

# DE GRÃO EM GRÃO

**ALEXANDRE IGOR AZEVEDO PEREIRA  
(ORGANIZADOR)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Alexandre Igor Azevedo Pereira  
(Organizador)

# De Grão em Grão

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |   |
|---|---|
| D278  | De grão em grão [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.<br><br>Formato: PDF<br>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.<br>Modo de acesso: World Wide Web.<br>Inclui bibliografia<br>ISBN 978-85-7247-655-3<br>DOI 10.22533/at.ed.553192709<br><br>1. Agronegócio. 2. Universidades e faculdades – Administração.<br>I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo.<br><br>CDD 338.1 |
| <b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>   |   |

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*De Grão em Grão*” é a mais recente iniciativa da Atena Editora no sentido de difusão de conhecimento, demonstração de aprimoramentos e divulgação de tecnologias, em forma de e-book, para o agronegócio brasileiro com foco na produção de grãos oriundos de plantas da família Poaceae. Esta edição aborda - de forma ampla, com leitura compreensível e envolvente - as principais contribuições ao estudo de grãos em território brasileiro, com foco em sorgo, teosinto, milho comum, milho híbrido e milho crioulo. Todas essas espécies possuem importância econômica para as 27 unidades federativas do Brasil, incluindo a Capital Federal, devido ao seu cultivo e, principalmente, pelo fato do agronegócio de grãos brasileiro significar uma fonte de receitas econômicas tanto na zona rural, como no âmbito agroindustrial e ao nível de exportações.

O Brasil ocupa posição de destaque na produção global de grãos, incluindo o milho, o que demonstra a relevância dos grãos para a economia nacional. Em termos não apenas de abastecimento interno, mas também como importantes insumos para o contexto da exportação brasileira. Esse panorama revela o papel prioritário do Brasil como grande produtor e exportador dessa *comoditie* agrícola: a divulgação de pesquisas imbuídas de caráter técnico-científico na área de produção de grãos, bem como a divulgação de metodologias e tecnologias que auxiliem o produtor a solucionar dilemas no cultivo das suas lavouras. Missão atribuída ao presente e-book “*De Grão em Grão*”.

Abordagens de interesse à comunidade científica, acadêmica e civil-organizada envolvidas de forma direta e indireta com a produção, comercialização, exportação, processamento industrial e experimentação das culturas, acima reportadas, são descritas na presente obra. O raio X das temáticas envolvidas nessa importante fonte de conhecimento, tanto no âmbito teórico como prático, indica uma amplitude de temáticas com imediata possibilidade de aglutinação de conhecimento por parte do leitor, seja da área técnica envolvida com o agronegócio de grãos, bem como ao seu beneficiamento. Ainda, muito do que se encontra no presente e-book “*De Grão em Grão*” pode ser extrapolado para outras plantas de onde se obtém os grãos, como matéria-prima, e que não se enquadrem necessariamente na família Poaceae. Identificação e comparação do aparato gênico inerente a diferentes espécies da família Poaceae, Estudo do arranjo espacial em milho sob condições de campo, Inoculação de plantas de milho com microrganismos com vistas ao incremento produtivo, Manejo de irrigação para o sorgo em condições do Semiárido, Performance do milho com uso manejo biológico e sementes e adubação nitrogenada, Indução de resistência química no milho contra patógenos e, por fim, Vigor de sementes de milho tendo por base respostas de diferentes híbridos são as principais abordagens técnicas aqui contidas e esmiuçadas por intermédio de trabalhos com qualidade

técnico-científica comprovada. Todas essas referindo-se à elucidação de dilemas contemporâneos da produção de grãos nos atuais sistemas de produção agrícola brasileiros.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com a produção de grãos e a sociedade (como um todo) frente ao acúmulo constante de conhecimento, de grão em grão, com potencial de transpor o conhecimento atual acerca dos processos envolvidos com a produção de grãos no Brasil.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| ANÁLISE “IN SILICO” DE GENES DE RESISTÊNCIA ORTÓLOGOS NOS GENOMAS DE <i>Sorghum bicolor</i> , <i>Zea mays</i> E TEOSINTO                     |           |
| Ronaldo Omizolo de Souza   |           |
| Ramir Bavaresco Junior   |           |
| Isabella da Cruz Franco  |           |
| Liliam Silvia Candido  |           |
| Rodrigo Matheus Pereira  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927091</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>9</b>  |
| AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE DUAS VARIEDADES DE MILHOCRIOULO SOB DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS                          |           |
| Daelcio Vieira Spadotto  |           |
| Francieli da Silva Santos  |           |
| Maurício Maraschin Neumann   |           |
| Natan Crestani   |           |
| Jefferson Gonçalves Acunha   |           |
| Welington Rogério Zanini   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927092</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>15</b> |
| AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE DUAS VARIEDADES DE MILHO CRIOULO SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE <i>Azospirillum Brasilense</i> |           |
| Daelcio Vieira Spadotto  |           |
| Francieli da Silva Santos  |           |
| Maurício Maraschin Neumann   |           |
| Natan Crestani   |           |
| Jefferson Gonçalves Acunha   |           |
| Welington Rogério Zanini   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927093</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>22</b> |
| AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CULTIVARES DE SORGO IRRIGADOS E SUBMETIDOS A QUATRO CICLOS SUCESSIVOS, NO SEMIÁRIDO ALAGOANO                         |           |
| Josimar Bento Simplício  |           |
| José Nildo Tabosa  |           |
| Alexandre Hugo Cesar Barros  |           |
| Fernando Gomes da Silva  |           |
| Francisco José Filho   |           |
| Joel José de Andrade   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927094</b>   |           |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>33</b> |
| EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE <i>Azospirillum brasilense</i> VIA SEMENTE E APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO ( <i>Zea mays</i> L.) |           |
| Maurício Maraschin Neumann  |           |
| Daelcio Vieira Spadotto   |           |
| Natan Crestani  |           |
| Lucas Almeida da Silva  |           |
| Francieli da Silva Santos   |           |
| Fernando Machado dos Santos   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927095</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>40</b> |
| EFEITO DO INDUTOR DE RESISTÊNCIA ACIBENZOLAR-S-methyl (ASM) ASSOCIADO A FUNGICIDAS NO CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES EM MILHO ( <i>Zea mays</i> L.)         |           |
| Maurício Maraschin Neumann  |           |
| Daelcio Vieira Spadotto   |           |
| Natan Crestani  |           |
| Francieli da Silva Santos   |           |
| Jefferson Gonçalves Acunha  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927096</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 7</b> .....   | <b>48</b> |
| MANEJO DE HÍBRIDO DE MILHO ASSOCIADO A FONTES DE NITROGÊNIO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA   |           |
| Kathia Szeuczuk de Oliveira   |           |
| Jean Carlos Zocche  |           |
| Cieli Berardi Renczeczzen Moraes  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927097</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 8</b> .....   | <b>56</b> |
| REDUÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E USO DE <i>Azospirillum brasilense</i> EM ESPAÇAMENTO REDUZIDO   |           |
| Kathia Szeuczuk de Oliveira   |           |
| Jean Carlos Zocche  |           |
| Cieli Berardi Renczeczzen Moraes  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927098</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 9</b> .....   | <b>62</b> |
| VIGOR DE SEMENTES E A INFLUÊNCIA NO FILOCRONO EM HÍBRIDOS DE MILHO  |           |
| Miguel Fredrich   |           |
| Juliano Dalcin Martins  |           |
| Marcos Paulo Ludwig   |           |
| Greisson Alex Kunz  |           |
| Iago Samuel Bohrz   |           |
| Lucas Henrique Henrichsen   |           |
| Rodrigo Porto Veronez   |           |
| Betina Wottrich   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5531927099</b>  |           |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....  | <b>69</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....   | <b>70</b> |

## ANÁLISE “IN SILICO” DE GENES DE RESISTÊNCIA ORTÓLOGOS NOS GENOMAS DE *Sorghum bicolor*, *Zea mays* E TEOSINTO

### **Ronaldo Omizolo de Souza**

Bacharel em Biotecnologia; Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA.  
Dourados – Mato Grosso do Sul

### **Ramir Bavaresco Junior**

Bacharel em Biotecnologia; Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA.  
Dourados – Mato Grosso do Sul

### **Isabella da Cruz Franco**

Bacharel em Biotecnologia; Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA.  
Dourados – Mato Grosso do Sul

### **Liliam Silvia Candido**

Professora adjunta; Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA.  
Dourados – Mato Grosso do Sul

