde para diferentes culturas observou-se redução acentuada da germinação das sementes com a elevação das concentrações de sal no substrato. Como exemplos podem ser citados os dados obtidos para milho pipoca (Moterle et al., 2006), soja transgênica e convencional (Carvalho et al., 2012), leguminosas forrageiras (Melloni et al., 2012), bem como nabiça e fedegoso (Pereira et al., 2014). A exigência para que uma semente endospermática inicie o crescimento

do embrião é de que esta atinja teor de água entre 35,0 a 40,0% (Carvalho; Nakagawa, 2012). Mesmo com a alteração do potencial osmótico do substrato pela adição das soluções salinas, as sementes de ambos os híbridos conseguiram absorver água suficiente para ativar o metabolismo e, consequentemente, o crescimento do embrião, possibilitando a exteriorização das estruturas que condicionam uma plântula normal.

Tabela 2. Teor de água (TA), comprimento de hipocótilo, de radícula e de plântula de híbridos de milho em solução salina. Ilha Solteira, SP, 2014[(1)].

Tratamentos	TA (mL g^{-1})	Hipocótilo (cm)	Radícula	Plântula
Híbrido				
DKB 350 PRO	1,46 a	6,98 a	13,25 a	20,23 a
DKB 390 PRO 2	1,24 b	6,83 a	10,40 b	17,23 b
Teor de NaCl (g L^{-1})				
0,000 (0 MPa)	1,33	6,18[(2)]	11,90	18,08[(3)]
1,309 (-10 MPa)	1,60	8,40	15,24	23,64
2,618 (-20 MPa)	1,41	7,46	12,00	19,46
3,927 (-30 MPa)	1,28	6,97	11,06	18,04
5,236 (-40 MPa)	1,15	5,50	8,93	14,43
Teste F				
Híbrido (H)	36,11**	0,37ns	33,82**	33,99**
Teor de NaCl (T)	16,91**	16,74**	17,21**	33,30**
H x T	7,23**	2,48ns	4,73**	6,77ns
R. L.	-	21,46**	-	-
R. Q.	-	93,79**	-	65,27**
CV (%)	8,30	11,24	13,07	8,67

[(1)] * e **significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns - não significativo. [(2)]$Y = 6,4757 + 1,2976x - 0,2886x^2$; $R^2 = 0,8353$. [(3)] $Y= 19,08 + 2,41x - 0,65x^2$; $R^2 = 0,77$. R. L.: Regressão linear. R. Q.: Regressão quadrática.

O DKB 350 PRO apresentou maior índice de velocidade de germinação (30,3 plântulas normais dia^{-1}) em relação ao DKB 390 PRO 2 (27,3 plântulas normais dia^{-1}). Para os teores de NaCl na solução verificou-se ajuste quadrático com ponto de máximo (31,2 plântulas normais dia^{-1}) na dose de 1,67 g L^{-1} de NaCl o que correspondeu à 31,2 sementes normais dia^{-1}. O DKB 350 PRO também apresentou valor médio superior (3,15 mg) de matéria seca de plântula em relação ao DKB 390 PRO 2 (3,04 mg). As concentrações de NaCl tiveram efeito significativo em tal variável com ajuste quadrático e ponto de máximo correspondente à 2,45 g L^{-1} de NaCl. A inibição do crescimento pelo sal ocorre pelo desvio de energia do crescimento para a manutenção, isto é, a redução no acúmulo de matéria seca reflete o custo metabólico de energia, associado à adaptação à salinidade e redução no ganho de carbono (Richardson; McCree, 1985; Carvalho; Nakagawa, 2012; Marcos Filho, 2015). No entanto, a presença de sais na solução pode beneficiar a germinação formando um maior número de plântulas normais devido ao controle da entrada de água nas sementes prevenindo possíveis danos às membranas celulares (Dantas et al., 2007). Neste sentido, a maior matéria seca obtida no DKB 350 PRO e na presença de salinidade está relacionada e à restrição de absorção da solução germinativa provocada pela redução do potencial osmótico e pelo

maior comprimento radicular o que manteve os teores de Na nos tecidos em níveis não tóxicos favorecendo o desenvolvimento das plântulas pela economia de energia durante o crescimento.

Em relação ao teor de água das plântulas (TA), houve efeito significativo isolado dos híbridos, das concentrações de NaCl e a interação híbridos x concentrações de NaCl também mostrou significância. O DKB 350 PRO apresentou maior teor de água do que o DKB 390 PRO 2 tanto na ausência de NaCl (0 g L^{-1}) quanto na maior concentração testada (5,236 g L^{-1}). No DKB 350 PRO observou-se ajuste linear negativo com redução de 21,5% do teor de água na maior dose de NaCl. Já no DKB 390 PRO 2 houve ajuste quadrático com ponto de máximo (1,40 g mL^{-1}) utilizando-se 2,29 g L^{-1} de NaCl.

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa entre híbrido e concentração de NaCl na solução referente à análise de variância para teor de água. Ilha Solteira, SP, 2014[(1)].

Híbridos	**Concentração de NaCl (g L^{-1})**					**Teste F – regressão (C. d. H)**
	0,000	**1,309**	**2,618**	**3,927**	**5,236**	
DKB 350 PRO	1,58 a	1,59 a	1,58 a	1,31 a	1,24 a	66,54** (R.L.) [(2)]
DKB 390 PRO 2	1,07 b	1,61 a	1,24 b	1,25 a	1,07 b	15,82** (R.Q.) [(3)]
Teste F (H d. C)	41,01**	0,09ns	18,23**	0,72ns	4,96*	-
DMS (híbridos dentro de concentração de NaCl):0,16 mL g^{-1}						

[(1)] * e **significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns - não significativo. [(2)]$Y = 0,1652 – 0,7219x$; $R^2 = 0,7996$. [(3)]$Y = 1,1736 + 0,2013x – 0,0438x^2$; $R^2 = 0,4781$. RL: regressão linear. RQ: regressão quadrática.

O comprimento do hipocótilo (HL) foi significativamente influenciado pelas concentrações salinas na solução germinativa com ponto de máximo (7,93 cm) em 2,25 g L^{-1} de NaCl. O comprimento de radícula do DKB 350 PRO foi maior tanto na testemunha quanto na maior dose de NaCl. Houve ajuste significativo desta variável em função das concentrações de NaCl em ambos os híbridos. No DKB 350 PRO obteve-se ajuste linear decrescente com redução de 37,3% no comprimento de radícula na maior concentração. No DKB 390 PRO 2 verificou-se o maior comprimento de radícula (12,28 cm) com o uso de 2,21 g L^{-1} de NaCl.

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa entre híbrido e concentração de NaCl na solução referente à análise de variância para comprimento de radícula. Ilha Solteira, SP, 2014[(1)].

Híbridos	**Concentração de NaCl (g L^{-1})**					**Teste F – regressão (C. d. H)**
	0,000	**1,309**	**2,618**	**3,927**	**5,236**	
DKB 350 PRO	15,32 a	15,65 a	13,20 a	12,47 a	9,60 a	24,08** (R.L.) [(2)]
DKB 390 PRO 2	8,47 b	14,82 a	10,80 b	9,65 b	7,27 b	36,76** (R.Q.) [(3)]
Teste F (H d. C)	39,21**	0,57ns	4,81*	6,67*	5,46*	-
DMS (híbridos dentro de concentração de NaCl): 2,2 cm						

[(1)] * e **significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns - não significativo. [(2)]$Y = 16,1750 – 1,1172x$; $R^2 = 0,8915$. [(3)]$Y = 9,7236 + 2,3188x – 0,5242x^2$; $R^2 = 0,5049$. RL: regressão linear. RQ: regressão quadrática.

No início do desenvolvimento a provável estratégia de sobrevivência das plantas de milho, sob estresse salino, é investir mais energia para o crescimento da parte aérea, uma vez que estas estruturas são responsáveis pela realização da fotossíntese, sendo fundamental sua exteriorização à superfície do solo

antes que as reservas do endosperma sejam completamente exauridas (Silva et al., 2016). Dessa maneira, pode inferir que o DKB 350 PRO destinou maior quantidade de fotoassimilados para o crescimento de ramificações radiculares do que o DKB 390 PRO 2 para manter o crescimento da parte aérea e a hidratação dos tecidos fato que pode ser verificado pelo maior teor de água e comprimento de plântula em tal genótipo (Tabelas 3 e 5).

O DKB 350 PRO apresentou maior comprimento de plântula do que o DKB 390 PRO 2. Houve ajuste quadrático com ponto de máximo referente 1,5 g L^{-1}. A manutenção da corrente transpiratória auxilia na manutenção do crescimento vegetal pelo efeito diluição que provoca na concentração de sais no interior das células e esta é dependente da quantidade de água absorvida pelas raízes. Neste sentido, as plantas que possuem maior sistema radicular também apresentam maior teor de água e comprimento de plântula quando comparadas àquelas com menor conteúdo de água em seus tecidos (Shabala, 2012; Shabala; Munns, 2012; Taiz et al., 2017). A vantagem adaptativa da ramificação do sistema radicular é a manutenção do comprimento total de raízes que acessam água e nutrientes e a economia de carbono na formação destas raízes em virtude da sua menor espessura. Estes fatores atuando em conjunto mantém a hidratação celular, a taxa fotossintética e o crescimento da parte aérea (Rahnama et al., 2011; Broadley et al. 2012; Marschner, 2012).

CONCLUSÕES

As características morfológicas das plântulas de milho são afetadas pelas soluções salinas e a maior intensidade deste efeito depende do genótipo utilizado. O híbrido de milho que apresenta maior base genética (DKB 350 PRO) possui também maior tolerância às condições de déficit hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banzato DA, Kronka SN (2013): Experimentação agrícola. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP. 237p.

Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.

Broadley M et al. (2012). Benefical elements. In: Marschner P (ed), pp. 249-269. Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. Amsterdam: Elsevier. p. 249-269

Carvalho NM, Nakagawa J (2012). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP. 590 p.

Carvalho TC et al. (2012). Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. Ciência Rural, 42(8): 1366-1371.

Conab (2020). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2020/2021 - Décimo Primeiro levantamento, Brasília: MAPA. 109p.

Dantas BF et al. (2007). Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. Revista Brasileira de Sementes, 29(2): 106-110.

Epstein E, Bloom AJ (2004). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2 ed. Sunderland: Oxford. 280p.

Ferreira DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, 35(6): 1039-1042.

Freire MBGS, Freire FJ (2007). Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais RF et al. (ed.). Fertilidade do solo: 1 ed. Viçosa: SBCS. p. 929-954.

Goes RJ et al. (2013). Fertilizantes nitrogenados e densidades de semeadura para a cultura do milho irrigado no inverno. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 12(2): 128-137.

Korndörfer GH (2006). Elementos benéficos. In: Fernandes MS (ed). Nutrição mineral de plantas. 1 ed. Viçosa: SBCS, p. 355-374

Maguire JD (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2(2): 176-177.

Marcos Filho J (2015). Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 495pp.

Marschner P (2012). Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. London: Elsevier. 472 p.

Melloni MLG et al. (2012). Espermidina exógena atenua os efeitos do NaCl na germinação e crescimento inicial de leguminosas forrageiras. Revista Brasileira de Sementes, 34(3): 495-503.

Moterle LM et al. (2006). Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 33(9): 169-176.

Paterniani E, Campos MS (2005). Melhoramento do milho. In: Borém A (ed).. Melhoramento de espécies cultivadas. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, p. 491-552

Pereira MRR et al. (2014). Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. Bioscience Journal, 30(3): 687-696.

Rahnama A et al. (2011). A screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. Journal of Experimental Botany, 62(1): 69-77.

Richardson SG, McCree KJ (1985). Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. Plant Physiology, 79(4): 1015-1020.

Shabala S (2012). Plant stress physiology. 1 ed. Cambridge: CABI. 318 p.

Shabala S, Munns R (2012). Salinity Stress: Physiological Constraints and Adaptive Mechanisms. In: Shabala, S. (ed.), Plant Stress Physiology. 1st ed. Cambridge: CABI. p. 59-93.

Silva RC et al. (2016). Vigour in maize seeds: influence on seedling development under conditions of salt stress. Revista Ciência Agronômica, 47(3): 491-499.

Taiz L et al. (2017). Plant physiolgy and development. 6 ed. Sunderland: Sinauer. 888p.

Verslues PE et al. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. Plant Journal, 45(4): 523-539.

Capítulo 5

Fontes e doses de nitrogênio interferem na qualidade industrial e nos componentes de produção do arroz no sistema plantio direto

Recebido em: 15/09/2021
Aceito em: 17/09/2021
10.46420/9786581460051cap5

Renato Jaqueto Goes[1*]
Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues[2]
Orivaldo Arf[2]
Anderson Teruo Takasu[2]

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) possui importância no cenário nacional devido ao seu uso como fonte de carboidratos da população brasileira, ao volume de produção e à área cultivada. No sistema de produção de arroz em terras altas, a água utilizada no ciclo da cultura pode ser reduzida entre 27-51% e a eficiência de uso aumentada entre 32-88% (Bouman et al., 2005).

O cultivo na região dos cerrados apresenta algumas limitações. Esta região é caracterizada pelo predomínio de solos com baixa fertilidade, acidez superficial e subsuperficial e baixos teores de fósforo, cálcio e magnésio, o que limitam o desenvolvimento de raízes a área de contato destas com o solo, deixando as culturas mais suscetíveis a períodos de estiagem comuns nesta região. Mesmo com o uso de irrigação por aspersão, baixas produtividades estão relacionadas à ocorrência desuniforme de chuvas, elevadas temperaturas e maiores variações na umidade relativa do ar, período que pode coincidir com o início da fase reprodutiva das plantas (Crusciol et al., 2007).