### **Rodrigo Matheus Pereira**

Professor adjunto; Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais – FCBA.  
Dourados – Mato Grosso do Sul

classificados em cinco classes, a CNL, TNL, RLP, RLK e outros. O objetivo deste trabalho foi identificar genes R comuns entre a espécie *Zea mays subsp. mays* com *Zea mays subsp. parviglumis*, *Teosinto* e *Sorghum bicolor*. As sequências foram coletadas de bancos de dados biológicos e a análise foi realizada com o auxílio de ferramentas da bioinformática. No entanto, não foi possível encontrar o transcriptoma completo de todas as espécies, somente a do *Sorghum bicolor* e *Zea mays subsp. mays*. Para as outras duas espécies, foram utilizadas informações parciais encontradas no GenBank e no European Nucleotide Archive (ENA). Foi possível a identificação de 1085 genes R comuns entre o transcriptoma de *Zea mays subsp. mays* e as sequências utilizadas de cada uma das espécies. A comparação com o *Sorghum bicolor* retornou 930 genes R divididos em todas as classes. A comparação entre *Zea mays subsp. mays* e *Zea mays subsp. parviglumis*, possível ancestral do milho, totalizou 109 genes R comuns, enquanto que a análise com o *Teosinto* retornou 44 genes R. Também foram encontrados dois genes ortólogos entre todas as espécies. Assim, os resultados obtidos neste estudo poderão servir como base para futuros estudos sobre o compartilhamento de genes de resistência entre estas plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioinformática, Genômica, Milho, Sorgo, Teosinto

**RESUMO:** Durante a domesticação da cultura do milho (*Zea mays L.*) pode ter ocorrido a transferência de genes de resistência (R) das espécies ancestrais e entre espécies aparentadas. Os genes R podem ser

## “IN SILICO” ANALYSIS OF ORTHOLOGOUS RESISTANCE GENES IN THE GENOMES OF *Sorghum bicolor*, *Zea mays* AND TEOSINTE

**ABSTRACT:** During the domestication of the corn crop (*Zea mays* L.) resistance genes (R) may have been transferred from the ancestral species and among related species. R genes can be classified into five classes, CNL, TNL, RLP, RLK and others. The objective of this work was to identify common R genes among the species *Zea mays subsp. mays* with *Zea mays subsp. parviglumis*, *Teosinte* and *Sorghum bicolor*. Sequences were collected from biological databases and the analysis was performed using bioinformatics tools. However, it was not possible to find the complete transcriptome of all species, only the *Sorghum bicolor* and *Zea mays subsp. mays*. For the other two species, partial information found in GenBank and in the European Nucleotide Archive (ENA) was used. It was possible to identify 1085 common R genes between the transcriptome of *Zea mays subsp. mays* and the sequences used of each of the species. The comparison with *Sorghum bicolor* returned 930 R genes divided into all classes. The comparison between *Zea mays subsp. mays* and *Zea mays subsp. parviglumis*, a possible corn ancestor, totaled 109 common R genes, whereas the analysis with the *Teosinte* returned 44 R genes. Two orthologous genes were also found among all species. Thus, the results obtained in this study may serve as a basis for future studies on the sharing of resistance genes between these plants.

**KEYWORDS:** Bioinformatics, Genomics, Corn, Sorghum, Teosinte

### 1 | INTRODUÇÃO

Há mais de 8000 anos o milho é cultivado em diversas partes do mundo e graças a sua adaptabilidade, representada por vários genótipos, pode ser cultivado desde o Equador até o limite das terras temperadas. Possui importância econômica, devido sua utilização para alimentação humana e animal (Barros & Calado, 2014).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma Poacea originária da África, utilizado principalmente na alimentação animal, na cadeia produtiva da suinocultura e avicultura. Também pode ser utilizado para a fabricação de bebidas alcoólicas. (Purcino, 2011).

O sorgo é um parente próximo do milho (*Zea mays*) e da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) (Springer et al., 1989). Entre estes, o milho é o melhor caracterizado geneticamente, possuindo um mapa genético bem desenvolvido (Beavis & Grant 1991; Burr et al., 1988). O sorgo e o milho apresentam o mesmo número de cromossomos (n=10). Entretanto o milho contém, no mínimo, três vezes mais DNA nuclear do que o sorgo (Michaelson et al., 1991).

O milho é uma planta cultivada de grande versatilidade. Os programas de melhoramento genético vêm desenvolvendo ao longo das décadas tipos diversificados de cultivares, entre outras razões, devido a existência de alta variabilidade genética

do germoplasma da espécie. Com o advento da biotecnologia foram desenvolvidas tecnologias que permitem acesso a novas e variadas fontes de variabilidade genética, além das existentes naturalmente. Em especial, é possível citar o aprimoramento da tecnologia do DNA recombinante e da bioinformática (Coulter, 2014; Oliveira, 2010).

Nos últimos 10 anos, o mapeamento comparativo em plantas tem fornecido evidências para uma conservação importante de marcadores e a ordem de genes entre genomas similares, o que resultou no surgimento das técnicas de comparação de genomas. Estudos comparativos realizados com gramíneas demonstraram consistência em relação à colinearidade entre os genomas dentro da família (Feuillet & Keller, 2002). A maioria destas análises foi realizada com gramíneas de importância econômica, como arroz, trigo, cevada, milho, milheto, aveia e o sorgo (Gale & Devos, 1998; Bennetzen, 2000; Keller & Feuillet, 2000).

A utilização de recursos aplicados à seleção de sequências de DNA unidos as técnicas de bioinformática tornaram-se um pré-requisito para construção de modelos teóricos e experimentais. (Saeys et al., 2007).

Alguns estudos indicam que algumas variedades de teosinto, possível ancestral de *Zea mays*, são citologicamente indistinguíveis do milho e, portanto, são capazes de formar híbridos completamente férteis com o milho (Doebley, 2004).

Vários trabalhos têm discutido e pesquisado as diferenças entre estas espécies, alguns com análises moleculares identificaram uma variação de teosinto (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) como o progenitor do milho (Doebley, 2004; Barros & Calado, 2014).

As plantas expressam genes de resistência (R) para reconhecer invasores e evitar a disseminação de agentes patogênicos. As plantas que não têm células imunológicas especializadas devem ser capazes de reconhecer de forma autônoma possíveis proteínas efetoras. Em resposta a proteínas efetoras liberadas por patógenos, as plantas necessitam manter um grande número de genes R que, direta ou indiretamente reconhecem os efetores e iniciam uma resposta efetiva de disparo de imunidade (ETI) (McDowell & Simon, 2008).

Os genes de resistência têm um importante papel para o reconhecimento de proteínas específicas, que são expressas por genes de avirulência (*Avr*) durante um possível ataque de micro-organismos ou pragas, e podem ser agrupados em cinco distintas classes funcionais, com base na presença de domínios específicos (Bent, 1996; Van Ooijen et al., 2007; Kim et al., 2012): a classe CNL compreende genes de resistência que codificam proteínas com pelo menos um domínio de filamento helicoidal, um nucleotídeo local de ligação e uma repetição rica em leucina (CC-NB-LRR); a classe TNL inclui aqueles com um receptor com um domínio do tipo Toll-interleucina, um sítio de ligação de nucleotídeos e uma repetição rica em leucina (TIR- NB-LRR); a classe RLP, sigla de proteína do tipo receptora, grupos estes, que contém um receptor com um domínio do tipo serina-treonina-quinase, e uma repetição extracelular rica em leucina (Ser/Tre - LRR); a classe RLK contém aqueles com um domínio de cinase, e uma repetição extracelular rica em leucina extracelular

(Kin-LRR); a classe “Outros” inclui todos os outros genes que têm sido descritos como conferindo resistência através de mecanismos moleculares diferentes, por exemplo MLO e ASC – 1. O grupo de genes R “Unknown” representa aqueles genes cuja função exata ou tipo ainda não foram estabelecidos (Sanseverino et al., 2012; Hammond-Kosack & Jones, 1997; Chisholm et al., 2006).

Devido à forte relação entre a função dos genes R e sua complexidade no genoma das plantas, uma comparação de conteúdos de genes R entre diferentes espécies de plantas, por meio de ferramentas da bioinformática, poderá fornecer informações úteis para aplicações práticas e importantes descobertas quanto à presença destes genes em diferentes espécies (Kim et al., 2012).

Levando este fato em consideração, esse trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a presença de genes de resistência comuns entre *Zea mays* subsp. *mays* em relação a *Zea mays* subsp. *Parviglumis*, *Teosinto* e *Sorghum bicolor*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho foram utilizadas as informações dos seguintes genomas: *Sorghum bicolor*, *Teosinto* e *Zea mays* subsp. *Pavirglumis*. Sendo que os genomas dessas plantas foram comparados com *Zea mays* subsp. *mays* na busca de genes de resistências comuns. As comparações realizadas foram feitas uma a uma, sendo que os genes de resistência encontrados em *Zea mays* subsp. *mays* foram pesquisados entre os genes de resistência encontrados em cada uma das espécies.

As sequências de dados biológicos no formato FASTA foram obtidas de diversas fontes, sendo os transcriptomas do *Sorghum bicolor* e *Zea mays* subsp. *mays*, obtidos do banco de dados Phytozome V11.0; sequências de *Zea mays* subsp. *pavirglumis*, obtidas do ENA (European Nucleotide Archive) e sequências de *Teosinto*, obtidos do GenBank, o banco de dados de nuceotídeos do NCBI (National Center for Biotechnology Information).

As sequências de dados biológicos das plantas foram alinhadas contra sequências FASTA do PRG-Wiki, um banco de dados de genes de resistência de plantas, utilizando o BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), uma ferramenta de alinhamento local de sequências. Para realizar o alinhamento entre as sequências similares foi utilizado o parâmetro de nota de corte para e-value de pelo menos  $1e-5$ , sendo o e-value a probabilidade de o alinhamento ter ocorrido ao acaso. O alinhamento resultou em um conjunto de informações tabuladas.

Em seguida, criou-se um banco de dados local, utilizando o MySQL, uma ferramenta de gerenciamento de banco de dados gratuita. Foi adicionada uma tabela com informações anotadas sobre os genes de resistência de plantas, obtida do PRG-Wiki para consecução de anotação dos dados alinhados.

Foram criadas novas tabelas no banco de dados com genes ortólogos entre *Zea mays* subsp. *mays* e as demais espécies utilizadas neste trabalho. Na sequência, informações provenientes da tabela Annotation (tabela que contém informações anotadas sobre os genes de resistência) foram adicionadas às tabelas de genes ortólogos.

## 2.1 Tratamentos e amostragens

A partir dos resultados obtidos entre os alinhamentos realizados de cada uma das plantas com as informações do BLAST de *Zea mays* subsp. *mays*, verificou-se a necessidade de filtrar as informações repetidas nos arquivos. Na **tabela 1** está o comparativo entre o número de sequências de entrada, o número de resultados obtidos demonstrando sequências de genes de resistência similares, bem como o resultado da comparação entre as demais espécies com *Zea mays* subsp. *mays*.

| Espécies e (Fonte da Informação)               | Nº de sequencias obtidas | Nº após BLAST vs Genes R | Nº sequencias sem repetição | Nº sequencias filtradas vs <i>Z. mays</i> subsp. <i>mays</i> |
|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
| <i>Z. mays</i> subsp. <i>mays</i> (Phytozome)  | 88760                    | 10951                    | 3032                        | -  |
| <i>S. bicolor</i> (Phytozome)                  | 47205                    | 10086                    | 2581                        | 930  |
| <i>Teosinto</i> (GenBank)                      | 21395                    | 1994                     | 64                          | 44   |
| <i>Z. mays</i> subsp. <i>pavirglumis</i> (ENA) | 23139                    | 3226                     | 145                         | 109  |
| TOTAL  | 180499                   | 26257                    | 5822                        | 1085   |

Tabela 1. Distribuição do número de sequências obtidas em relação às análises de bioinformática realizadas.

Por fim, foi possível observar o número final de resultados obtidos após a filtragem de sequências repetidas que foi realizada.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a busca pelas informações biológicas das espécies de milho e das outras espécies nos diferentes bancos de dados, não foi possível encontrar o transcriptoma completo de todas as plantas, informação especialmente importante para que as comparações fossem realizadas. Entretanto, foi possível utilizar os transcriptomas completos de *Sorghum bicolor* e *Zea mays* subsp. *mays*. Para as outras espécies utilizadas na comparação foram utilizadas todas as informações encontradas a partir do GenBank e do ENA.

Apesar destas limitações foram encontrados resultados significativos, apresentados na **tabela 1**. O número de informações disponíveis para cada uma das espécies analisadas é consideravelmente grande. Conforme as análises foram sendo executadas foi possível filtrar as informações para a conferência de quais e quantos genes de resistência estão similarmente compartilhados entre *Zea mays* subsp. *mays* e as outras espécies. A **tabela 2** apresenta os resultados encontrados quando a comparação entre *Zea mays* subsp. *mays* e as outras espécies foi realizada. Cada um dos genes de resistência similares foi dividido nas diferentes classificações. O número total de genes R (N) encontrados na comparação também foi obtido.

| Espécies comparadas com <i>Zea mays</i>  | TNL | CN | CNL | Mlo-like | N  | NL | RLK | RLK-GNK2 | RLP | T | Outros | Unknown | Total       |
|--|-----|----|-----|----------|----|----|-----|----------|-----|---|--------|---------|-------------|
| <i>S. bicolor</i>                        | 18  | 10 | 38  | 5        | 48 | 59 | 2   | 15       | 111 | 5 | 3      | 616     | 930         |
| <i>Teosinto</i>                          | 1   | -  | 2   | -        | 4  | 2  | 8   | -        | -   | - | -      | 27      | 44          |
| <i>Z. mays</i> subsp. <i>pavirglumis</i> | 3   | 1  | 10  | -        | 5  | 3  | 2   | 1        | 15  | - | 3      | 66      | 109         |
| Comum à todos                            | 0   | 0  | 0   | 0        | 0  | 0  | 0   | 0        | 0   | 0 | 0      | 2       | 2           |
| <b>TOTAL</b>                             |     |    |     |          |    |    |     |          |     |   |        |         | <b>1085</b> |

Tabela 2. Distribuição de classes de genes R encontradas nas espécies *S. bicolor*, *Zea mays* subsp. *parvirglumis* e *Teosinto* comparadas a *Zea mays* subsp. *mays*.

Foram encontrados 1085 genes de resistência compartilhados entre o transcriptoma de *Zea mays* subsp. *mays* e as sequências utilizadas das outras espécies estudadas (**tabela 1**). Os resultados de comparação mais expressivos foram os encontrados com *Sorghum bicolor*, que mostrou ter genes R de todas as classes compartilhados com *Zea mays* subsp. *mays*, num total de 930 genes. A comparação entre *Zea mays* subsp. *mays* e *Zea mays* subsp. *pavirglumis*, que é considerado o ancestral do milho atual, resultou em 109 genes R compartilhados, pertencentes à todas as classes, excluindo as do tipo Mlo-like e T. Para o *Teosinto* também foram encontrados a presença de 44 genes R ortólogos, podendo ser resultado de uma possível ancestralidade. A comparação realizada entre as quatro espécies demonstrou a presença de 2 genes R em comum, ortólogos, porém ambos de classe ainda desconhecida.

Para todas as plantas estudadas, foi observado o prevaletimento para presença dos genes R das classes CNL, N, NL e RLP entre as sequências das plantas comparadas com *Zea mays* subsp. *mays*. Ambas as classes TNL e CNL visam especificamente proteínas efetoras patogênicas no interior da célula hospedeira, o que inicia a resposta imune desencadeada (ETI) (Hammond-Kosack e Jones, 1997). Já as classes RLP e RLK são receptores padrões de reconhecimento do patógeno/micro-organismo que desencadeia a imunidade para permitir o reconhecimento de

uma ampla gama de agentes patogênicos, como vírus e bactérias (Chisholm et al., 2006). Enquanto que na classe “Outros” estão os genes responsáveis por facilitar a comunicação entre os meios intracelular e extracelular, embora não contenham domínios completos do tipo RLP, NBS ou RLK. Por isso o termo “Outros” ou oth-R foi proposto por Sanseverino et al. (2012), e é utilizado para classificar estes tipos peculiares de análogos de genes de resistência.

## 4 | CONCLUSÕES

Foi possível encontrar dois genes de resistência ortólogos a todas as plantas estudadas, porém estes genes ainda não possuem informações completas com relação à sua funcionalidade, além disso algumas das espécies estudadas continham poucas sequências, ou não continham o transcriptoma disponíveis nos bancos.

A ferramenta de anotação manual dos genes de resistência encontrados demonstrou capacidade de ampliar os resultados e possibilitou a observação de genes de resistência ortólogos a todas as plantas. Isso poderá servir como base para um possível entendimento e futuros estudos a respeito da funcionalidade destes genes compartilhados entre estas espécies.

## REFERÊNCIAS

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Universidade de Évora- Escola de Ciências e Tecnologia- Departamento de Fitotecnia, 2014.

BEAVIS, W. D.; GRANT, D. **A linkage map based on information from four F2 populations of maize (*Zea mays* L.)**. Theoretical and Applied Genetics, v. 82, n. 5, p. 636-644, 1991.

BENNETZEN, J. L. **Transposable element contributions to plant gene and genome evolution**. Plant molecular biology, v. 42, n. 1, p. 251-269, 2000.

BENT, A. F. **Plant disease resistance genes: function meets structure**. The Plant Cell, v. 8, n. 10, p. 1757, 1996.

CHISHOLM, S. T. et al. **Host-microbe interactions: shaping the evolution of the plant immune response**. Cell, v. 124, n. 4, p. 803-814, 2006.