A qualidade de grãos de arroz é influenciada pelo rendimento de engenho e pelo percentual de grãos translúcidos, fatores que determinam a aceitação de um cultivar tanto pelo proprietário de engenho como pelo mercado consumidor (Zaratin et al., 2004). Apesar de fortemente influenciada por fatores intrínsecos ao cultivar, a qualidade dos grãos pode variar, dependendo das práticas agronômicas realizadas e das condições climáticas verificadas durante o desenvolvimento da cultura (Andrade et al., 1995). O preço pago ao produtor depende da qualidade física dos grãos verificada após o beneficiamento, e o percentual de grãos inteiros é um dos mais importantes itens para a determinação do valor da comercialização (Marchezanet al., 1993).

O rendimento de engenho é a quantidade de grãos beneficiados inteiros e quebrados, expressos em porcentagem. Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) observaram que a legislação brasileira prevê uma

[1] Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (UFG/EA), Goiânia-GO.
[2] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), Ilha Solteira-SP.
[*] Autor correspondente: renatogoes@ufg.br

renda-base de 68% para o rendimento de benefício, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados e quirera, sendo que valores abaixo desses estão fora das exigências a nível nacional para a comercialização do produto. Farinelli et al. (2004), verificando os componentes do rendimento de engenho do arroz de terras altas, cultivar IAC 202, em plantio direto e diferentes doses de nitrogênio (N) em cobertura (0; 25; 50; 75 e 100 kg ha^{-1}), utilizando irrigação suplementar por aspersão, observaram que o N em cobertura não influenciou no rendimento de benefício e rendimento de grãos inteiros. Fonseca et al. (2012) em trabalho com preparos de solo (grade aradora + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto) e doses (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha^{-1} de N) também não verificaram efeito das doses de N na qualidade industrial dos cultivares BRS Talento e IAC 202. Já Artigiani et al. (2012), em pesquisa desenvolvida no município de Selvíria (MS) verificaram que no sistema de sequeiro as doses de N tiveram efeito significativo no rendimento de benefício, rendimento de grãos inteiros e quebrados no cultivar BRS Primavera. Moura (2011) não obteve influência das doses de N no rendimento de benefício, de grãos inteiros e quebrados.

Além do adequado suprimento hídrico, também se faz necessário ajustar as doses de N no sistema plantio direto pois este nutriente se perde facilmente por lixiviação, volatilização da amônia e desnitrificação no solo, e a intensidade destes processos pode ser alterada pelo sistema de preparo do solo, como observado por Rojas et al. (2012), quanto às perdas de N por volatilização de amônia. Além disso, não existe, ainda, indicação oficial de adubação para o sistema plantio direto, sendo a recomendação atual baseada em pesquisas desenvolvidas sob preparo convencional do solo (Arf et al., 2005).

Portanto, são necessários maiores estudos sobre a disponibilidade do N ao arroz de terras altas visando estabelecer a melhor recomendação de adubação nitrogenada em sistemas conservacionistas visando a qualidade dos grãos visto que esta varia em função das práticas adotadas durante o manejo da cultura e dos cultivares.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo verificar a qualidade industrial do arroz, cv. AN Cambará, sob efeito de fontes e doses de N em cobertura em sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", localizada em Selvíria-MS, situada a 51º 22' de longitude Oeste e 20º 22' de latitude Sul, com altitude de 335m. O solo do local é um Latossolo Vermelho de textura argilosa (Embrapa, 2018). O clima da região é do tipo Aw segundo a classificação Köppen apresentando temperatura média anual de 25ºC, precipitação total anual de 1.330 mm e umidade relativa média de 66% conforme citado por Centurion (1982).

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo da área experimental na profundidade de 0,0-0,2 m de profundidade e foi realizada a análise química para fins de fertilidade, seguindo o método proposto por Van Raij et al. (2001), apresentando os seguintes resultados: pH ($CaCl_2$)

= 4,4; 30 mg dm^{-3} de P; 1,7; 9; 7; 50; 17,7; 67,7 mmolc dm^{-3} de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, 22 g dm^{-3} de matéria orgânica e V% = 26.

O histórico do local consistiu do cultivo do milho entre novembro de 2010 e fevereiro de 2011 e durante o restante do ano permaneceu em pousio. As sementes foram tratadas com carbendazim + tiram na dose de 45 + 105 g do i.a. 100 kg^{-1}. Para a dessecação da área utilizou-se 1.440 g do i.a. ha^{-1} de glifosato e 40 g do i.a. ha^{-1} de carfentrazona-etílica.

A semeadura da cultura do arroz foi realizada em 07/11/2011 e o cultivar utilizado foi o AN Cambará com 200 sementes m^{-2}. Na adubação de semeadura foram utilizados 250 kg ha^{-1} do formulado 04-30-10 seguindo as recomendações de Cantarella e Furlani (1996). No controle de plantas daninhas em pós-emergência utilizou-se 2,4 g do i.a. de metsulfurom metílico aplicado no início do perfilhamento e 1.209 g do i.a. ha^{-1} de 2,4 - D entre o final do perfilhamento e o início do emborrachamento.

Após a semeadura foi instalado um sistema fixo de irrigação por aspersão convencional com taxa de aplicação de água de 3,3 mm h^{-1} nos aspersores. No manejo de água foram utilizados três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva dois coeficientes de cultura (Kc), o inicial de 0,70 e o final de 1,10 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,10 e o final de 0,70 (Rodrigues et al., 2004).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema fatorial com quatro repetições. Os tratamentos foram três fontes (nitrato de amônio, sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de N) aplicadas aos 26 dias após a emergência das plântulas de arroz (26 DAE). As parcelas foram constituídas de dez linhas de arroz, com 4,5 m de comprimento e espaçamento de 0,35 m entrelinhas, considerou-se como área útil das parcelas as duas linhas centrais desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades. A colheita do arroz procedeu-se quando 90% das panículas das parcelas apresentavam grãos com coloração típica de maduros.

Nesta pesquisa foram realizadas as seguintes avaliações: a) Número de espiguetas por panícula: por ocasião da colheita coletou-se 20 panículas da área útil das parcelas, em seguida, retirou-se manualmente todas as espiguetas das panículas e realizou-se a contagem das mesmas em contador eletrônico; b) Fertilidade de espiguetas: referente à relação porcentual entre o número de espiguetas férteis e o número de espiguetas por panícula; c) Massa hectolítrica: foram pesadas duas amostras de arroz em casca em recipiente de 0,25L, em seguida, converteu-se os valores para kg $100L^{-1}$ com umidade corrigida para 13% (base úmida);d) Rendimento industrial de grãos: uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca foi processada em engenho de prova Suzuki, modelo MT, durante 1 minuto. A seguir, foi determinada a massa de grãos brunidos (polidos) e os resultados expressos em percentagem. Posteriormente, os grãos brunidos foram colocados no "Trieur" nº 2, durante 30 segundos, para separação, por pesagem, do rendimento de grãos inteiros e de grãos quebrados, ambos expressos em percentagem.

Para a análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o software ESTAT, para níveis de 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo de doses ou da interação entre fontes e doses de N realizou-se análises de regressão e a comparação das médias entre as fontes de nitrogênio foi feita pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito do nitrogênio em cobertura e da interação fontes x doses de N no número de espiguetas por panícula (Tabela 1). Para fontes dentro de doses verificou-seno desdobramento (Tabela 2) que o nitrato de amônio e o sulfato de amônio foram superiores produzindo 32 e 23 espiguetas por panícula a mais em relação à ureia. Quanto às doses, obteve-se ajuste quadrático para o nitrato de amônio e a uréia com o máximo rendimento com 48,6 e 42,1 kg ha^{-1} de N (199 e 217 espiguetas por panícula), respectivamente e para o sulfato de amônio houve ajuste linear crescente. Esta característica começa a ser definida desde a diferenciação do primórdio da panícula e vai até o emborrachamento (Santos et al., 2006). Além disto, depende do comprimento e do número de ramificações da ráquis e pontos de diferenciação de espiguetas nas ramificações, e é influenciado pela densidade de semeadura, adubação nitrogenada, radiação solar, disponibilidade hídrica, temperatura e cultivar. Desta forma, os processos de diferenciação e degeneração são extremamente sensíveis a níveis crescentes de N (Fageria et al., 2011). Alguns autores como Buzetti et al. (2006), Boldieri et al. (2010) e Artigiani et al. (2012) também verificaram efeito positivo do N neste componente de produtividade.

Tabela 1. Espiguetas por panícula (EPP), fertilidade de espigueta (FES) e massa hectolítrica (MH) da cultura do arroz, cv. Cambará, em sistema plantio direto, sob efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Tratamentos		**EPP**	**FES (%)**	**MH(kg 100 L^{-1})**
Fontes de N	Nitrato de amônio	207,5	76,2a	44,6
	Sulfato de amônio	199,5	73,6a	44,9
	Ureia	206,4	76,1a	44,9
Doses de N (kg ha^{-1})	0	203,5	71,2[(2)]	47,3
	40	197,6	79,7	44,7
	80	214,3	75,3	43,0
	120	202,4	74,9	44,2
Teste F	Fontes (F)	3,11ns	1,25ns	0,09ns
	Doses (D)	6,23**	5,43**	5,72**
	F x D	7,42**	0,67ns	2,43*
DMS (F)		8,5	4,5	2,3
CV (%)		4,79	6,87	5,84

[(1)]Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não - significativo. * e **significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [(2)]$y = 78,9 – 0,1794x + 0,0013x^2$; $R^2 = 0,6106$ (PM = 68,9 kg ha^{-1} de N).

Tabela 2. Desdobramento da interação significativa entre fontes x doses de N da análise de variância referente ao número de espiguetas por panícula. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Fontes de N	Doses de N (kg ha^{-1})				Ajuste de regressão
	0	40	80	120	
Nitrato de amônio	210,5ª	192,7a	210,5a	216,2a	8,26* (R.Q.) [(1)]
Sulfato de amônio	186,3ª	195,7a	208,7a	207,2a	22,67 ** (R.L.) [(2)]
Ureia	213,7ª	204,2a	223,7a	183,7b	9,42 * (R.Q.) [(3)]

(1)Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não - significativo. * e **significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [(1)]$y = 208,12 – 0,3531x + 0,0036x^2$; $R^2 = 0,6386$ (PM = 48,6 kg ha^{-1} de N). [(2)]$y = 188,1 + 0,19x$; $R^2 = 0,8614$. [(3)] $y = 209,32 + 0,3956x – 0,0047x^2$; $R^2 = 0,5513$ (PM = 42,1 kg ha^{-1} de N).

Com relação à fertilidade de espiguetas, não houve efeito das fontes de N. No que se refere às doses, houve ajuste quadrático com ponto de máximo na dose 68,9 kg ha^{-1} de N,o que correspondeu a72,7% de espiguetas férteis. Este componente da produção é dependente da meiose do grão de pólen (microsporogênese), da antese (abertura das anteras), polinização, fertilização e do início da fase de maturação, ou seja, quando se inicia a translocação de carboidratos, e é influenciado por condições adversas (doses excessivas de adubo nitrogenado, cultivo em solos salinos e condições climáticas desfavoráveis) que possam ocorrer no desenvolvimento da planta, principalmente em torno de 10 dias antes e após o florescimento (Santos et al., 2006; Ávila et al., 2010), portanto, com o fornecimento de N a esterilidade foi reduzida.

No que se refere à massa hectolítrica observou-se que a interação fontes e doses de N mostrou significância. A média geral foi de 44,8 kg 100 L^{-1} observou-se pelo desdobramento (Tabela 3) que as doses de N tiveram ajuste linear decrescente com onitrato de amônio e ureiaem cobertura. Fonseca et al. (2012) em pesquisa com preparos de solo (grade aradora + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto) e seis doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1}) obteram influência das doses de N com a máxima massa hectolítrica correspondente à dose de 60,2 kg ha de N. Possivelmente, este fato esteja relacionado ao aumento do número de espiguetas por panícula que pode ter reduzido a densidade dos grãos e, consequentemente, a massa de grãos por panícula.

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa entre fontes x doses de N da análise de variância referente à massa hectolítrica. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Fontes de N	Doses de N (kg ha^{-1})				Ajuste de regressão
	0	40	80	120	
Nitrato de amônio	48,6ª	44,7a	42,4a	42,6a	9,05* (R.L.) [(1)]
Sulfato de amônio	44,9ª	43,3a	44,9a	46,4a	4,37 ns
Ureia	48,4ª	45,9a	41,6a	43,7a	9,85 * (R.L.) [(2)]

[(1)]Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não - significativo. * e **significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [(1)]$y = 47,62 – 0,05x$; $R^2 = 0,8324$. [(2)]$y = 47,67 – 0,045x$; $R^2 = 0,6586$.

Para o rendimento de benefício (Tabela 4) obteve-se ajuste linear decrescente em função das doses de N avaliadas. Cazetta et al. (2006) e Nascimento et al. (2013) observaram que os valores desta

variável se ajustaram a uma função linear crescente no cultivar IAC 202. Bordin et al. (2003), testando doses de N (0, 25, 50 e 75 kg ha^{-1}), também observaram ajuste à função linear crescente para tal parâmetro. Por outro lado, Artigiani et al. (2012) não verificaram efeito das doses de N sobre o rendimento de benefício de arroz de terras altas em condições irrigadas.