COULTER, J. **Advance corn hybrid selection with new trial results**. Minnesota Crop News. University of Minnesota. Minnesota. 2014.

DOEBLEY, J. **The Genetics of Maize Evolution**. University of Wisconsin. Annual Reviews of Genetics, 38:37-59, 2004.

FEUILLET, C.; KELLER, B. **Comparative genomics in the grass family: molecular characterization of grass genome structure and evolution**. Annals of botany, v. 89, n. 1, p. 3-10, 2002.

GALE, M. D.; DEVOS, K. M. **Comparative genetics in the grasses**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 95, n. 5, p. 1971-1974, 1998.

HAMMOND-KOSACK, K. E.; JONES, J. D. G. **Plant disease resistance genes**. Annual review of plant biology, v. 48, n. 1, p. 575-607, 1997.

KELLER, B.; FEUILLET, C.. **Colinearity and gene density in grass genomes**. Trends in plant science, v. 5, n. 6, p. 246-251, 2000.

KIM, J. et al. **A genome-wide comparison of NB-LRR type of resistance gene analogs (RGA) in the plant kingdom**. Molecules and cells, v. 33, n. 4, p. 385-392, 2012.

MCDOWELL, J. M.; SIMON, S. A. **Molecular diversity at the plant–pathogen interface**. Developmental & Comparative Immunology, v. 32, n. 7, p. 736-744, 2008.

MICHAELSON, M. J. et al. **Comparison of plant DNA contents determined by Feulgen microspectrophotometry and laser flow cytometry**. American journal of botany, p. 183-188, 1991.

OLIVEIRA, E. C. **Marcadores ISSR na formação de grupos heteróticos e na inferência evolutiva de milho pipoca**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro – RJ. 2010.

PURCINO, A.A; **Sorgo sacarino na Embrapa: Histórico, importância e usos**. AGROENERGIA Ano II, Edição nº, p 6-7, 2011.

SAEYS, Y.; INZA, I.; LARRAÑAGA, P. **A review of feature selection techniques in bioinformatics**. Bioinformatics, v. 23, n. 19, p. 2507-2517, 2007.

SANSEVERINO, W.; ERCOLANO, M. R.. **In silico approach to predict candidate R proteins and to define their domain architecture**. BMC research notes, v. 5, n. 1, p. 1, 2012.

SPRINGER, P. S.; ZIMMER, E. A.; BENNETZEN, J. L. **Genomic organization of the ribosomal DNA of sorghum and its close relatives**. Theoretical and applied genetics, v. 77, n. 6, p. 844-850, 1989.

VAN OOIJEN, G., VAN DEN BURG, H. A., CORNELISSEN, B. J., TAKKEN, F.L. **Structure and function of resistance proteins in solanaceous plants**. Annual Review of Phytopathology., 45, 43–72. 2007.

## AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE DUAS VARIEDADES DE MILHOCRIOULO SOB DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

### **Daelcio Vieira Spadotto**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Francieli da Silva Santos**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Maurício Maraschin Neumann**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Natan Crestani**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Jefferson Gonçalves Acunha**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Wellington Rogério Zanini**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

**RESUMO:** As populações de milho crioulo são importantes, tanto para o melhoramento genético, quanto para os pequenos agricultores. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar as melhores populações para duas cultivares de milho crioulo. O experimento foi conduzido na safra 2014/15, no município de Lagoa Vermelha, RS, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial “2x4”. O primeiro fator foram as variedades (“Oito Carreiras” e “Cateto”), e o segundo fator

foram densidades populacionais (50, 60, 70 e 80 mil plantas ha<sup>1</sup>). As variáveis analisadas foram altura de inserção da espiga, altura de plantas, relação entre inserção e altura de plantas, e o rendimento de grãos. O milho “Oito Carreiras” apresentou maior altura de planta e inserção de espiga nas populações de 60 e 80 mil plantas, em relação aos demais, a relação entre inserção de espiga e altura de plantas não variou significativamente entre os fatores. Para o rendimento de grãos, as maiores produtividades da variedade “Oito Carreiras” foram obtidas em 80 mil plantas, seguida por 60, 70 e 50 mil plantas ha<sup>1</sup>, respectivamente, já para a variedade de milho crioulo, o “Cateto” conseguiu-se a máxima produtividade nas populações de 60 mil plantas, seguidas de 50, 70 e 80 mil plantas ha<sup>1</sup>. Concluiu-se então, que o milho “Oito Carreiras” apresenta melhores características em populações elevadas, e a variedade “Cateto” obteve melhor produtividade em populações menores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Zeamays, população de plantas, milho crioulo.

EVALUATION OF AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF TWONATIVE MAIZE VARIETIES UNDER DIFFERENT

**ABSTRACT:** Native maize populations are important both for genetic improvement and for small farmers. Thus, the objective of the work was to determine the best populations for two cultivars of native corn. The experiment was conducted in the 2014/15 harvest, in the municipality of Lagoa Vermelha, RS, a randomized complete block design was used in a “2x4” factorial scheme. The first factor was the varieties (“Eight Careers” and “Cateto”), and the second factor were population densities (50, 60, 70 and 80 thousand ha<sup>-1</sup> plants). The variables analyzed were height of spike insertion, height of plants, relationship between plant insertion and height, and grain yield. The “Eight Careers” corn showed higher plant height than spike insertion in populations of 60 and 80 thousand plants, in relation to the others, the relation between spike insertion and plant height did not vary significantly between the factors. For grain yield, the highest yields of the “Eight Careers” variety were obtained in 80,000 plants, followed by 60, 70 and 50 thousand ha<sup>-1</sup> plants, respectively, for the native corn variety, “Cateto” the maximum productivity in the 60,000 plants, followed by 50, 70 and 80 thousand plants ha<sup>-1</sup>. It was concluded that the “Oito Carreiras” maize had better characteristics in high populations, and the “Cateto” variety obtained better productivity in smaller populations.

**KEY WORDS:** *Zea mays*, plant population, native corn.

### 1 | INTRODUÇÃO

As populações de milho crioulo, que também são conhecidas como landraces ou raças locais, são importantes para o melhoramento genético, como fonte de variabilidade genética, resistência a estresses bióticos e abióticos, adaptabilidade aos diferentes ambientes (Parterniani et al., 2000; Araújo & Nass, 2002), e também para os pequenos agricultores, devido ao seu baixo investimento, rusticidade e ainda, a possibilidade de o próprio agricultor melhorar sua população, por seleção (Abreu et al., 2007).

Há uma grande necessidade de se identificar a melhor densidade para as plantas de milho (Merotto et al., 1997), já que uma vez identificada, ocorrerá a condição ideal de interceptação e utilização de radiação solar (Sangoi, 2001) dependendo do material de milho utilizado. A redução de competição inter e intraespecífica por nutrientes e luz, pode ser obtida por um melhor arranjo espacial das plantas, pois ocorre um aumento do índice de área foliar (IAF) desde os estádios iniciais (Johnson et al., 1998).

Os aumentos de densidade de híbridos de milho proporcionam um maior rendimento de grãos, devido ao um adensamento de espigas por área, este que é um componente do rendimento do milho (Merotto et al., 1997).

Para cada variedade ou híbrido de milho há uma população ideal, onde ocorrerá o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, podendo assim, a planta expressar sua melhor produtividade no ambiente. Os milhos de ciclo mais curto, geralmente

tem maior rendimentos de grãos com populações elevadas e espaçamento reduzido (Sangoi, 2001).

Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar as diferentes características agronômicas de duas variedades de polinização aberta de milho, sob diferentes densidades populacionais.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Lagoa Vermelha, no Rio Grande do Sul, em um Latossolo Vermelho distrófico húmico (Streck et al., 2008), e com um clima, segundo Koppen, classificado como Cfb, caracterizado como clima temperado úmido com chuvas uniformemente distribuídas e verões amenos (Moreno, 1961).

O experimento foi semeado manualmente no dia 26/10/2014. Não foi utilizado nenhum tipo de fertilizante na base nem em cobertura. Os resultados da análise química do solo da camada 0-20 cm foram: pH em água: 4,9; teor de argila: 47%; Matéria orgânica (M.O): 3,4 %; Potássio (K): 171 mg dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P): 3,5 mg dm<sup>-3</sup>; Cálcio (Ca): 7,85 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Magnésio (Mg): 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Alumínio (Al): 0,85 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>pH7,0</sub>: 23,35; Saturação por bases (V): 47,48 %.

Foram utilizadas duas variedades de milho crioulo (*Zeamays* L.), coletadas de agricultores da região, que vem sendo selecionadas a anos por estes, visando sempre aumentar a produtividade, sendo designadas por "Oito Carreiras", que apresenta colocação de grão branco, arquitetura foliar ereta, porte alto e ciclo precoce, e "Cateto", uma variedade de ciclo longo, porte alto, coloração laranja-forte e arquitetura foliar aberta, variedade que foi muito utilizada em programas locais de milho híbrido, devido a sua grande heterose em cruzamento com outras variedades (Paterniani & Goodman, 1977 apud Sawazaki & Furlani, 1987), e também a sua tolerância ao calor e alumínio (Sawazaki & Furlani, 1987).

Para controle de plantas daninhas, tanto em pré como pós-emergência, realizou-se capinas. Não foram aplicados produtos para controle de insetos, nem doenças.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial "2x4", com quatro blocos. Onde o primeiro fator foram as variedades (Oito Carreiras e Cateto), já o segundo fator foram os diferentes estandes de plantas (50, 60, 70 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>). Para se alcançar o estande necessário foram semeadas mais plantas por parcela, e posteriormente foi feito o desbaste, para se alcançar a população desejada nas parcelas. Cada parcela experimental teve área total de 12 m<sup>2</sup>, mas com área útil de 4,5 m<sup>2</sup>.

As variáveis avaliadas foram altura de plantas e inserção de espiga foram avaliadas no estágio V12, já a variável de rendimento de grãos por hectare foi avaliada somente após a colheita das parcelas, e posterior classificação e correção a 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo

programa Assisat<sup>®</sup>, onde as médias foram comparadas pelo teste F, e se detectada diferença, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para variável altura da inserção da espiga, estão dispostos na **tabela 1**. Onde é perceptível a ocorrência de diferenças tanto para o fator de população, como para o fator de variedades. É importante destacar que o milho “Oito Carreiras” obteve uma maior altura da inserção da espiga quando submetido a população de 60 e 80 mil plantas, e o milho “Cateto” não apresentou diferença da altura de inserção da espiga nas diferentes densidades. Quando a população foi de 60 e 80 mil plantas, o milho “Oito Carreiras” se sobressaiu em relação ao “Cateto”.

Na **tabela 2**, estão descritos os dados de altura de plantas das duas variedades pesquisadas. Há uma diferença na variedade “Oito Carreiras”, onde obteve-se maior altura nas populações de 60 e 80 mil plantas. Já para a variedade “Cateto” não se observou diferença de altura nas diversas populações. A variedade “Oito Carreiras” foi mais alta nas populações de 60 e 80 mil plantas em relação ao “Cateto”, que foi mais alto na população de 50 mil plantas.

Observando a **tabela 3**, onde estão os valores da relação entre inserção da espiga e altura de plantas, pode-se perceber que não há uma diferença significativa entre seus valores.

| Variedade   | População (mil plantas ha <sup>-1</sup> ) <sup>1 2</sup> |         |         |         |
|-------------|--|---------|---------|---------|
|             | 50   | 60      | 70      | 80      |
| 8 Carreiras | 1,40 aB  | 1,91 aA | 1,53 aB | 1,73 aA |
| Cateto      | 1,67 aA  | 1,59 bA | 1,52 aA | 1,35 bA |

Tabela 1 – Valores de inserção de espiga (IE), em metros, para as duas variedades, em relação, as diferentes populações, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não se diferenciaram na linha, e para letras minúsculas, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Avaliação realizada em V12. CVexp. = 11,34%.

| Variedade   | População (mil plantas ha <sup>-1</sup> ) <sup>1 2</sup> |         |         |         |
|-------------|--|---------|---------|---------|
|             | 50   | 60      | 70      | 80      |
| 8 Carreiras | 2,25 bB  | 2,87 aA | 2,33 aB | 2,89 aA |
| Cateto      | 2,72 aA  | 2,59 bA | 2,39 aB | 2,31 bB |

Tabela 2 – Valores de altura de plantas (AP), em metros, para as duas variedades, em relação, as diferentes populações, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não se diferenciaram na linha, e para letras minúsculas, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Avaliação realizada em V12. CVexp. = 6,18%.

| Variedade   | Relação IE/AP         |
|-------------|-----------------------|
| 8 Carreiras | 0,64 n.s <sup>1</sup> |
| Cateto      | 0,61                  |

Tabela 3 – Valores da relação entre inserção da espiga e altura de plantas (IE/AP), em metros, para as duas variedades, em relação, as diferentes populações, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Não ocorreu diferença significativa pelo teste F. CVexp. = 9,84%.

Denota-se nas **tabelas 1, 2 e 3** que os dados coincidem com o estudo de Argenta et al. (2001), onde as maiores densidades estimulam o crescimento apical da cultura do milho, e em consequência a altura de inserção da espiga (Argenta et al., 2001). Neto et al. (2003), ao aumentar a população de três híbridos testados, acarretou uma maior altura das plantas. Estes resultados condizem com os obtidos para a variedade “Oito Carreiras”, mas para o milho “Cateto”, não foram encontrados resultados parecidos na literatura. A relação entre as variáveis inserção da espiga e altura de plantas foram parecidas com as encontradas por Souza et al. (2008).

A **tabela 4** demonstra os valores de rendimento de grãos. A variedade “Oito Carreiras” obteve maior produtividade com 80 mil plantas, seguida por 60, depois 70, e sua menor produtividade na população de 50 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A maior produtividade do milho “Cateto” deu-se na população de 60 mil plantas, seguidas por 50, 70 e 80 mil plantas. Em um ambiente com 50, 60 e 70 mil plantas o “Cateto” obteve maior rendimento, diferente para a população de 80 mil plantas, onde o milho “Oito Carreiras” teve maior produtividade.

| Variedade   | População (mil plantas ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> |         |         |         |
|-------------|--|---------|---------|---------|
|             | 50   | 60      | 70      | 80      |
| 8 Carreiras | 2201 bD  | 4187 bB | 2516 bC | 5945 aA |
| Cateto      | 6247 aB  | 6690 aA | 5730 aC | 2624 bD |

Tabela 4 – Valores de rendimento, em kg ha<sup>-1</sup>, para as duas variedades, em relação, as diferentes populações, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não se diferenciaram na linha, e para letras minúsculas, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CVexp. = 1,3 %.

Embora não quantificado, observou-se no decorrer do experimento, que o milho “Oito Carreiras” completou seu ciclo mais rápido que o “Cateto”, além de ter maior susceptibilidade a diversas doenças. Este menor ciclo explica o motivo de o milho “Oito Carreiras” se sobressair em produtividade em maiores populações, já que como explicam Sangoi (2001) e Silva (1992) apud Argenta (2001), os híbridos ou variedades de ciclo mais curtos, necessitam de maiores densidades de plantas para atingir seu potencial de rendimento.

Para certas variedades, como o que ocorreu com a variedade “Cateto”, observa-se um decréscimo da produtividade com o aumento da população, já que segundo Demétrio et al. (2008), para alguns híbridos e variedades de milho, o aumento excessivo da densidade populacional pode ser problemático, reduzindo a atividade

fotossintética e a eficiência de conversão de fotoassimilados para o enchimento do grão, o que acarretará em uma redução do rendimento de grãos (Marchão et al., 2006 apud Demétrio et al., 2008).

## 4 | CONCLUSÕES

A variedade “Oito Carreiras” obteve melhores condições de rendimento nas maiores populações estudadas.

O milho “Cateto” conseguiu se sair melhor em baixas populações.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L.; CANSI, E.; JURIATTI, C. Avaliação do rendimento sócio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1230-1233, 2007.

ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L. **Caracterização e Avaliações de população de milho crioulo**. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 589-593, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. **Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

DEMÉTRIO, C. S.; FILHO, D. F.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. **Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

JOHNSON, G. A.; HOVERSTAD, T. R.; GREENWALD, R. E. **Integratedweed management usingnarrowcornrowspacing, herbicides, andcultivation**. *AgronomyJournal*, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.

MEROTTO, A. J.; ALMEIDA, M. L.; FUCHS, O. **Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas**. *AgronomyJournal*, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.

NETO, D. D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. **Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade do milho**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

PARTERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C. W.; DUARTE, W. (Ed.) **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 11-41.

SANGOI, L. **Understandingplantdensityeffectsonmaizegrowthanddevelopment: animportantissueto maximize grainyield**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SAWAZAKI, E.; FURLANI, P. R. **Genética da tolerância ao alumínio em milho cateto**. *Bragantia*, Campinas, v. 46, n. 2, p. 269-278, 1987.

SOUZA, A. R. R.; MIRANDA, G. V.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, L. V.; FERREIRA, P. L. **Agronomic performance ofwhitemaizelandrace in differentenvironmentalconditions**. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 497-503, 2008.

## AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE DUAS VARIEDADES DE MILHO CRIOULO SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE *Azospirillum Brasilense*

### **Daelcio Vieira Spadotto**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Francieli da Silva Santos**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Maurício Maraschin Neumann**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Natan Crestani**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Jefferson Gonçalves Acunha**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

### **Wellington Rogério Zanini**

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão, Sertão-RS.