Quanto ao rendimento de grãos inteiros, verificou-se efeito significativo somente para doses de N. Houve ajuste quadrático em função com ponto de máximo na dose de 94,2 kg ha^{-1} de N em cobertura o que correspondeu a 45,4% de grãos inteiros. Guimarães (2008) também obteram efeito significativo das doses de N nos cultivares IAC e Primavera para tal avaliação com o máximo rendimento de grãos inteiros na dose de 52,1 kg ha^{-1} de N, o mesmo não fora observado por Moura (2011) no cultivar Primavera que não verificou influência do N para esta variável. Todos os tratamentos apresentaram excelente qualidade de grãos com rendimento de inteiros próximo ou superior a 45%, ou seja, superiores aos exigidos para a comercialização do produto a nível nacional, onde são atribuídos como favoráveis valores maiores ou iguais a 40% para rendimentos de grãos inteiros (Fornasieri Filho; Fornasieri, 2006; Vieira; Carvalho, 1999).

Tabela 4. Rendimento de benefício, de grãos inteiros e quebrados da cultura do arroz, cv. Cambará, em sistema plantio direto, sob efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Tratamentos		Rendimento (%)		
		Benefício	Grãos inteiros	Grãos quebrados
Fontes de N	Nitrato de amônio	71,4a	46,8a	24,5
	Sulfato de amônio	71,7a	46,2a	25,5
	Ureia	71,6a	46,2a	26,0
Doses de N (kg ha^{-1})	0	73,1[(2)]	48,4[(3)]	24,7
	40	71,8	45,6	27,0
	80	70,7	46,3	24,5
	120	70,6	45,5	25,2
Teste F	Fontes (F)	0,12ns	0,42ns	1,64ns
	Doses (D)	5,05**	3,82**	2,98*
	F x D	0,64ns	2,38ns	2,53ns
DMS (F)		1,5	2,1	2,0
CV (%)		2,43	5,15	9,26

[(1)]Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns – não - significativo. * e **significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. [(2)]$y = 73,2 – 0,0229x$; $R^2 = 0,8786$. [(3)]$y = 48,1 – 0,0565x + 0,0003x^2$; $R^2 = 0,7685$ (PM = 94,2 kg ha^{-1} de N).

Para o rendimento de grãos quebrados, houve efeito das doses de N e a interação também foi significativa. Observou-se pelo desdobramento (Tabela 5) que as doses de N não influenciaram esta variável de maneira significativa. Com relação às fontes, a ureia aumentou o porcentual de grãos quebrados em relação ao nitrato e ao sulfato de amônio em 22,8 e 16,7% respectivamente. Cazetta et al. (2006) verificaram que as doses de N se ajustaram a função linear crescente quando o arroz foi cultivado em sucessão ao milheto, mucuna-preta e guandu. Já Nascimento et al. (2013) obteram comportamentos distintos nas safras estudadas, na safra 2003/2004 houve ajuste à função quadrática com ponto de

máximo em 46, 3 kg ha^{-1} de N, contudo, na safra seguinte (2004/2005), verificaram que os valores percentuais de grãos quebrados se ajustaram a uma função linear decrescente. A presença de grãos quebrados em lotes de arroz é uma característica indesejável, pois diminui a qualidade e o valor comercial do produto (Arf et al., 2002; Santos et al., 2006). Além disto, pode ocorrer, também, a diminuição da quantidade total de grãos descascados, ou seja, o rendimento de benefício, pois a fração de grãos pode ser eliminada com as cascas (Crusciol et al., 1999). Os valores obtidos neste estudo estão abaixo dos exigidos para a comercialização do produto a nível nacional, onde são atribuídos como favoráveis valores menores ou iguais a 28% para grãos quebrados (Fornasieri Filho; Fornasieri, 2006; Vieira; Carvalho, 1999).

CONCLUSÕES

Os maiores valores de espiguetas por panícula foram obtidos com 48,6 e 42,1 kg ha^{-1} de N na forma de nitrato de amônio, e as doses proporcionam aumentos lineares quando o adubo nitrogenado é o sulfato de amônio.

O máximo valor de fertilidade de espiguetas e de grãos inteiros foi obtido com 68,9 e 94,2 kg ha^{-1} de N e não depende da fonte utilizada.

As doses de N reduziram a massa hectolítrica utilizando-se nitrato de amônio e ureia.

Houve redução do valor percentual de rendimento de benefício em função das doses de N.

O uso de ureia em cobertura aumentou o porcentual de grãos quebrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade WEB et al. (1995). Qualidade de grãos de arroz em função de níveis de nitrogênio. Niterói: PESAGRO-Rio. 6p. (Comunicado Técnico, 229).

Arf O et al. (2002). Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. Scientia Agricola, 59(2): 321-326.

Arf O et al. (2005). Manejo do solo e da época de aplicação do nitrogênio na produção de arroz de terras altas. Acta Scientiarum Agronomy, 27(2): 215-223.

Artigiani ACCA et al. (2012). Produtividade e qualidade industrial do arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e adubação. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42(3): 340-349.

Ávila FW et al. (2010). Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. Revista Ciência Agronômica, 41(2): 184-190.

Boldieri FM et al. (2010). Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. Revista Ceres, 57(3): 421-428.

Bordin L et al. (2003). Sucessão do cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde em semeadura direta. Bragantia, 62(3): 417-428.

Bouman BAM et al. (2005). Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. Agriculture and Water Management, 74(2): 87-105.

Buzetti S et al. (2006). Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de clormequat. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41(12): 1731-1737.

Cantarella H, Furlani PR (1996). Arroz irrigado. In: Van Raij B et al. (Coords). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto agronômico e Fundação IAC. 50-51p.

Cazetta DA et al. (2006). Qualidade industrial do arroz de terras altas cultivado após diferentes coberturas vegetais e doses de nitrogênio em sistema plantio direto. Científica, 34(2): 155-161.

Centurion JF (1982). Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. Científica, 10(1): 57-61.

Crusciol CAC et al. (1999). Rendimento de benefício e de grãos inteiros em função do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro. Scientia Agricola, 56(1): 47-52.

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.

Embrapa (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: CNPS. 356p.

Fageria NK et al. (2011). Growth and mineral nutrition of field crops. Boca Raton: CRC Press. 560p.

Farinelli R et al. (2004). Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28(3): 447-454.

Fonseca AE et al. (2012). Preparo do solo e doses de nitrogênio em cobertura em arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Tropical, 42(3): 246-253.

Fornasieri Filho D, Fornasieri JL (2006). Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: FUNEP. 589 p.

Guimarães GL (2008). Plantas de cobertura e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigadas no cerrado. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (Tese). 52f

Marchezan E et al. (1993). Relações entre época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 28(7): 843-848.

Moura RS (2011) Lâminas de água, inoculação de sementes com Azospirillum brasilense e doses de nitrogênio em arroz terras altas. Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (Dissertação), Ilha Solteira. 59p.

Nascimento V et al. (2013). Mecanismos de abertura do sulco e da adubação nitrogenada em arroz de terras altas. Revista Ceres, 60(6): 802-810.

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.

Rojas CAL et al. (2012). Volatilização de amônia da uréia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no Centro-Sul do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36(1): 261-270.

Santos AB et al. (2006). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: CNPAF. .1000p

Van Raij B et al. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais. Campinas: IAC. 285 p.

Vieira NRA, Carvalho JLV (1999). Qualidade tecnológica. In: Vieira NRA et al. (Orgs.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: CNPAF, 582-604p.

Zaratin C et al. (2004). Efeitos de quatro doses de potássio em seis cultivares de arroz irrigados por aspersão. II. Rendimento de benefício de grãos inteiros. Científica, 32(2): 121-126.

Capítulo 6

Doses de nitrogênio influenciam a produtividade do milho em sistema de preparo de solo convencional no Cerrado de baixa altitude

Recebido em: 15/09/2021
Aceito em: 17/09/2021
10.46420/9786581460051cap6

Renato Jaqueto Goes[1*]
Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues[2]
Orivaldo Arf[2]
Anderson Teruo Takasu[2]

INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é de grande importância econômica e social, devido a sua múltipla utilização, desde a alimentação humana e animal, sob a forma de grãos ou silagem, até a indústria de alta tecnologia para produção de biocombustíveis. Apesar do volume de produção, esta cultura apresenta desempenho muito aquém em comparação às condições experimentais e aos agricultores que investem na aplicação de insumos e tecnologia, muitas vezes tem-se observado valores de produtividade acima de 10000 kgha^{-1} (Carvalho et al., 2004). Para que o milho possa expressar seu máximo potencial produtivo é necessário que todas as suas exigências hídricas e nutricionais sejam plenamente atendidas. Neste contexto, o nitrogênio (N) é o nutriente mais utilizado e diversas pesquisas foram realizadas para obter a melhor combinação entre fertilizante, genótipo e dose deste elemento, todavia os resultados são inconsistentes (Silva et al., 2006). É provável que isto esteja relacionado à incapacidade de se controlar todos os fatores envolvidos na dinâmica desse nutriente no solo.

Oliveira e Caires (2003) não constataram diferença na produtividade de milho com a utilização de uréia e o sulfato de amônio. Entretanto, Lara Cabezas et al. (2005) verificaram que a aplicação do sulfato de amônio, independentemente da época de aplicação aumentou a produtividade de grãos de milho, em relação à aplicação da uréia. Meira et al. (2009) não verificaram diferenças entre a uréia, o sulfato de amônio e o Entec® na produtividade de grãos. Com relação às doses as respostas da produtividade também são variáveis e diversos autores obteram a máxima produtividade com diferentes doses de N como foi observado por Fernandes et al. (2005) com 110 kgha^{-1} de N, Gomes et al. (2007) na dose de 150 kgha^{-1} de N, todavia, em outros trabalhos, não foi possível estabelecer máxima a produtividade de grãos em função da dose de N testada (Ohland et al., 2005; Amaral Filho et al., 2005).

[1] Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (UFG/EA), Goiânia-GO.
[2] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP/FEIS), Ilha Solteira-SP.
* Autor correspondente: renatogoes@ufg.br

Além do uso do N, faz-se necessária a adequação da distribuição de plantas na área de maneira mais equidistante reduzindo a competição por água, luz e nutrientes. Entre os fatores que alteram o arranjo de plantas está o espaçamento entre as linhas. Atualmente, existe tendência em reduzir o espaçamento e aumentar a população de plantas por área para a maioria dos híbridos modernos e alguns trabalhos apontam resposta positiva da produtividade à redução do espaçamento utilizando populações constantes (Penariol et al., 2003; Kaneko et al., 2010).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito do manejo do nitrogênio para a cultura do milho em sistema convencional de preparo de solo no Cerrado de baixa altitude.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Selvíria, MS, Brasil, situada a 51º 22' de longitude oeste e 20º 22' de latitude sul, com altitude de 335m. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho de textura argilosa (Embrapa, 2018). A temperatura média anual da região é de 23,5 °C, com precipitação anual de 1.370 mm e a umidade relativa do ar varia entre 70 e 80% (Centurion, 1982). Os valores diários de precipitação, umidade relativa, temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento estão na Figura 1.

Antes da instalação do experimento, coletou-se vinte amostras de solo na profundidade de 0,0-0,2m e foi realizada a análise química para fins de fertilidade, seguindo a metodologia proposta por Van Raij et al. (2001) a qual revelou as seguintes características: pH ($CaCl_2$) = 5,0; 31,0 mg dm^{-3} de P; 3,1; 15,0; 8,0; 36,0; 26,1 e 62,1 mmolc dm^{-3} de K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC, respectivamente; 19,0 g dm^{-3} de matéria orgânica e saturação por bases (V%) = 42,0.

Para o preparo do solo foi realizou-se uma gradagem aradora e duas gradagens niveladoras, sendo que a segunda gradagem niveladora foi realizada às vésperas da semeadura. Para o tratamento de sementes foram utilizados 300 g do i.a. de imidacloriprido + 500 g do i.a. de tiodicarbe por 100 kg de sementes. No controle de plantas daninhas em pós-emergência utilizou-se 2000 g do i.a. ha^{-1} de atrazina quando as plantas apresentavam três folhas expandidas (V3) e 180 g do i.a. de tembotriona ha^{-1} no estádio V6.

O milho foi semeado do dia 21/11/2011, utilizando sementes do híbrido AG 8088 VT PRO, no espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 3,7 sementes m^{-1}. Este híbrido possui ciclo precoce, grãos duros de coloração alaranjada e é recomendado para semeadura abaixo de 700 m de altitude. Para o cálculo da necessidade de adubação utilizou-se como base a análise de solo e as recomendações de Cantarella et al. (1997). Foram depositados nos sulcos de semeadura 400 $kgha^{-1}$ do formulado 04-30-10 + 0,3% Zn. Após a semeadura realizou-se a demarcação das parcelas que foram constituídas por cinco linhas de plantas com cinco metros de comprimento e como área útil considerou-se as três linhas centrais.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas com fontes (uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio) nas parcelas e doses de N (0, 50, 100 e 150

kgha^{-1}) nas subparcelas com quatro repetições. O N foi aplicado ao lado da linha de plantas, em dose única, quando estas apresentavam a sexta folha expandida (V6).

Nesta pesquisa foram realizadas as seguintes avaliações; a) altura de plantas - mediu-se o comprimento da superfície do solo até a extremidade do pendão; b) altura de inserção da primeira espiga - referente à altura da superfície do solo até a inserção da primeira espiga em sentido ascendente; c) diâmetro do colmo e da espiga - com auxílio de um paquímetro digital mediu-se o diâmetro do colmo no segundo internódio e, após a colheita e despalhamento das espigas, avaliou-se o diâmetro na parte central de cinco espigas escolhidas aleatoriamente em cada parcela; d) fileiras por espiga e grãos na fileira - foi obtido pela contagem das fileiras e grãos nas fileiras em cinco espigas por parcela; e) grãos por espiga - para esta avaliação, multiplicou-se o número de fileiras por espiga e grãos na fileira; f) massa de cem grãos - foi realizada com base na pesagem de duas subamostras de cem grãos por parcela com ajuste para 13% à base úmida; g) produtividade de grãos - após a colheita da área útil das parcelas as espigas foram trilhadas e após a pesagem, converteu-se os valores para 13% (b.u.); h) teor de N nos grãos - coletou-se uma amostra de grãos em cada parcela, em seguida, estas foram levadas para estufa de ventilação e renovação de ar a 60-70ºC durante 48 hs. Posteriormente foram moídas em moinho do tipo Wiley e levadas para determinação do teor de N nos grãos conforme Malavolta et al. (1997).

Para a análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o Sistema para Análise Estatística (ESTAT) aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo de doses ou interação significativa entre doses e fertilizantes foram realizadas análises de regressão e a comparação das médias entre os fertilizantes foi feita pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à altura de inserção de espiga (Tabela 1), observou-se efeito significativo das doses de N. Esta variável ajustou-se de maneira quadrática em função das doses testadas com 97,5 cm obtidos com 57,1 kg ha^{-1} de N. Da mesma maneira que a altura de inserção de espiga, houve influência das doses de N sobre a altura de plantas e os dados ajustaram-se de maneira quadrática com ponto de máximo (245 cm) na dose de 83,3 kg ha^{-1} de N. Nos últimos anos, houve um grande número de trabalhos que demonstraram efeito do N em cobertura para essas variáveis (Silva et al., 2006; Fernandes et al., 2005; Gomes et al., 2007). O N atua no crescimento vegetativo, influenciando diretamente a divisão e a expansão celular além do processo fotossintético, promovendo acréscimo em altura de planta e altura de inserção de espiga (Silva et al., 2005; Fornasieri Filho, 2007).

Tabela 1. Valores médios de altura de inserção de espiga (AIE), altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC) e da espiga (DE) da cultura do milho sob efeito de fontes e doses de N em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Tratamentos	AIE (cm)	AP (cm)	DC (mm)	DE (mm)
Fontes de N				
Uréia	96,9ª	243,4a	21,6a	50,6a
Sulfato de amônio	94,3ª	243,2a	21,4a	50,9a
Nitrato de amônio	93,4ª	245,2a	20,9a	50,7a
Doses de N (kg ha^{-1})				
0	92,3[(2)]	242,8[(3)]	21,4	50,1[(4)]
50	95,1	245,1	20,7	50,8
100	97,7	244,3	21,1	51,1
150	92,4	243,4	22,0	50,9
Teste F				
Fontes (F)	2,45ns	1,05ns	0,83ns	0,57ns
Doses (D)	4,72**	5,64**	1,95ns	2,95*
F x D	1,19ns	1,55ns	1,92ns	1,75ns
CV (%) – parcelas	4,81	1,74	6,90	1,73
CV (%) – subparcelas	3,96	1,75	6,34	1,85

[(1)]Valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. * e ** significativo a 1 e 5%, ns – não significativo. [(2)]$Y = 94,9475 + 0,0457x – 0,0004x^2$; $R^2 = 0,6970$ (PM = 57,1 kg ha^{-1} de N). [(3)]$Y = 242,9625 + 0,05x – 0,0003x^2$; $R^2 = 0,8317$ (PM = 83,3 kg ha^{-1} de N). [(4)]$Y = 5,0287 + 0,0015x – 0,0000075x^2$; $R^2 = 0,9333$ (PM = 100,0 kg ha^{-1} de N).

Tabela 2. Valores médios do número de fileiras por espiga, de grãos por fileira e de grãos por espiga da cultura do milho sob efeito de fontes e doses de N em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012(1).

Tratamentos	Fileiras por espiga	Grãos por fileira	Grãos por espiga
Fontes de N			
Uréia	18,2a	40,1a	733,6a
Sulfato de amônio	18,4a	39,2a	730,6a
Nitrato de amônio	18,1a	39,8a	722,5a
Doses de N (kg ha^{-1})			
0	18,3	39,6	714,6[(2)]
50	18,3	39,8	729,3
100	18,2	40,0	731,7
150	18,3	40,1	738,0
Teste F			
Fontes (F)	0,42ns	0,65ns	0,70ns
Doses (D)	0,05ns	0,32ns	7,15**
F x D	0,29ns	0,68ns	0,29ns
CV (%) – parcelas	3,75	3,32	3,79
CV (%) – subparcelas	3,35	2,93	3,76

[(1)] Valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. * e ** significativo a 1 e 5%, ns – não significativo. [(2)]$Y = 725,9275 + 0,0044x$; $R^2 = 0,8285$.

Quanto ao diâmetro do colmo, não se verificou efeito das fontes e das doses de N e da interação fontes x doses. No que se refere ao diâmetro de espiga houve efeito significativo isolado para doses de N. Esta variável apresentou ajuste quadrático com o máximo diâmetro de espiga de (50,1 mm) correspondente à aplicação de 100 kg ha^{-1} de N em cobertura. Resultados contraditórios foram obtidos por Tomazela et al. (2006) e Biscaro et al. (2011) que em pesquisa com doses de N não verificaram efeito

destas sobre o diâmetro de espiga. Conforme Ohland et al. (2005) esta variável está estreitamente relacionada com o enchimento de grãos e número de fileiras por espigas. Portanto, pode-se inferir que o comportamento observado neste trabalho está relacionado com a massa de cem grãos (Tabela 3), pois esta também foi influenciada pelas doses de N o que contribuiu para melhorar o enchimento de grãos em um número fixo de fileiras, proporcionando incremento no diâmetro de espiga em virtude do aumento do volume dos grãos.

Para o número de fileiras por espiga e grãos por fileira (Tabela 2) não houve efeito significativo das fontes, das doses de N e da interação fontes x doses. Com relação ao número de grãos por espiga verificou-se que os resultados ajustaram-se linearmente em função das doses testadas, indicando que o híbrido utilizado nesta pesquisa possui a capacidade de produzir maior quantidade de óvulos potencialmente fecundáveis por espiga à medida que se aumenta a dose de N em cobertura. Souza et al. (2011), não verificaram efeito significativo das fontes nitrogenadas e das doses de N em cobertura sobre esta variável. Biscaro et al. (2011), também verificaram efeito significativo do N para este componente de produtividade com ajuste quadrático em função das doses de N. Já Silva et al. (2006) observaram ajuste quadrático para o número de grãos por espiga, com a máxima resposta, obtida pela derivada da equação, de 496 grãos por espiga, na dose de 230 kg ha^{-1} de N. Amaral Filho et al. (2005) e Silva et al. (2005), também verificaram efeito das doses de N no número de grãos por espiga.

Tabela 3. Valores médios de massa de 100 grãos, produtividade e teor de nitrogênio nos grãos da cultura do milho sob efeito de fontes e doses de N em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Tratamentos	**Massa de 100 grãos (g)**	**Produtividade (kg ha^{-1})**	**N – grãos (g kg^{-1})**
Fontes de N			
Uréia	28,2a	11.981a	16,3a
Sulfato de amônio	28,3a	12.166a	16,3a
Nitrato de amônio	28,4ª	12.068a	16,6a
Doses de N (kg ha^{-1})			
0	26,6[(2)]	11.631	16,3
50	28,7	12.236	16,2
100	29,4	12.334	16,7
150	31,5	12.085	16,5
Teste F			
Fontes (F)	0,03ns	0,19ns	0,23ns
Doses (D)	6,26**	5,06**	0,75ns
F x D	0,40ns	3,65**	0,19ns
CV (%) – parcelas	3,26	5,65	7,22
CV (%) – subparcelas	5,21	3,18	5,25

[(1)]Valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. * e ** significativo a 1 e 5%, ns – não significativo. [(2)]$Y = 27,6801 + 0,0212x – 0,0001x^2$; $R^2 = 0,8116$ (PM = 106 kg de N ha^{-1}).

Com relação à massa de 100 grãos (Tabela 3) observou-se efeito isolado para doses de N. Houve ajuste quadrático para esta variável com ponto de máximo (28,8 g) utilizando-se 106 kg N ha^{-1} de N em cobertura. O efeito do N verificado nesta pesquisa pode estar relacionado ao fato de que maiores doses

deste nutriente prolongaram a atividade fotossintética das plantas o que resultou no maior acúmulo de carboidratos nos grãos. Entretanto, a influência deste nutriente sobre a massa de cem grãos é muito variável, em alguns casos ela é modificada pela aplicação do N aplicado em outros casos não. Oliveira e Caires (2003) e Souza et al. (2011) observaram ajuste linear da massa de cem grãos em função das doses de N testadas. Por outro lado, Souza et al. (2006) não verificaram alteração neste componente de produtividade.

No que se refere à produtividade de grãos (Tabela 3) obteve-se efeito isolado de fontes de N e da interação fontes x doses de N. No desdobramento (Tabela 4) verifica-se que não houve diferença significativa entre as fontes em todas as doses avaliadas. Para doses dentro de fontes, houve ajuste quadrático para todas as fontes avaliadas com os pontos de máximo aplicando-se 59,6; 106 e 121,2 kg ha^{-1} de N em cobertura para uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente. Fernandes et al. (2005) verificaram produtividade máxima com a dose de 110 kg ha^{-1} de N em cobertura, Gomes et al. (2007) verificaram que foi necessária a aplicação de 150 kg ha^{-1} de N para atingir a máxima produtividade. Em outros trabalhos, não foi possível estabelecer máxima produtividade de grãos (Ohland et al., 2005; Amaral Filho et al., 2005), sendo avaliadas doses de até 280 kg ha^{-1} de N em cobertura (Pavinato et al., 2008).

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa referente à análise de variância para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) da cultura do milho sob efeito de fontes e doses de N em cobertura. Selvíria, MS, 2011/2012[(1)].

Tratamentos	**Doses de N (kg ha^{-1})**				**Teste F – regressão (D. d. F)**
	0	**50**	**100**	**150**	
Uréia	11.924a	12.419a	12.041a	11.539a	9,74*(R.Q.)[(2)]
Sulfato de Amônio	11.669a	11.880a	12.887a	12.230a	10,12*(R.Q.)[(3)]
Nitrato de amônio	11.301a	12.409a	12.075a	12.486a	8,60*(R.Q.)[(4)]
Teste F (F d. D)	1,11ns	1,08ns	2,79ns	2,51ns	-

[(1)]Valores seguidos de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. * e ** significativo a 1 e 5%, ns – não significativo. [(2)]$Y = 11961,52 + 11,8845 – 0,0996x^2$; $R^2 = 0,9292$ (PM = 60 kg de N ha^{-1}). [(3)]$Y = 11545,62 + 18,4037x – 0,0868x^2$; $R^2 = 0,6454$ (PM = 106 kg de N ha^{-1}). [(4)]$Y = 11410,48 + 16,897x – 0,0697x^2$; $R^2 = 0,7280$ (PM = 121,2 kg de N ha^{-1}).

Quanto ao teor de N contido nos grãos (Tabela 3) não houve efeito das fontes, das doses e a interação fontes x doses de N não mostrou significância. Possivelmente isto se deve ao fato de que o híbrido utilizado manteve a capacidade de translocar a mesma quantidade de N a todos os grãos mesmo com o aumento do número de grãos por espiga (Tabela 2). Resultados contraditórios foram verificados por Amaral Filho et al. (2005) e Farinelli e Lemos (2010) que observaram aumento linear do teor de N nos grãos em função das doses de N. Todavia, Araújo et al. (2004) e Meira et al. (2009) não verificaram efeito da adubação nitrogenada no conteúdo de N nos grãos. O efeito deste nutriente está relacionado à quantidade de grãos formados por espiga além da capacidade das plantas em translocar N contido nas

partes vegetativas para os grãos, características que são variáveis entre os híbridos disponíveis devido às suas diferenças no ciclo e no período de enchimento dos grãos.

CONCLUSÕES

As doses de N em cobertura promovem acréscimos na altura de inserção de espiga, altura de plantas, diâmetro de espiga, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos.

Com o incremento nas doses de N se obtêm os pontos de máximo para a produtividade de grãos nas doses de 60, 106 e 121 kg ha^{-1} de N com uréia, sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente.

As fontes de N não têm efeito sobre as variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral Filho JPR et al. (2005). Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29(3): 467-473.

Biscaro GA et al. (2011). Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. Agrarian, 4(11): 10-19.

Cantarella H et al. (1997).Cereais. In: Van Raij B. et al. (orgs). Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997.43-64p.

Carvalho MAC et al. (2004). Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(1): 47-53.

Centurion JF (1982). Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. Científica, 10(1): 57-61, 1982.

Embrapa (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: CNPS. 356p.

Farinelli R, Lemos LB (2010). Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 9(2), 135-146.

Fernandes FCS et al. (2005). Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 4(2): 195-204.

Fornasieri Filho D (2007). Manual da cultura do milho. Jaboticabal: FUNEP. 576 p.

Gomes RF et al. (2007). Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31(5): 931-938.

Kaneko FH et al. (2010). Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. Bragantia, 69(3): 677-686.

Lara Cabezas WAR et al. (2005). Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29(2): 215-226.

Malavolta E. et al. (1997). Metodologia para análise de elementos em material vegetal. In: MALAVOLTA E. et al. (eds). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS. 231-308p.

Meira FA et al. (2009). Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. Semina: Ciências Agrárias, 30(2): 275-284.

Ohland RAA et al. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. Ciência e Agrotecnologia, 29(3): 538-544.

Oliveira JMS,Caires EF (2003). Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. Acta ScientiarumAgronomy, 25(2): 351-357.

Pavinato PS et al. (2008). Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. Ciência Rural, 38(2): 49-54.

Penariol FG et al. (2003). Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 2(2): 52-60.

Van Raij B et al. (2001). Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais. Campinas: IAC. 285p.

Silva DA et al. (2006). Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 5(1): 75-88.