**RESUMO:** O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais importante do mundo a qual demanda grande quantidade de nitrogênio, este pode ser obtido por meio da inoculação de semente com a bactéria *Azospirillum brasilense*. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de características agronômicas de duas variedades de milho, submetidas a diferentes doses de *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido no município de Lagoa Vermelha, RS, sem a utilização de

adubação mineral. O delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo o primeiro fator as cultivares sendo estas, “Oito Carreiras” e “Cateto” e o segundo fator as diferentes doses de *Azospirillum brasilense* (0; 2; 4 e 8 g kg<sup>-1</sup> de semente). Os parâmetros avaliados foram: inserção de espiga, altura de planta, teor de clorofila e rendimento de grãos ha<sup>-1</sup>. O produto *Azospirillum brasilense* não demonstrou influência na variável inserção de espiga, altura de planta e teor de clorofila em nenhuma das variedades isoladas. Houve influência das diferentes dosagens em ambas as variedades. A variedade «Cateto» é mais responsiva no quesito rendimento de grãos, quando usado o produto *Azospirillum brasilense*. A dosagem que mais proporcionou incremento o rendimento de grãos na cultivar “Cateto” foi de quatro g Kg<sup>-1</sup> (5162 kg ha<sup>-1</sup>), e para o “Oito Carreira” oito g kg<sup>-1</sup> de semente (3398 kg ha<sup>-1</sup>).

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, inoculação de plantas, sementes crioulas.

EVALUATION OF AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF TWO VARIETIES OF NATIVE CORN SUBMITTED TO DIFFERENT DOSES OF *Azospirillum Brasilense*

**ABSTRACT:** Maize (*Zea mays* L.) is one of the

most important cereals in the world, which requires a large amount of nitrogen, which can be obtained by inoculating seeds with the bacterium *Azospirillum brasilense*. Thus, the objective since the work was to evaluate the behavior of agronomic characteristics of two varieties of corn, submitted to different doses of *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted in the municipality of Lagoa Vermelha, RS, without the use of mineral fertilization. A randomized complete block design in a 2x4 factorial scheme, the first factor being the “Eight Careers” and “Cateto” cultivars and the second factor the different doses of *Azospirillum brasilense* (0, 2, 4 and 8 g kg<sup>-1</sup> of seed). The evaluated parameters were: spike insertion, plant height, chlorophyll content and grain yield ha<sup>-1</sup>. The product *Azospirillum brasilense* showed no influence on the variable ear insertion, plant height and chlorophyll content in any of the isolated varieties. There was influence of the different dosages in both varieties. The “Cateto” variety is more responsive in grain yield, when using the product *Azospirillum brasilense*. The highest yield of grain yield in the cultivar “Cateto” was four g kg<sup>-1</sup> (5162 kg ha<sup>-1</sup>) and for the cultivar “Oito Carreira” was eight g kg<sup>-1</sup> seed (3398 kg ha<sup>-1</sup>).

**KEYWORDS:** *Zea mays*, plant inoculation, native seeds.

## 1 | INTRODUÇÃO

As variedades de polinização aberta (VPA) são importantes por razões técnicas, ambientais e sociais. Apesar de produzir menos que os híbridos comerciais, as VPAs são importantes para o melhoramento genético como fonte de variabilidade genética, e como fonte de renda para pequenos agricultores (Souza, 2008).

O nitrogênio é, entre os nutrientes que são absorvidos do solo, o que a maioria das plantas necessita em maior quantidade, já que este é constituinte de proteínas, aminoácidos, pigmentos, ácidos nucléicos, hormônios, coenzimas, vitaminas e alcaloides (Floss, 2011). Esse elemento, geralmente, é o mais caro nos sistemas de produção (Cantarella & Marcelino, 2008), assim, uma alternativa para a adubação química, seria de grande valia, como as bactérias fixadoras de nitrogênio (Hungria, 2011).

O gênero *Azospirillum* abrange um grande grupo de bactérias de promotoras de crescimento de plantas (BPCP) (Hungria, 2011). Essas bactérias são rizobactérias de vida livre fixadoras de N<sub>2</sub>, que são de estrita associação com as raízes das plantas. Elas conseguem exercer efeitos benéficos na produção e crescimento de várias culturas, nos mais diferentes solos e ambientes (Okon & Vanderleyden, 1997).

A principal espécie de bactéria fixadora de nitrogênio pesquisada no Brasil, desde os anos 1970, é a *Azospirillum brasilense*, tentando se delinear uma interação entre a bactéria e diversas plantas de interesse agrônomo (Hungria, 2011).

Um dos fatores chave para a inoculação é a seleção das estirpes certas para a espécie vegetal a ser inoculada (Hungria, 2011), ou ainda para diferentes cultivares da mesma espécie (Wani et al., 1985).

A determinação do teor de nitrogênio na folha da planta pode ser realizada

mais rapidamente com o auxílio de um medidor portátil, em alternativa aos métodos tradicionais, que requerem destruição de amostras e maior trabalho na extração e quantificação (Dwyer et al., 1991).

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de características agronômicas de duas variedades de milho, submetidas as diferentes doses de *Azospirillum brasilense*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Lagoa Vermelha, no Rio Grande do Sul, em um Latossolo Vermelho distrófico húmico (Streck et al., 2008), e com um clima, segundo Koppen, classificado como Cfb, caracterizado como clima temperado úmido com chuvas uniformemente distribuídas e verões amenos (Moreno, 1961).

O experimento foi semeado manualmente no dia 26/10/2014, com um espaçamento de 0,5m. Não foi utilizado nenhum tipo de fertilizante na base nem em cobertura. Os resultados da análise química do solo da camada 0-20 cm foram: pH em água: 4,7; teor de argila: 60%; Matéria orgânica (M.O): 3,3 %; Potássio (K): 122 mg dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P): 1,8 mg dm<sup>-3</sup>; Cálcio (Ca): 5,76 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Magnésio (Mg): 3,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Alumínio (Al): 2,25 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>pH7,0</sub>: 22, 97; Saturação por bases (V): 40,15%.

Foram utilizadas duas variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.), coletadas de agricultores da região, que vem sendo selecionadas a anos por estes, visando sempre aumentar a produtividade, sendo designadas por "Oito Carreiras", que apresenta colocação de grão branco, arquitetura foliar ereta, porte alto e ciclo precoce, e "Cateto", uma variedade de ciclo longo, porte alto, coloração laranja-forte e arquitetura foliar aberta, variedade que foi muito utilizada em programas locais de milho híbrido, devido a sua grande heterose em cruzamento com outras variedades (Paterniani & Goodman, 1977 apud Sawazaki & Furlani, 1987), e também a sua tolerância ao calor e alumínio (Sawazaki & Furlani, 1987).

Para controle de plantas daninhas, tanto em pré como pós-emergência, realizou-se capinas. Não foram aplicados produtos para controle de insetos, nem doenças. O produto foi a base de *Azospirillum brasilense*, contendo as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 na concentração de 2 x 10<sup>8</sup> Unidades Formadoras de Colônia g<sup>-1</sup>. O composto foi aplicado no momento do semeio, diretamente nasemente.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial "2x4", com quatro blocos. Onde o primeiro fator foram as variedades (Oito Carreiras e Cateto), já o segundo fator foram as doses do produto a base de *Azospirillum brasilense* (0, 2, 4 e 8 g kg<sup>-1</sup> de semente), sendo que a indicação do produto é a dose de 4 g do produto diluído em solução açucarada por kg de semente. As parcelas utilizadas tiveram área de 12 m<sup>2</sup>, mas a área útil foi de 4,5m<sup>2</sup>.

Dentre as variáveis avaliadas encontram-se: a altura de plantas, a altura da inserção da espiga, o teor de clorofila e o rendimento de grãos por hectare. Com exceção do rendimento de grãos, as demais variáveis foram avaliadas em 4 plantas por parcela, no estádio V12.

O método utilizado para avaliação do teor de clorofila foi o descrito no Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Rolas, 2004). Para a leitura do teor de clorofila utilizou-se o Medidor Portátil de Clorofila (MPC) Falker® Clorofilog®, o qual possui uma escala de medição de zero a 100 Índice de Clorofila Falker (ICF), resolução de medição de 0,1 ICF e três faixas de frequência de medição (Falker, 2007).