Silva EC et al. (2005). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 29(3):353-362.

Souza JA et al. (2011). Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. Bragantia, 70(2): 447-454.

Tomazela AL et al. (2006). Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 5(2): 192-201.

Capítulo 7

Avaliação do valor nutritivo da silagem de *(Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu) para alimentação de bovinocultura de leite

Recebido em: 22/09/2021
Aceito em: 24/09/2021
10.46420/9786581460051cap7

Jamilly Rayane Rocha Lins [1]
Joanna D'arc Soares da Silva[1]
Sarah Iza da Silva[1]
Waleska dos Santos Silva[1]
Carmen Hellen da Silva Rocha[2]
Amanda de Lira Freitas[3]
Maria José de Holanda Leite[1*]

INTRODUÇÃO

Ao se tratar de produção animal, o objetivo é ter qualidade nutritiva e econômica na alimentação do animal desejado para que haja uma alta na produtividade e com um custo baixo. Se tratando da bovinocultura de leite, vimos que ao utilizar um manejo feito com a silagem de uma forrageira capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu), conseguimos obter um custo benefício favorável para que tenha um bom valor nutricional e que possa ser fornecido como alimentação para o gado de leite e que haja um manejo simples e barato para o produtor.

Foi averiguado que em uma silagem de capim-marandu com polpa cítrica (PC) politizada com aditivo enzimático-bacteriano (AEB) ou com forragem emurchecida (E), tendo o resultado de que o AEB não afetou a composição da silagem, mas que o PC e o E aumentaram o teor de MS de 24% para 31% e 48% respectivamente. Amaral et al. (2004) e Ribeiro et al. (2004) observaram que a adição de 5 ou 10% de polpa cítrica peletizada na ensilagem do capim-marandu diminuiu os teores dos componentes da parede celular e o pH e aumentou os teores de PB e a digestibilidade in vitro da MS da silagem.

O capim-marandu é uma gramínea forrageira de ciclo perene, tendo touceiras variando de 1,0m de diâmetro e de 1,5 até 2,5m de altura, possui rizomas horizontais, profundos, curtos, curvos, rígidos e cobertos por escamas glabras de cor amarela à purpura, o que facilita sua sobrevivência durante os períodos de seca prolongada. Para o manejo da Pastagem deste, é aconselhado um pastejo rotativo, visando otimizar a qualidade da forragem, neste caso para o processo de silagem, é retirado a ponta do

[1] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), BR 104, Km 85, S/N - Mata do Rolo - Rio Largo/AL. CEP: 57100-000
[2] Instituto Federal do Maranhão – IFMA
[3] Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
[*] Autora correspondente: maryholanda@gmail.com

capim onde há o maior índice concentrado de valor nutricional, deixando cerca de 20 a 30 cm de altura, para que possa ser remanejado adequadamente e rebrote com o mesmo alto teor nutricional.

Em relação ao custo de manejo e produção da forragem e silagem com (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu) temos um percentual econômico de até 70% mais baixo em relação ao milho, por exemplo. Algumas vantagens do capim-marandu, são: apresenta maior palatabilidade que as outras espécies de Brachiaria, ter resistência a algumas pragas como a cigarrinha das pastagens, uma boa adaptação e produção de forragem em solos de média fertilidade natural e apresentar um excelente comportamento em solos arenosos ou argilosos, desde que bem drenado.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade nutritiva da silagem como forragem de (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu), e seu custo benefício aplicado na alimentação de bovinocultura de leite.

MATERIAL E MÉTODOS

Ao realizarmos este trabalho, utilizamos referências bibliográficas, sendo elas retiradas de pesquisas em livros e artigos científicos, pois este tipo de pesquisa é extremamente importante para a resolução do trabalho em questão. O trabalho está relacionado ao custo benefício da silagem feita com forragem de (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu), levando-se em consideração o seu valor nutritivo para alimentação de gado leiteiro, o processo de corte e manejo de forragem e a ensilagem da forragem, a utilização da silagem fornecida como alimento e os resultados dessa silagem na produção do gado leiteiro. Dos artigos científicos que foram usados como base para que este trabalho fosse realizado, sites como: Embrapa e Scielo foram utilizados, como também foram utilizados artigos publicados por zootecnistas de universidades federais, como por exemplo as: UFMT e UFGD.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfologia

Sabe-se que a (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu)*,* é uma gramínea forrageira de ciclo perene, originaria da África tropical e África do sul. Com o manejo correto ela pode apresentar touceiras de 1,0m de diâmetro e variar de 1,5 a 2,5m de altura, tendo folhas com crescimento ereto, e inflorescência de até 40cm de comprimento. Seu sistema radicular profundo permite que tenha vantagens como a sua alta produção forrageira, boa persistência e capacidade de rebrota. Sua tolerância a seca, frio e fogo. Ela se adapta facilmente a diferentes condições climáticas e solos com pH de 4 a 8. Não exige solos de alta qualidade, produz bem em solos de media fertilidade, chegando a produzir cerca de 20 toneladas/ha, sendo em sua forragem, 50,5% de folhas em sua biomassa, 1,321 kg ha^{-1} de MST, e uma porcentagem de 2,9% de rebrotação após o corte. Algumas desvantagens apresentadas pelo capim-marandu é que: é intolerante a solos com uma drenagem deficiente e a necessidade de um solo com uma fertilidade moderada para seu desenvolvimento.

Pragas

No geral, o gênero *Brachiaria* é bem resistente a pragas comuns dos pastos, incluindo a cigarrinha-das-pastagens, no entanto, o cultivo intenso de uma mesma variedade de capim vem ocasionando diretamente a quebra de sua resistência às outras pragas como por exemplo a *Mahanarva* a cigarrinha-da-cana-de-açúcar. Esses insetos da família *Cercopidae* agem na sua fase imatura como sugadores da seiva dessa planta e tornando-se toxicogênico em sua fase adulta, e estão tornando-se mais prejudiciais ao plantio da *brachiaria*, podendo apresentar de 10 a 100% da perca do pasto.

Tendo em vista que o *cv. Marandu* é resistente a algumas pragas, as infestações de pragas como: o cupim, as lagartas, os percevejos castanho e blissus e a pulga saltona, podem ser evitados e eventualmente, caso aconteça pode ser resolvido sem muito trabalho ou gasto excessivo com uso de pesticidas, para que haja um controle rápido e eficaz, podendo até ser feito um controle biológico com outros insetos benéficos e não prejudiciais a pastagem de capim-marandu.

Plantio e adubação

O manejo do capim-marandu é feito a partir da regulação do solo para que o plantio seja feito, até o momento em que se é cortado para que seja feita a silagem. O manejo do solo deverá ser feito através de uma aração e duas gradagens cruzadas, procurando-se nivelar e destorroar o solo. A correção e adubação do solo deverá ser feita de acordo com uma análise de solo, feita previamente. Para a correção do solo é aplicada uma quantidade de calcário dolomítico ha^{-1} a fim de elevar a saturação de cálcio e magnésio do solo. A adubação de plantio é feita através de uma aplicação de superfosfato simples ou superfosfato triplo no momento do plantio e também é aplicado cloreto de potássio fracionado em duas aplicações sendo elas: no plantio e 30 dias após a germinação, além da aplicação da ureia fracionada em três aplicações sendo elas: 30 dias após a germinação, ao meio e no final do período chuvoso.

Uma forma de plantio de capim-marandu muito utilizada é o plantio direto, que é feito em forma de sulcos com espaçamentos de 45x45 cm e profundidade de 2 a 4 cm. É recomendado população de 15 a 20 plantas por m^2. A taxa de semeadura utilizada varia de acordo com as sementes com o valor cultural, que deve ser acima de 48%. A melhor época para se cultivar o capim-marandu é no período chuvoso, onde ele vai crescer e com a ajuda do seu sistema radicular profundo poderá absorver melhor a água e os nutrientes do solo. Para a manutenção da pastagem, em níveis de produtividade excelente é necessário que seja feita a reposição de nutrientes no solo ao longo do desenvolvimento da planta, sendo um destes nutrientes o fósforo que tem uma excelente resposta no aumento de produção de matéria seca de 8 para 20 t ha^{-1}. Uma aplicação de nitrogênio, potássio e enxofre associados ao calcário deve ser feita anualmente, com o objetivo de evitar que a pastagem seja degradada. Caso o solo seja pobre, é recomendado a adubação de manutenção com P_2O_5 e de K_2O.

Qualidade e valor nutritivo

A qualidade da forragem produzida pelo capim-marandu, avaliada por digestibilidade e teor proteico e de fibras na matéria seca, é muito boa, quando comparada com a de outras gramíneas. Em um experimento de pastejo, sob duas cargas animal, no primeiro ano de utilização, o capim-marandu apresentou teores médios, considerados bons, de proteína bruta e fibra, com base na matéria seca de planta inteira e de seus componentes (talho, folha e material morto).

Encontram-se em plantas de capim-Marandu, 22,8 e 57,7% de teores de matéria seca, 9,4 a 12% de proteína bruta, 6,9 e 6,4% de cinzas, 68,4 e 75,7% de fibra em detergente neutro e 42,1 e 49,8% de fibra em detergente ácido, respectivamente, nos períodos de verão e inverno. O cv. Marandu é uma ótima aposta de alimentação para o gado leiteiro, pois tem um teor de até 12% de proteína bruta. Essa gramínea apresenta produtividade elevada, bom valor nutritivo e persistência em períodos de estiagem, além de boa adaptação a maioria dos solos tropicais; O valor nutritivo de pastagens torna possível identificar causas limitantes do nível de produção animal, permitindo manejo e estratégia para maior produção de condições de pastejo. Garantindo assim uma alimentação nutritiva, para que tenha uma alta produtividade de leite.

Silagem

Ao avaliar um estudo feito por um zootecnista doutorando da UFLA, publicado no site scielo, foram retirados alguns dados para que fosse feita a pesquisa de uma forma mais detalhada. De modo que, quando avaliado a qualidade e o valor nutritivo de silagens de capim-marandu produzidas com polpa cítrica (PC) peletizada, com aditivo enzimático-bacteriano (ABE) ou com forragem emuchercida (E), sendo o capim colhido aos 60 dias de rebrota com cerca de 24% MS, fora obtido que o AEB não afetou a composição da silagem, mas a PC e o E aumentaram o teor de MS de 24% para 31 e 48%, respectivamente, e reduziram o pH e os teores de N-NH3 das silagens, que foram, respectivamente, de 4,17 e 4,58 e 6,78 e 7,99% NT. A PC diminuiu os teores de FDN e FDA em 12 e 4 unidades percentuais. O consumo de MS da silagem produzida com capim emurchecido foi superior ao das silagens controle ou com AEB, mas não diferiu do obtido para a silagem com PC, que também não diferiu das demais. Os tratamentos não afetaram a digestibilidade, cujas médias para MS, PB, CT, FDN, FDA e NDT foram 67,0; 65,4; 68,8; 63,0; 62,5; e 65,6%, respectivamente. A PC e o E reduziram a proteólise e estimularam o consumo. A PC, o E e o AEB não melhoraram o valor nutritivo da silagem de capim-marandu colhido com 24% MS.

De acordo com esses dados, temos que, ao fazer a silagem com capim-marandu podemos aumentar o seu valor nutritivo com uso de alguns aditivos para fazer a fermentação desse silo. Como podemos ver, ao adicionar uma quantidade PC e E a forragem, seu teor de MS chega até 31 e 48%, respectivamente. Tendo como base esses dados, podemos afirmar que essa prática tem um efeito no melhoramento qualitativo e nutritivo da silagem com o capim marandu.

Custo de silagem

Ao comparar o custo de uma silagem de capim-marandu com uma silagem de milho por exemplo, vemos uma diferença considerável, ao que temos que o preço de uma tonelada de milho para silagem custa em média 35 reais e uma silagem de capim-marandu custa por volta de 10 reais, uma diferença de cerca de 70%. Podemos concluir que usar a silagem de capim-marandu é uma medida mais barata e que pode ser uma boa forma de equilíbrio na alimentação de bovinos leiteiros, tendo em vista que seu valor nutritivo é consideravelmente alto, e pode ser conciliado com outra silagem e concentrados para que haja uma nutrição e resultado na engorda e produtividade de leite maior.

Importância da silagem na produtividade de leite:

A silagem de capim-marandu apresenta muitas vantagens para a pecuária leiteira, como elevada produtividade, menor custo, perenidade, baixo risco de perdas e maior flexibilidade na colheita. Sendo possível manter a Produção de leite do rebanho, mesmo em épocas desfavoráveis. As vantagens mais importantes quando abordado esse tema e que implicam no uso da silagem de capim-marandu como fonte de alimentação para o gado leiteiro são:

Conservação de qualidade do volumoso por mais tempo:

O objetivo da ensilagem é conservar o máximo de nutrientes do capim natural, sendo possível esse ato graças ao processo de fermentação. A silagem já pode começar a ser fornecida aos animais a partir de 30 dias do seu fechamento, tendo uma durabilidade de 18 a 24 meses quando ensacada corretamente. Sendo possível assim fornecer um alimento nutritivo e de boa qualidade aos bovinos leiteiros em épocas de escassez de recursos. a silagem de capim tem um menor custo ao ser comparada a outras opções de suplementação de volumoso, e como a forrageira cv. marandu tem alta produtividade, há uma tendência de redução de custos com adubos, implementos e manejo em geral. Deve-se entender que para a obtenção do sucesso na produção de silagem, é preciso utilizar a técnica de ensilagem corretamente: escolher o tipo de silo ideal para a propriedade; dimensionar corretamente o silo; prestar atenção ao tamanho das partículas; fazer a compactação adequada, eliminando o oxigênio da massa; vedar o silo de forma completa e realizar a abertura do silo na época certa e seguindo boas práticas para a conservação da silagem remanescente.

Limitações menores que as gramíneas tradicionais:

A silagem de capim-marandu traz benefícios devido a sua elevada produtividade MS ha^{-1}, quando bem manejada. E além disso a sua alta adaptabilidade em solos e climas diferentes diminui as limitações de produção, comparado a outras gramíneas como o milho e o sorgo, por exemplo, que apresentam uma produção de forma mais limitada.

Facilita o processo de aditivação do capim:

Em determinadas situações, a silagem de capim-marandu pode apresentar um baixo teor de matéria seca (MS) e um elevado teor de umidade, acarretando em perdas consideráveis na forma de efluente, um material repleto de nutrientes. Sendo necessário que haja um maior cuidado na ensilagem para preservar esses nutrientes e evitar as perdas por respiração. Além disso, a elevada concentração de potássio, pode dificultar o ajuste da relação cátion/ânion nas rações oferecidas às vacas leiteiras na fase pré-parto. Entretanto, com o auxílio da nutrição de precisão, é possível minimizar tais efeitos incluindo aditivos que viabilizam o aumento da MS da massa ensilada. Entre os aditivos mais utilizados estão: polpa cítrica, farelo de trigo, milho triturado e melaço.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do trabalho permite concluir que os objetivos foram alcançados, em vista que, quando se é citado que a silagem de capim-marandu apresenta muitas vantagens para a pecuária leiteira, como a sua elevada produtividade, o menor custo, a perenidade, o baixo risco de perdas e a maior flexibilidade na colheita, conseguimos assim avaliar o custo benefício da silagem feita com forragem de capim-marandu aplicada na alimentação de bovino leiteiro. Podemos concluir também que ao usar a silagem de capim-marandu, tendo em vista que seu valor nutritivo é consideravelmente alto e o seu manejo é simples, essa opção torna-se uma medida mais barata e que pode ser uma boa forma de equilíbrio na alimentação de bovinos leiteiros, tendo um ótimo resultado na engorda, e na produtividade de leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar APA (2021). Pragas da pastagem: cigarrinhas - Scot Consultoria. Retrieved July 24, 2021, from https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/50246/pragas-da-pastagem:-cigarrinhas.htm

Bergamaschine AF et al. (2006). Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (B. brizantha cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(4): 1454–1462. Doi: 10.1590/S1516-35982006000500027

Bergamaschine F et al. (2021). Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditiv. Retrieved July 24, 2021, from https://www.scielo.br/j/rbz/a/BzkRRKWVXyYnNnzCk4tW6Vf/?lang=pt

EMBRAPA (2021). *Brachiaria brizantha* cv. Marandu - Portal Embrapa. (n.d.). Retrieved July 24, 2021, from https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/863/brachiaria-brizanthacv-marandu

Mari LJ (2003). Intervalo entre cortes em capim-marandu *(Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. https://doi.org/10.11606/D.11.2003.TDE-20102003-164240

Morenz M (2021). Leite: economize 60% com silagem de capim - Canal Rural. Retrieved July 24, 2021, from https://www.canalrural.com.br/programas/leite-economize-com-silagem-capim-72520/45.

Capítulo 8

Cynodon plectostachyus Pilger como forragem alternativa para auxiliar a nutrição de animais em épocas de longa seca no nordeste brasileiro

Recebido em: 22/09/2021
Aceito em: 24/09/2021
10.46420/9786581460051cap8

Livia de Almeida Souza[1]
Vinicius de Morais Gama[1]
Vitória Regina Alves Cavalcante [1]
Carmen Hellen da Silva Rocha[2]
Amanda de Lira Freitas[3]
Maria José de Holanda Leite[1*]

INTRODUÇÃO

O estudo de plantas forrageiras é de fundamental importância, pois o Brasil destaca-se como detentor de um dos maiores rebanhos de bovinos do mundo com mais de 200 milhões de cabeças e grande parte da carne e leite produzidos advém de rebanhos mantidos a pasto. As pastagens, quando comparadas aos concentrados (Fernandes et al., 2003; Fernandes et al., 2008) possuem baixo custo de produção. A pecuária brasileira passa por um acelerado processo de modernização com necessidade de se adequar a realidade tecnológica, substituindo o modelo extrativista por outro mais competitivo e sustentável.

Nesse novo contexto, o presente trabalho pretende apresentar alternativas que auxiliem na realização de um produto final de boa qualidade e baixo custo, visando assim, o crescimento do pequeno produtor, a sustentabilidade, bom uso da terra e principalmente a sanidade e saúde do animal que irá consumir tal insumo. O processo de criação de animais de rebanho em pastagem e consequentemente sua boa alimentação aumenta significativamente quando se utiliza uma planta forrageira ou capim de alta qualidade, entre os cultivares que possuem elevado potencial produtivo boa qualidade e resistência a períodos de longa seca destacam-se os gêneros Pennisetum, Cynodon, Panicum e Brachiaria (Alencar et al., 2010).

As gramíneas do gênero Cynodon estão sendo intensivamente pesquisadas no Brasil (Teixeira et al., 2013), devido às suas vantagens nutricionais, ao potencial produtivo, à resposta à fertilização, à capacidade de adaptação a diferentes ambientes e à flexibilidade de uso. Dessa forma a pesquisa realizada buscou estudar e coletar dados sobre a utilização do Capim-Estrela Africana *Cynodon plectostachyus* Pilger

[1] Universidade Federal de Alagoas (UFAL), BR 104, Km 85, S/N - Mata do Rolo - Rio Largo/AL. CEP: 57100-000
[2] Instituto Federal do Maranhão – IFMA
[3] Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
[*] Autora correspondente: maryholanda@gmail.com

e suas propriedades de adaptação aos longos períodos de estiagem e seus valores nutricionais, assim, auxiliando o pequeno produtor rural a superar essas barreiras climáticas enfrentadas no Nordeste. Assim, procurou-se descrever as características estruturais do capim estrela africanas (*Cynodon plectostachyus*), dos seus perfis de capim forrageira e suas propriedades de relevância nutricional, buscar em literaturas estudos que comprovem a utilização do Capim-estrela como fonte nutricional alternativa para auxiliar produtores em períodos de longa seca, assim utilizando um alimento de baixo custo, rápida produção e qualidade nutricional, e assim com o presente estudo construir um perfil base para estudos futuros.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção do presente trabalho utilizou-se várias pesquisas bibliográficas como artigos científicos e livros que são considerados indispensáveis e de extrema importância para o tema trabalhado em questão, procurando assim descrever as propriedades nutricionais do Capim-Estrela Africana (*Cynodon plectostachyus*) relatado por diversos autores e sua importância econômica para o produtor rural visando os longos períodos de seca enfrentados no Brasil.

Contudo, as principais fontes de pesquisa utilizadas pela equipe do presente trabalho foram: Google Acadêmico, Scielo, Scopus e Embrapa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Capim-Estrela Africana (Cynodon plectostachyus) como alimento alternativo para auxiliar na nutrição de animais em pastagem em períodos de longa seca

A grama-estrela é uma gramínea (Poaceae) perene pertencente ao gênero *Cynodon L. C. Rich*, utilizada como planta forrageira e como cobertura verde para prevenir a erosão do solo. Esse gênero possui oito espécies (Harlan, 1970) agrupadas conforme a sua distribuição geográfica. No entanto, existe certa confusão na literatura relacionada à classificação taxonômica de espécies do gênero Cynodon. Geralmente, o termo grama-estrela é utilizado para designar as espécies mais robustas.

Origem e classificação botânica da Cynodon plectostachyus:

A *Cynodon plectostachyus* do gênero *Cynodon* são gramíneas forrageiras que tem como destaque sua alta produtividade por área e ainda mantendo uma boa qualidade da forragem são associadas também por proteger o solo conta erosões já que esse gênero é bem resistente a pisoteio, além de se adaptar bem a diversos climas e regiões.

O gênero *Cynodon plectostachyus* é conhecido por diversos nomes o mais comum deles é grama estrela africana ou grama estrela roxa *Cynodon plectostachyus* ou grama estrela gigante africana cultivada como espécie forrageira que se estabeleceu e tem persistido em pastagens nos trópicos e que atualmente ocupa uma grande área principalmente em áreas úmidas por conta da sua grande adaptação pode crescer

em uma grande variedade de habitats e tipos de solo tem um crescimento rápido e agressivo compete com as ervas daninhas que nascem nos pastos. Caracterizadas por um rápido alongamento de estalões e uma rápida produção e morte das folhas ocorre um grande acumulo de biomassa de matéria seca por conta disso é muito utilizada no plantio em diversas regiões.

Métodos de cultivo (etapas de produção):

As informações sobre *Cynodon* no Brasil são escassas e estão mais relacionadas com a cultivar Coastcross, que se caracteriza por ser uma planta estolonífera, com colmos finos e folhas macias (Vilela; Alvim, 1998).

Mesmo com sua grande adaptação e sendo produzida em quase qualquer região é necessário fazer uma análise do solo e se atentar a alguma coisa para ter uma maior produtividade e verificar se não há ausência de nutrientes no solo

Para essa maior produtividade o plantio deve ser em solo consideravelmente bem preparado, livre de plantas daninhas com ampla disponibilidade de umidade. O solo deve ser corrigido ao um nível de pH entre 5.5 e 6.5 e devidamente adubado o ideal é um solo bem drenado e corrigidos, sendo essa variedade tolerante a períodos curtos de encharcamento

O manejo das espécies forrageiras está relacionado às suas características morfológicas e fisiológicas, estando também interrelacionado com a rebrota, com a composição botânica e com a produção animal pretendida (Maraschin, 1988).

Existem dois métodos clássicos de pastejo, com suas variações o com ocupação continua e o rotacionado no pastejo com ocupação contínua, os animais permanecem na mesma área durante toda a estação de pastejo ou durante todo o ano.

Gênero *Cynodon* pode apresentar bom desempenho sob pastejo com ocupação contínua, pois esse método é mais adequado para plantas de crescimento prostrado, estoloníferas e/ou rizomatosas, que apresentam intenso perfilhamento e ritmo acelerado de produção de folhas. Essas características podem proporcionar rápida recuperação da área foliar e da atividade fotossintética das plantas após o pastejo (Penati et al., 1999).

A vantagem do método de pastejo com ocupação contínua é a possibilidade de se obter desempenho animal mais elevado, em vista da oportunidade que o animal tem de exercer pastejo seletivo. Todavia, quando se trabalha com oferta elevada de forragem com gramíneas tropicais, ao avançar a estação de pastejo, ocorre o acúmulo de material morto, o qual passa a contribuir negativamente para a produção futura do pasto (Penati et al., 1999).

Pastejo rotacionado:

O pastejo rotacionado se caracteriza pela divisão da pastagem em piquetes e pela mudança freqüente e periódica dos animais de um piquete para outro, dentro da mesma pastagem. Embora ainda haja divergências sobre qual é o melhor método de pastejo, no caso de lotação animal elevada, como na exploração de pastagens tropicais sob adubação intensiva, o pastejo rotacionado é o mais indicado.

Esse método de pastejo proporciona maior uniformidade e maior eficiência de pastejo, com consequente ganho em produtividade, compensando os maiores investimentos principalmente em cercas e bebedouros

A divisão da pastagem permite ainda: maior controle da lotação e da qualidade de forragem, distribuição mais uniforme dos excrementos, pastejo com mais de um grupo de animais e colheita de parte e/ou excesso de forragem produzida nas águas para ser conservada na forma de silagem ou feno para uso na seca.

Segundo Corsi (1986), o uso de espécies forrageiras de elevada produção requer como principal cuidado de manejo o pastejo uniforme. Desuniformidade de pastejo resulta em áreas de subpastejo e superpastejo, que levam à degradação da pastagem por invasão de plantas daninhas, à necessidade de uso excessivo de fogo e/ou de roçadeira, à perda elevada de forragem e, finalmente, ao desânimo do produtor. Outra vantagem do sistema rotacionado, principalmente sob alta adubação, é a maior eficiência no uso do nitrogênio aplicado. Segundo Euclides e Euclides Filho (1997), resultados de trabalhos australianos sugerem que as plantas necessitam de um período de tempo após a aplicação da adubação nitrogenada para transformar o nitrogênio absorvido em tecido novo. O pastejo rotacionado é também indicado, independentemente da intensificação, para espécies forrageiras de hábito de crescimento ereto, tais como as cultivares de *Panicum maximum* e a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, porque, em plantas de hábito ereto, o alongamento das hastes possibilita melhor distribuição de luz dentro da massa de forragem e maior eficiência fotossintética das folhas, garantindo elevada produtividade, quando os intervalos entre desfolhas não são freqüentes (Penati et al., 1999). Além disso, em razão da maior dificuldade de se manter área foliar remanescente nessas plantas em relação às forrageiras prostradas, as plantas de hábito ereto são mais adaptadas ao pastejo rotacionado.

Valores nutricionais e Potenciais para forragem do Capim-Estrela Africana (Cynodon plectostachyus):

A qualidade de uma planta forrageira é representada pela associação da sua composição bromatológica, digestibilidade e consumo voluntário pelos animais em pastejo, entre outros fatores (Mott; Moore, 1985). Por isso, é de grande importância o conhecimento dos teores de proteína bruta (PB), parede celular, minerais, além da digestibilidade da matéria seca, quando se iniciam as avaliações de uma planta promissora.

O teor de proteína bruta em gramíneas tropicais varia em função da maturidade da planta e do nível de adubação nitrogenada, com a grama-estrela (Figura 1). Verifica-se que o uso de intervalos entre desfolha superiores há 30 dias reduz de forma acentuada o teor proteico da grama-estrela, com implicações importantes para o manejo dessa gramínea em sistemas de pastejo rotacionado. Isso se deve, principalmente, à redução da proporção de folhas e aumento de colmos que ocorre com a maturidade das gramíneas, já que as folhas apresentam maior valor nutritivo do que os colmos.