Posteriormente à colheita, foi feita a classificação das amostras para retirar as impurezas, e também a quantificação da umidade, para posterior correção a 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo programa Assistat®, onde as médias foram comparadas pelo teste F, e se detectada diferença, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

| Variedade   | Doses de <i>Azospirillum</i> (g kg <sup>-1</sup> de semente) <sup>1</sup> |         |         |         |
|-------------|---|---------|---------|---------|
|             | 0   | 2       | 4       | 8       |
| 8 Carreiras | 1613 aD   | 3109 bB | 2487 bC | 3398 bA |
| Cateto      | 1739 aC   | 3873 aB | 5162 aA | 3957 aB |

Tabela 1 – Valores de rendimento de grãos, em kg ha<sup>-1</sup>, para as duas variedades, em relação, as diferentes doses de *Azospirillum brasilense*, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, não se diferenciaram na linha, e para letras minúsculas, na coluna, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV<sub>exp.</sub> = 5,35 %.

Como pode-se observar na **tabela 01** houve interação dos fatores analisados. Na variedade “8 Carreiras” a melhor dosagem do produto foi de oito g kg<sup>-1</sup> de semente (3398 kg ha<sup>-1</sup>) seguida de dois g kg<sup>-1</sup> de semente (3109 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro g kg<sup>-1</sup> de semente (2487 kg ha<sup>-1</sup>). Estes resultados mostram a importância de se usar o produto, pois independente da dosagem obteve-se incremento no rendimento de grãos em relação a dosagem zero.

Para a variedade “Cateto”, também se denota diferença com incremento no rendimento. A melhor dosagem foi de quatro g kg<sup>-1</sup> de semente (5162 kg ha<sup>-1</sup>) seguida de oito (3957 kg ha<sup>-1</sup>) e dois g kg<sup>-1</sup> de semente (3873 kg ha<sup>-1</sup>), em que nestes dois últimos valores tanto faz usar um quanto outro, segundo análise estatística.

Existem poucos estudos com diferentes dosagens de *Azospirillum brasilense*

sem uso de fertilizantes, principalmente nitrogenado. Uma vez que os estudos existentes são visando a redução do fertilizante nitrogenado (Peres et al., 2013; Basi et al., 2013). Porém como o presente estudo é em variedades de milho crioulo e sem uso de fertilizantes justifica, testar as dosagens.

Quando analisado os dois fatores em estudo (variedades X dosagens), para o fator rendimento de grãos em kg ha<sup>-1</sup> na **tabela 01**, denota-se que para dosagem zero não houve diferença estatística, o que nos diz que tanto faz usar uma variedade quando outra. Já nas demais dosagens a variedade “Cateto” sobressaiu-se a variedade “8 Carreiras”, assim variedade cateto se mostrou mais eficiente quando submetida as diferentes dosagens do produto.

Isto comprova a importância de empregar estudos interativos, que vão além de encontrar a melhor variedade para o ambiente, condizendo com estudos de Souza et al. (2004), mas de encontrar uma relação positiva entre a variedade mais responsiva a determinada tecnologia, que neste caso é o *Azospirillum brasilense*.

| Variedade   | Inserção da Espiga (m) <sup>1 2</sup> |
|-------------|---------------------------------------|
| 8 Carreiras | 1,82 a                                |
| Cateto      | 1,59 b                                |

Tabela 2 – Valores médios de inserção de espigas para as duas variedades de milho, no município de Lagoa Vermelha – RS, 2015. duas variedades de milho, no município de

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, não se diferenciaram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Plantas avaliadas no estádio V12. CVexp. =7,44.

O produto *Azospirillum brasilense* não demonstrou influência na variável inserção de espiga e altura de planta, em nenhuma das variedades isoladas, como demonstra a **tabela 2 e 3**. Este resultado também foi encontrado por (Müller et al., 2012).

Porém houve diferença entre as variedades, por possuírem diferenças genéticas como cita (Costa, 2010).

| Variedade   | Altura da Planta (m) <sup>1 2</sup> |
|-------------|-------------------------------------|
| 8 Carreiras | 2,86 a                              |
| Cateto      | 2,63 b                              |

Tabela 3 – Valores médios de altura de plantas paradas variedades de milho, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, não se diferenciaram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Plantas avaliadas no estádio V12. CVexp. =7,44.

Na **tabela 4** encontram-se valores médios de clorofila, onde não houve significância, nem para as variedades isoladas, e nem para as diferentes doses do produto condizendo com estudos de Müller et al. (2012) e Basi et al.(2013).

| Variedade  | Índice de clorofila Falker <sup>1</sup> |
|------------|---|
| 8Carreiras | 51,53 n.s <sup>2</sup>                  |
| Cateto     | 53,01                                   |

Tabela 4 – Valores médios de clorofila para duas variedades de milho, no município de Lagoa Vermelha, RS, 2015.

<sup>1</sup> Plantas avaliadas no estágio V12. <sup>2</sup> Não ocorreu diferença significativa pelo teste F. CVexp. = 7,08.

## 4 | CONCLUSÕES

O uso da bactéria *Azospirillum brasilense* proporcionou aumento do rendimento de grãos nas duas variedades em estudo. Porém não alterou as variáveis altura de plantas, inserção de espiga e teor de clorofila.

A variedade cateto é mais responsiva no quesito rendimento de grãos, quando usado o produto *Azospirillum brasilense*.

As diferentes dosagens do produto *Azospirillum brasilense*, mostraram ter diferentes comportamentos nas duas variedades no variável rendimento de grãos por hectare. Para “Oito Carreira” oito g kg<sup>-1</sup> de semente (3398 kg ha<sup>-1</sup>) e para “Cateto” quatro g kg<sup>-1</sup> de semente (5162 kg ha<sup>-1</sup>)

## REFERÊNCIAS

ASSISTAT. **Assistência Estatística**: versão 7.7 beta. Paraíba: Campina Grande, 2016.

BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. **Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho**. Informações Agrônomicas, Piracicaba, n. 122, v. 1, p. 12-14,2008.

COSTA, E. F. N.; SOUZA, J. C.; LIMA, J. L.; CARDOSO, G. A. **Interação genótipos x ambientes em diferentes tipos de híbridos de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1433-1440, 2010.

DWYER, L. M.; TOLLENAAR, M.; HOUWING, L. **A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn**. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v. 71, n. 1, p. 505-509, 1991.

FALKER. Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila – Clorofilog CFL 1030, **Manual de Instruções**, 32 p., 2007.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: Editora UPF, 2011. 734 p.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 40p.

- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 35 p.
- MÜLLER, T. M.; BAZZANEZI, A. N.; VIDAL, V.; TUROK, J. D. N.; RODRIGUES, J. D.; SANDINI, I. E. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* no Tratamento de Sementes e Sulco de Semeadura na Cultura do Milho**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo, 2012. Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012.
- OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. **Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants**. ASM News, Washington, v. 26, n. 7, p. 364-370, 1997.
- PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F.; PORTUGAL, J. R.; ARF, FRANCO, A. A. **Doses de inoculante contendo *Azospirillum brasilense* via foliar e doses de nitrogênio em cobertura em milho safrinha**. In: XII Seminário Nacional de Milho Safrinha. 2013. Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa UF/GD, 2013. p.1-6.
- ROLAS – Rede Oficial de Análise de Solo e Tecido Vegetal. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.
- SOUZA, A. R. R.; MIRANDA, G. V.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, L. V.; FERREIRA, P. L. **Agronomic performance of white maize landrace in different environmental conditions**. Revista Ceres, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 497-503, 2008.
- SOUZA, E. M. DE.; CARVALHO, H. W. L. DE.; LEAL, M. L. S.; SANTOS, M. X. DOS.; SANTOS, D. M. DOS.; CAVALCANTE, M. H. B. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes ambientes dos estados de Sergipe e Alagoas**. Archivos de Agrotrópica, Itabuna, p. 23-30.2004.
- STRECK, E. V.; KAMPF, N.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON.; PINTO, L. F. S.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.
- SAWAZAKI, E.; FURLANI, P. R. **Genética da tolerância ao alumínio em milho cateto**. Bragantia, Campinas, v. 46, n. 2, p. 269-278, 1987.
- WANI, S. P.; CHANDRAPALAIH, S.; DART, P. J. **Responses to pearl millet cultivars to inoculation with nitrogen-fixing bacteria**. Experimental Agriculture, Cambridge, v. 21, n. 2, p. 175-182, 1985.

## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CULTIVARES DE SORGO IRRIGADOS E SUBMETIDOS A QUATRO CICLOS SUCESSIVOS, NO SEMIÁRIDO ALAGOANO

### **Josimar Bento Simplício**

Professor Associado 2; Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada; Serra Talhada – PE.

### **José Nildo Tabosa**

Pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco; Recife, PE;

### **Alexandre Hugo Cesar Barros**

Pesquisador da Embrapa Solos, Recife-PE;

### **Fernando Gomes da Silva**

Pesquisador da Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Pesca - SEAGRI. Maceió – AL;

### **Francisco José Filho**

Gerente do Centro Xingó de Convivência com o Semiárido, Piranhas – AL.

### **Joel José de Andrade**

Mestrando da UFC, Fortaleza - CE.