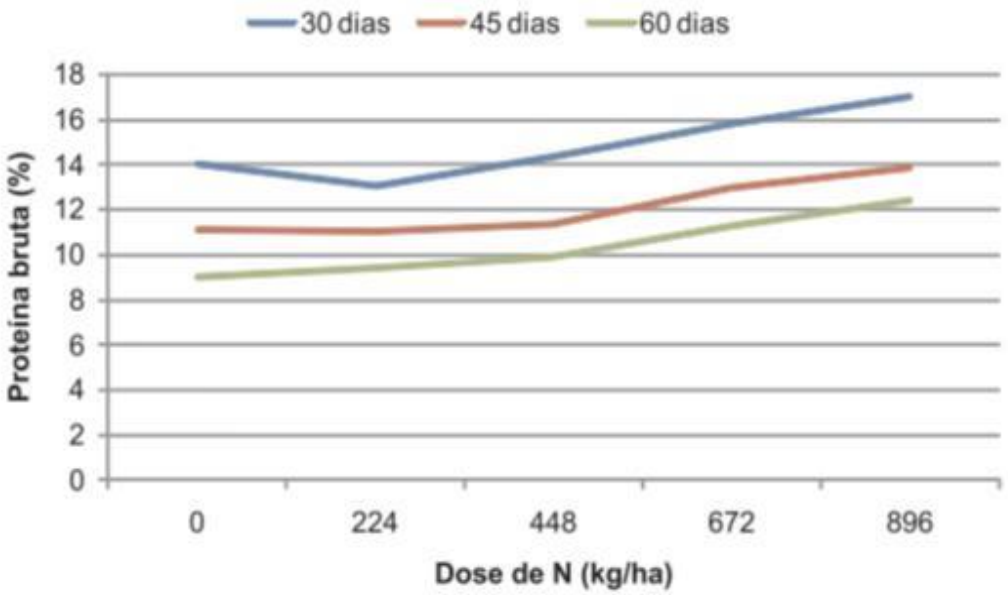

Figura 1. Influência da adubação nitrogenada e do intervalo entre desfolhas sobre o teor de proteína bruta de grama-estrela realizado em Porto Rico. Fonte: Adaptado de Caro-Costas et al. (1972).

Como o presente trabalho visa apenas coleta de dados e uma possível coleta em campo das condições ambientais do nordeste brasileiro, podemos comparar aos dados encontrados por Andrade et al. (2009) que demonstraram que os teores médios anuais de PB na grama-estrela-roxa situam-se por volta de 12,4%, valor semelhante ao relatado por Fukumoto e Lee (2004) para amostras de forragem de grama-estrela colhidas após 4 semanas de rebrotação no Havaí (12,8%). Em estudo realizado em Coronel Pacheco, MG, amostras de forragem colhidas por vacas leiteiras em pastagens de grama-estrela, adubadas anualmente com 200 kg/ ha de N, apresentaram teor médio de PB de 13,95% (Favoreto et al., 2008), valor superior ao obtido em estandes puros, não adubados, porém semelhante ao encontrado na forragem da grama-estrela-roxa quando consorciada com a leguminosa *Arachis pintoi* cv. Belmonte. Esse fato demonstra que essa leguminosa contribui para o aumento dos teores proteicos das gramíneas associadas, situação relatada com frequência na literatura (González et al., 1996).

As gramíneas do gênero *Cynodon* geralmente apresentam teores de proteína bruta superiores aos encontrados nas principais espécies do gênero *Brachiaria* utilizadas na pecuária brasileira. Por exemplo, os resultados de pesquisas mostrados na Figura 1., mostram que a grama-estrela apresenta teores de proteína

semelhantes aos do capim-tangola, híbrido natural de *Brachiaria arrecta* e *B. mutica* de elevado valor nutritivo, porém superiores aos verificados *na Brachiaria decumbens* e na *B. humidicola*, durante todo o ano. Em uma pesquisa sobre um estudo realizado no Rio de Janeiro, também foi observado que a grama-estrela é mais rica em proteína bruta do que a *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* (Fukumoto, 2007). De acordo com Euclides e Medeiros (2003), a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) geralmente representa entre 40% e 50% da proteína bruta das forragens tropicais, ao passo que a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) varia em torno de 5% a 10%, sendo essa última muito importante, pois é considerada indisponível ao animal. As variedades de grama-estrela estudadas apresentaram teores de PIDN e PIDA dentro dessas faixas de variação esperadas para as gramíneas tropicais que tem resistência maior ao calor e baixas presenças de chuva.

O conhecimento da composição da parede celular das gramíneas forrageiras tropicais é muito importante, devido à sua influência na digestibilidade e no consumo de forragem pelos ruminantes. Forragens com valor de fibra em detergente ácido (FDA) em torno de 30%, ou menos, geralmente são consumidas em altos níveis, enquanto aquelas com teores acima de 40% são consumidas em baixos níveis (Noller et al., 1996). Em revisão feita por Nussio et al. (1998), ficou demonstrado que os teores de FDA na matéria seca de gramíneas do gênero *Cynodon* situam-se entre 30% e 40% na maioria das cultivares, quando manejadas com 20 a 40 dias de descanso, possibilitando elevado consumo potencial da forragem. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e FDA na forragem das variedades de grama-estrela estudadas apresentaram-se dentro da faixa de variação encontrada por Nussio et al. (1998) para o gênero *Cynodon*.

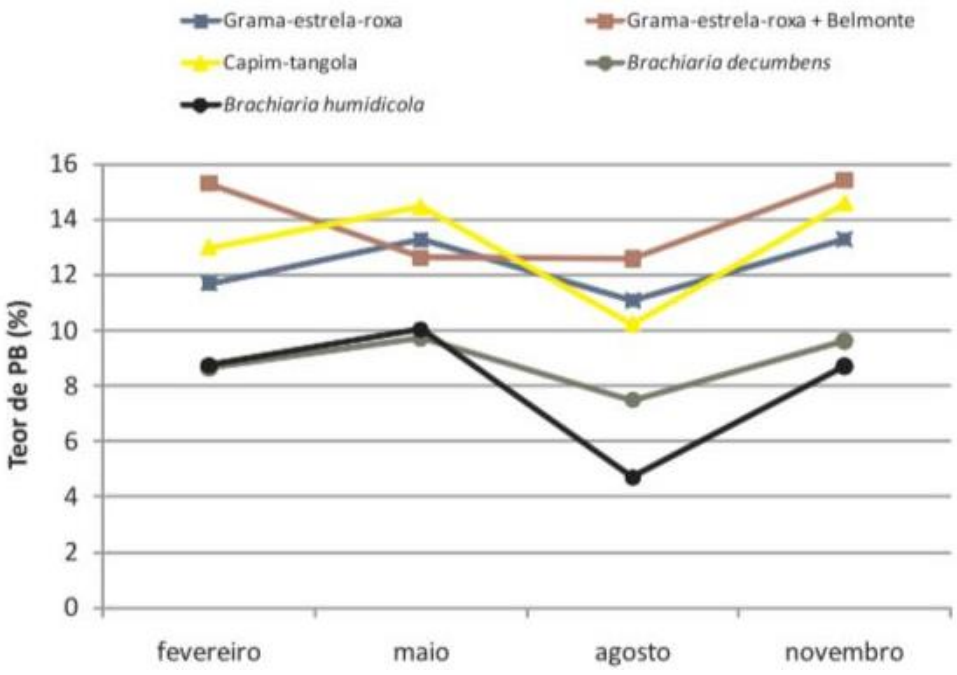

Figura 2. Variação dos teores de proteína bruta em amostras de forragem coletadas simulando o pastejo animal em pastagem de diversas gramíneas, em diversas épocas do ano, nas condições ambientais do Nordeste Brasileiro. Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2009) e Almeida (2009).

De acordo com Favoreto et al. (2008), o teor e as características cinéticas da fibra da grama-estrela não causam efeito de repleção ruminal e restrição sobre o consumo em vacas leiteiras em pastejo, atendendo à demanda energética nutricional de mantença e produção diária de 11,7 kg de leite, em vacas suplementadas com 2 kg de concentrado por dia. A digestibilidade é a medida da proporção do alimento consumido que é digerido e metabolizado pelo animal. Baixa digestibilidade implica em maior tempo de retenção da forragem no rúmen, promovendo limitações físicas de consumo. A digestibilidade das forrageiras tropicais se situa entre 55% e 60%, podendo diminuir se a concentração de proteína bruta da forragem for da ordem de 4% a 6% (Moore; Mott, 1973). De maneira geral, a digestibilidade das espécies tropicais diminui de forma contínua com o avançar da idade da planta (Rodrigues, 1986).

Em revisão de literatura realizada por Nussio et al. (1998), foi constatado que a digestibilidade da matéria seca das gramíneas do gênero *Cynodon* geralmente varia de 55% a 70%, dependendo principalmente do estágio de maturidade da planta. Para a grama-estrela cv. Florico, essa variação não é diferente, conforme pode ser observado no trabalho de Castro et al. (1999) em Piracicaba, SP (Figura 3).

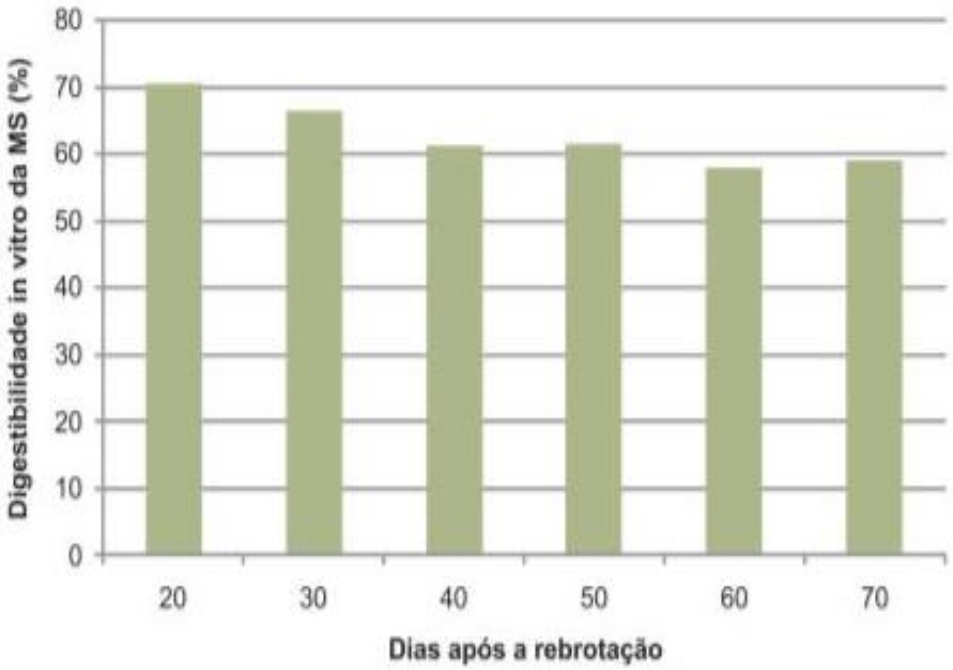

Figura 3. Variação da digestibilidade in vitro da materia seca (DIVMS) da grama-estrela cv. Florico em função do intervalo entre cortes, em analise de estudo realizado em Piracicaba,SP. Fonte: Adaptado de Castro et al. (1999).

Grama-Estrela Africana como Produto alternativo na alimentação animal:

Entre as gramíneas do gênero *Cynodon*, a grama-estrela era a que menos vinha sendo estudada em condições de pastejo, tanto com gado de corte quanto com gado de leite. Um estudo recente foi realizado em Valença, RJ, para comparar a produção de leite de vacas mestiças em pastagens formadas com os

capins *Panicum maximum* cv. Tanzânia, gramaestrela e Brachiaria brizantha cv. Marandu, manejados sob lotação rotacionada com 30 dias de descanso e 3 dias de ocupação dos piquetes, durante o período das chuvas, entre janeiro e maio de 2005 (Fukumoto, 2007). As pastagens foram adubadas anualmente com 200 kg/ha de N e K2O e 50 kg/ha de P2O5, e as vacas receberam diariamente 2 kg de ração concentrada. Os resultados mostraram que não houve diferença entre as gramíneas para produção de leite, taxa de lotação e consumo de forragem (Tabela 1).

Tabela 1. Taxa de lotação, produção média de leite corrigida para 4% de gordura e consumo de matéria seca de forragem por vacas mestiças em pastagem de gramíneas tropicais, em Valença, RJ. Fonte: Fukumoto (2007).

Gramínea	Taxa de lotação	Produção de leite	Consumo de MS
	(UA/ha)	(kg/vaca/dia)	(% PV)
Capim-tanzânia	4,6	9,1	2,6
Grama-estrela	4,5	9,1	2,3
Capim-marandu	5,0	8,7	2,4

Tabela 2. Produção de leite de vacas mestiças em pastagens de grama-estrela em monocultura ou consorciadas com as leguminosas *Arachis pintoi* cv. *Amarilio* e *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela, na Costa Rica.

Produção de leite	Grama-estrela	Grama-estrela + Amarillo	Grama-estrela + Itabela
	Ano de 1990 (2,9 UA/ha)		
kg/vaca/dia	7,7 b	8,8 a	7,6 b
kg/ha/dia	22,3	25,5	22,0
	Entre os anos de 1991–1992 (2,4 UA/ha)		
kg/vaca/dia	9,5 b	10,8 a	9,4 b
kg/ha/dia	22,8	25,9	22,6

*Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Duncan ($P<0,05$).

Fonte: González et al. (1996).

Em um estudo realizado na Costa Rica comparou a produção de leite de vacas mestiças em pastagens exclusivas de grama-estrela ou consorciadas com as leguminosas *Arachis pintoi* cv. Amarillo (amendoim forrageiro) e *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela (González et al., 1996). A consorciação da gramínea com o amendoim forrageiro, uma leguminosa palatável e de alto valor nutritivo, aumentou a produção de leite por vaca em aproximadamente 14% em comparação com a pastagem solteira de grama-estrela (Tabela 2). Já o consórcio com a cultivar Itabela, leguminosa pouco palatável, não alterou a produção de leite em relação à gramínea solteira. Portanto, a consorciação da grama-estrela com leguminosas produtivas, palatáveis e de alta qualidade, como o amendoim forrageiro, representa uma

alternativa bastante viável e promissora para os produtores de leite, especialmente na região Amazônica, onde a relação de preços entre o produto animal (leite) e os adubos nitrogenados é muito desfavorável.

Revisando o potencial das pastagens de *Cynodon* na pecuária de corte, Da Silva (2005) concluiu que o valor nutritivo da forragem consumida em pastagens de *Cynodon* devidamente manejadas é relativamente alto. Os valores encontrados são compatíveis com níveis medianos a elevados de ganho de peso (350 g/animal/ dia a 750 g/animal/dia) e produtividade animal (550 kg/ha/ano a 1.200 kg/ha/ano de peso vivo), para uma amplitude significativa de condições de pasto (e.g. lotação contínua, pastejo rotacionado, alturas e massas de forragem variáveis, etc.), uma vez que, segundo as normas e padrões de nutrição e alimentação de bovinos de corte, concentrações de proteína bruta em torno de 11% a 12% e digestibilidade da dieta de 60% a 65% são necessárias para obter ganhos de peso em novilhos da ordem de 800 g/animal/dia a 1.000 g/animal/dia. Segundo Cook et al. (2005), o potencial de produtividade animal em pastagens de grama-estrela é de 1.000 kg/ha/ano a 1.500 kg/ha/ano de peso vivo.

No nordeste brasileiro ainda não foram realizadas pesquisas para determinar o desempenho e produtividade de bovinos de corte e de leite em pastagens de grama-estrela. Entretanto, os resultados obtidos em fazendas de criação de gado de corte são muito expressivos. Em pastagens consorciadas de grama-estrela e amendoim forrageiro cv. Belmonte, os produtores têm conseguido utilizar taxas de lotação anual de até 2,5 UA/ha, abate de novilhos cruzados Angus x Nelore aos 24 meses de idade, com 255 kg de peso de carcaça, e parição de novilhas cruzadas com idade entre 22 e 24 meses (Valentim; Andrade, 2004).

Consorciações com leguminosas:

De acordo com Smith e Valenzuela (2002), têm sido obtidos bons resultados na consorciação da grama-estrela com as leguminosas *Stylosanthes guianensis, Centrosema pubescens, Trifolium repens, Lotononis bainesii e Arachis pintoi*.

Na verdade, a grama-estrela possui boa compatibilidade com leguminosas de crescimento prostrado ou ereto, porém é geralmente incompatível com aquelas de hábito de crescimento volúvel (trepadeiras), como a puerária (*Pueraria phaseoloides*). As possíveis experiências com plantio da grama-estrela-roxa no Nordeste em pastagens dominadas pela puerária após a morte do capim-marandu demonstraram que as duas espécies são incompatíveis, tendo em vista que a gramínea substituiu a leguminosa totalmente ao longo do tempo. Ao contrário, quando a grama-estrela-roxa foi plantada com o amendoim forrageiro cultivar Belmonte nessas mesmas pastagens, formou-se um consórcio equilibrado entre as duas espécies, porém a puerária praticamente desapareceu da composição botânica da pastagem novamente. O hábito de crescimento das espécies é, provavelmente, o principal responsável tanto pela boa compatibilidade entre a grama-estrela e o amendoim forrageiro (espécies de crescimento prostrado e estoloníferas) quanto pela incompatibilidade da gramínea com a puerária.

De fato, pesquisadores de regiões tropicais vêm buscando uma consorciação estável entre uma gramínea e uma leguminosa há mais de 50 anos, porém não há registros na literatura de nenhuma consorciação tão equilibrada, resiliente e persistente quanto os pastos consorciados de grama-estrela e amendoim forrageiro cv. Belmonte no Acre. A exceção talvez seja o consórcio da *Brachiaria humidicola* também com o amendoim forrageiro cv. Belmonte na região costeira da Bahia (Pereira, 2002).

Para que as consorciações sejam compatíveis e estáveis, alguns autores consideram que as espécies devem possuir taxas de crescimento e palatabilidade similares e ser adaptadas a condições ambientais e de manejo semelhantes. O problema é que esses critérios raramente são encontrados, e geralmente um ou outro componente domina a mistura (Sheaffer, 1989). Entretanto, tem sido sugerido mais recentemente que, ao invés de buscar a estabilidade da composição botânica do pasto, o que se deve almejar é a resiliência ou elasticidade do pasto, ou seja, sua capacidade de se recuperar após uma perturbação. Quanto mais elástica for a comunidade do pasto, mais fácil será o seu manejo, e ela será mais resistente a eventos tais como superpastejo imprudente ou queima acidental (Humphreys, 1991; Fisher et al., 1996). Essa elasticidade poderia ser testada e observada nos pastos consorciados de grama-estrela no nordeste brasileiro nos longos períodos de seca, aonde a soma da grama com mais alguma matéria bruta de fácil acesso da localidade possa permitir ao produtor local um equilíbrio na produção e nutrição do animal. Por exemplo, em pastagens onde a leguminosa teve um estabelecimento inicial mais rápido, dominando o estande, observou-se um aumento gradativo da porcentagem da gramínea ao longo do tempo, provavelmente devido ao aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo proporcionado pela leguminosa, até que um equilíbrio satisfatório foi obtido e mantido posteriormente. Outro exemplo da elasticidade desse consórcio tem sido observado em casos de ataques de pragas na grama-estrela, contribuindo para reduzir de forma temporária a proporção da gramínea no pasto. Nesses casos, observa-se que as espécies retomam o equilíbrio normal assim que a gramínea se recupera.

Características e produção nacional da Cynodon plectostachyus:

Os capins do Gênero Cynodon, vêm ganhando expressão crescente no setor pecuário nacional nos últimos 15-20 anos, mais notadamente a partir da introdução do Tifton-85 no Brasil. Apesar desse renovado interesse, não existem registros precisos da introdução dos Cynodons no Brasil, e o que se acredita é que a "grama seda" ou "grama bermuda comum" (*Cynodon dactylon var. dactylon*) tenha chegado às Américas junto com os colonizadores, na forma de feno ou de "cama" para escravos nos navios, e a partir daí se disseminado em função de sua alta agressividade e facilidade de produção de sementes. Atualmente, as principais espécies desse gênero empregadas como forrageiras são *Cynodon dactylon (L.) Pers*, denominadas de gramas-bermuda, e o Cynodon nlemfuensis Vanderyst e *Cynodon plectostachyus (K. Schum.) Pilg.* Conhecidas coletivamente como gramas-estrela, e seus híbridos. Entre cultivarem puros e

híbridos dessas três espécies, existem hoje cerca de dez cultivares de maior emprego como material forrageiro no Brasil.

O emprego dos Cynodons no Brasil, durante décadas foi pequeno, sendo Coastcross e Estrela Africana os únicos cultivares amplamente disponíveis aos produtores e destinados a equinos. Nos anos 1980-90, com o lançamento de novos cultivares advindos dos programas americanos de melhoramento genético, essa realidade mudou. Nesse período, em um intervalo de 5 ou 6 anos vários cultivares como Tifton 68, Tifton 78, Tifton 85, Florico, Florona e Florakirk, foram lançados. Com a chegada de alguns desses materiais ao Brasil os Cynodons logo se transformaram nos "capins da moda" com a disseminação do gênero entre um grande número de produtores. No ímpeto do modismo, a expansão da área ocupada por Cynodons foi grande, com Tifton 85, o cultivar de maior aceitação ocupando mais de 500.000 ha. No final da década de 1990, seguiu-se o processo comum do ciclo de modismo dos capins. A expansão foi indiscriminada, com pouco ou nenhum critério técnico, acompanhada de mau manejo, culminando com o fraco desempenho das pastagens, e dos sistemas produtivos em que estavam inseridas.

Como consequência, houve descontentamento com os capins Cynodon e um certo esquecimento pelos produtores. Mais recentemente, em função de uma série de bons resultados obtidos com os capins do gênero pelas universidades e centros de pesquisa do país, e o surgimento de novos materiais como o capim Jiggs, a adoção dos Cynodons antes baseada em critérios subjetivos, passa a ser feita de forma mais profissional, pautada por objetivos claros e embasada em critérios técnicos e econômicos.

Em áreas tropicais, os capins do gênero Cynodon apresentam elevado potencial de produção por animal e por área, e grande flexibilidade de uso, podendo ser empregados para pastejo ou conservação de forragem (feno, silagem ou pré-secado). Com boa fertilidade de solo e manejo adequado, os Cynodons comumente proporcionam produção de matéria seca superior a 20 t de MS/ha/ano, com valor nutritivo que pode ser considerado bom, ao redor de 11 a 13% de PB e 58 a 65% de digestibilidade. Apresentam ainda distribuições estacionais de crescimento mais uniformes (proporção relativa da produção total no "inverno" e no "verão") quando comparados a outros capins.

Em função de sua exigência por solos férteis, e de características ligadas à sua propagação, que quase sempre é vegetativa (por mudas), os capins Cynodon têm sido empregados principalmente em explorações leiteiras e para a produção de forragem conservada, marcadamente feno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grama-estrela é o genótipo de Cynodon que apresenta maior grau de adaptação às condições de clima e solos existentes nos Estados do nordeste do pais como Alagoas, Pernambuco, Sergipe e Paraíba, os focos desse estudo, para adaptação e futuras pesquisas em campo. Nos últimos 10 anos, essa gramínea tem sido utilizada em larga escala na reforma de pastagens em degradação devido à síndrome da morte do capim-brizantão e períodos de longas secas demonstrando boa agressividade, cobertura do

solo e persistência, especialmente quando consorciada com alguma leguminosa, como demostrado nas pesquisas do estudo o amendoim forrageiro cv. Belmonte.

Os níveis de desempenho e produtividade animal alcançados nas fazendas que investiram na formação de pastagens de grama-estrela são excepcionais, e até o presente momento não há registros de problemas com pragas e doenças com gravidade suficiente para inviabilizar a sua recomendação como alternativa forrageira para diversificação de pastagens cultivadas nos estados do nordeste brasileiro.

Não há estatísticas sobre a área plantada com a grama-estrela, mas a experiência da equipe de pesquisadores da Embrapa Acre estudada indica que devem existir entre 30 mil hectares e 50 mil hectares plantados com a gramínea até o ano de 2009, dados esses que já devem ter mudado. Isso representaria apenas 2% a 3% da área de pastagens cultivadas no estado, quantidade muito pequena em face do grande potencial apresentado pela forrageira.

O aumento da divulgação das potencialidades da grama-estrela, especialmente das modalidades de plantio semi-mecanizado, certamente contribuirá para ampliar a área plantada com essa gramínea nos períodos de longas secas para auxiliar os produtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida LS (2009). Valor nutritivo dos capins Brachiaria humidicola e Brachiaria decumbens em diferentes solos e épocas do ano no estado do Acre. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

Alvarez V et al. (1999). Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro AC et al. (Ed.) Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p. 25-32.

Alvim MJ et al. (2003). Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramíneas do gênero Cynodon, sob dois níveis de nitrogênio e potássio. Revista Brasileira de Zootecnia, 32(1): 47-54.

Cecato U et al. (2001). Avaliação de cultivares do gênero Cynodon com e sem nitrogênio. Acta Scientiarum, 23(4): 781-788.

Corrêa LA, Santos PM (2003). Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 34). 36p.

Da Silva SC (2005). Potencial das pastagens de Cynodon na pecuária de corte. In: Vilela D et al. (Ed.). Cynodon: forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. p. 177-189.

Da Silva SC et al. (1998). Bases para o estabelecimento do manejo de *Cynodon* sp. para pastejo e conservação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 15. Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.129-150.

Hillesheim A (1992). Manejo de caim elefante: corte. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ. p.117-141.

Pedreira CGS (2005). Capins do gênero *Cynodon*: histórico e potencial para a produção brasileira. In: Vilela D et al. (Eds.) Cynodon: forrageira que estão revolucioando a pecuária brasileira. 1.ed. Juiz de Fora. p. 33-58.

Pedreira CTF (2013). Capins do gênero cynodon e seu manejo, MILKPOINT.COM.BR. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/capins-do-genero-cynodon-e-seu-manejo-85445n.aspx> acesso em: 21/07/2021.

Vilela H (2005). Pastagem: seleção de plantas forrageiras, implantação e adubação. Viçosa, MG: Aprenda Facil. 283p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alimentos Alternativos, 84
Azospirillum brasilense, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

C

cloreto de potássio, 11, 12, 15

F

fertilizantes potássicos, 11

H

Híbrido, 40, 41

M

Matéria seca, 39

O

Oryza sativa, 20, 29, 46

P

produtividade, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 84

R

Rendimento industrial, 48

S

Saccharum officinarum L., 8
Silagem, 67

V

vinhaça, 12, 13, 14, 16, 17

Z

Zea mays, 55

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 162 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 124 resumos simples/expandidos, 61 organizações de e-books, 37 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 66 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 42 organizações de e-books, 30 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.

ISBN 978-658146005-1

9 786581 460051

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