**RESUMO:** Por apresentar características peculiares de adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, o sorgo tem se mostrado uma das culturas mais versáteis dentro da família *Poaceae* e, a proposta de se trabalhar com essa cultura fundamenta-se nas seguintes características: possui sistema radicular agressivo (explorando camadas profundas do solo); cutina (camada serosa protetora do colmo e da superfície foliar, resultando em menor perda de água por transpiração frente às adversidades ambientais);

entre outras, resultando em maior desempenho dos seus componentes morfológicos (massa verde e massa seca). O objetivo dessa proposta foi de avaliar dez materiais de sorgo com características forrageiras distintas sob irrigação, no semiárido alagoano, durante quatro cortes sucessivos, caracterizando a sazonalidade do ano de 2015. O experimento foi conduzido no Centro Xingó de Convivência com o Semiárido, localizado no município de Piranhas, AL. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições. Cada parcela foi formada por três fileiras de seis metros de comprimento, espaçadas por 0,80 m. A densidade de plantio utilizada foi de 12 plantas.m<sup>-1</sup>. As variedades mais produtivas em quatro colheitas chegaram a produzir entre 150 e 211 tha<sup>-1</sup> de massa verde e até 69,3 tha<sup>-1</sup> de massa seca. As variedades de ciclo tardio apresentaram elevado vigor de rebrota podendo ser submetidas a colheitas sucessivas. A IPA-2502 de dupla finalidade, de ciclo curto apresentou produtividades menores quando comparadas às de ciclo mais tardio. A IPA-1011 mostrou comportamento diferenciado ao longo dos quatro ciclos de cultivo superando a IPA-2502. A menor produtividade das variedades de ciclo curto pode ser compensada pelo maior número de colheitas sucessivas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sorghum bicolor; colheitas sucessivas, rebrota; produção de

biomassa.

## EVALUATION OF DIFFERENT CULTIVARS OF IRRIGATED SORGHUM SUBMITTED TO FOUR SUCESSIVE CYCLES IN THE ALAGOAN SEMIARID.

**ABSTRACT:** Due to its peculiar characteristics of adaptability to different edaphoclimatic conditions, sorghum has been shown to be one of the most versatile crops in the Poaceae family. The proposal to work with this culture is based on the following characteristics: it has an aggressive root system (exploring deep soil layers); cutin (protective serous layer of the stem and leaf surface, resulting in less water loss through perspiration in the face of environmental adversity); among others, resulting in higher performance of its morphological components (green mass and dry mass). The objective of this proposal was to evaluate ten sorghum materials with different forage characteristics under irrigation, in the Alagoas semiarid, during four successive harvesting, characterizing the seasonality of 2015. The experiment was carried out in Xingó Coexistence Center with the Semiarid, located at municipality of Piranhas. The experimental design used was randomized blocks with three replications. Each plot consisted of three rows of six meters long, spaced 0.80 m apart. The planting density used was 12 plants.m<sup>-1</sup>. The most productive varieties in four harvests produced between 150 and 211 tha<sup>-1</sup> green mass and up to 69.3 tha<sup>-1</sup> dry mass. Late-cycle varieties presented high regrowth vigor and could be submitted to successive harvests. The short-cycle dual-purpose IPA-2502 had lower yields when compared to later cycle ones. IPA-1011 showed different behavior over the four cultivation cycles, surpassing IPA-2502. The lower yield of short-cycle varieties can be offset by the higher number of successive harvests.

**KEYWORDS:** Sorghum bicolor; successive harvests, sprouts; biomass production.

## 1 | INTRODUÇÃO

Fazer agricultura no ambiente semiárido sempre foi um desafio, haja vista, as inconstâncias observadas nos fatores que caracterizam o clima dessa região, como por exemplo, alta luminosidade (Radiação Solar Global) e média de temperatura elevada, aliada a um período curto e distribuição irregular das precipitações, culminando em estresse hídrico, principalmente, nos estádios fenológicos mais importantes das plantas.

Este cenário vem se agravando ano-após-ano com a contribuição efetiva do próprio homem que inadvertidamente, ou não, desmata cada vez mais e desenvolve técnicas de cultivo inapropriadas para esse ambiente. O resultado é a perda da fertilidade do solo, com conseqüente perda de produtividade das culturas e diminuição dos rebanhos que movimentam a economia da região semiárida brasileira. Dessa forma, se faz necessário que as instituições de pesquisa e assistência técnica apresentem para os agricultores propostas de tecnologias menos agressivas, para

minimizar os efeitos adversos das mudanças climáticas que se agravam a cada ano.

A proposta de se trabalhar com a cultura do *Sorghum bicolor* tem como premissa essa forrageira apresentar características peculiares de adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, como por exemplo: sistema radicular mais agressivo (explorando camadas mais profundas do solo); cutina (camada serosa protetora do colmo e da superfície foliar, resultando em menor perda de água por transpiração sugerindo tolerância e adaptabilidade às adversidades do ambiente semiárido, como por exemplo, os estresses bióticos e abióticos); entre outras, resultando em maior desempenho dos seus componentes morfológicos (massa verde e massa seca).

Outro fator relevante das planas de sorgo é que, após a colheita da planta mãe, havendo condições de fertilidade, temperatura e umidade no solo as gemas basais emitem a rebrota, tantas vezes quanto as condições permitirem. Dentre as suas peculiaridades, o sorgo se destaca ainda, por apresentar alto valor nutritivo e alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para uma adequada fermentação láctica no processo de ensilagem, bem como altos rendimentos de massa verde e seca por unidade de área. Neumann et al. (2002) e Botelho et al. (2010) ressaltaram também que o sorgo é uma planta de fácil manejo cultural, colheita e armazenamento.

Neste contexto, objetivou-se com a presente proposta avaliar respostas agronômicas de dez materiais de sorgo com características forrageiras distintas em sistema irrigado, no ambiente semiárido, durante quatro cortes sucessivos, caracterizando a sazonalidade do ano de 2015.

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Características da Região Semiárida do Nordeste Brasileiro

Dal Marcondes, fazendo um estudo sobre seca e qualidade de vida no semiárido nordestino publicado no site: [envolverde.cartacapital.com.br](http://envolverde.cartacapital.com.br), em 13/11/2015, salienta que a região do semiárido brasileiro está inserida no bioma Caatinga, pouco valorizado pela mídia, mas muito rico em biodiversidade, além de ter plantas com uma grande característica de resiliência à seca e uma forte capacidade de regeneração, a região é rica em elementos que podem render elementos e substâncias úteis para uma grande variedade de produtos.

O autor enfatiza que segundo Marcel Bursztyn, professor do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, a degradação desse habitat pela ação humana pode estar ajudando a destruir os elementos que poderiam garantir a sustentabilidade econômica e social da região. “Sociedades que abusaram da natureza entraram em colapso”.

Por outro lado, Jobim e Bumbieris Jr. (2015), avaliando as estratégias de uso de forragens conservadas em sistemas de produção animal a pasto, estimam que

até o ano 2050 as necessidades alimentares mundiais para uma população de nove bilhões de pessoas exigirão um aumento de 60% da produção e a demanda global por produtos pecuários aumentará 70% em relação ao ano 2000. Esse desafio só poderá ser superado por uma intensificação sustentável da produção agropecuária, o que requer uma grande reflexão a todos os pesquisadores, técnicos e demais envolvidos na produção de alimentos. Neste contexto, referendamos a importância da cultura do sorgo como alternativa potencial para minimizar os desafios ressaltados pelos autores supracitados.

Visando reduzir os efeitos negativos na irregularidade da produção de forragens sobre o desempenho dos rebanhos, se faz necessário que o excedente de forragens obtido no período das precipitações seja conservado para ser utilizado nos períodos de maior demanda, garantindo disponibilidade e qualidade de alimentação volumosa para os animais. Pois na nutrição animal, o sorgo pode ser ofertado de diversas formas, na forma de feno, silagem, grãos, diretamente no cocho e também como pastejo.

Dentre as suas peculiaridades, o sorgo se destaca ainda, por apresentar alto valor nutritivo e alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para uma adequada fermentação láctica no processo de ensilagem, bem como altos rendimentos de massa verde e seca por unidade de área. Também por ser uma planta de fácil manejo cultural, colheita e armazenamento (BOTELHO et al., 2010, apud, NEUMANN et al., 2002).

A presente proposta teve como objetivo avaliar dez materiais de sorgo com características forrageiras distintas em sistema irrigado, no ambiente semiárido, durante quatro cortes sucessivos, caracterizando a sazonalidade do ano de 2015.

No que se refere à sazonalidade, pretende-se confrontar os dados obtidos da estação meteorológica automática da área de cultivo, com as características agrônomicas apresentadas pelos materiais genéticos de sorgo estudados.

### **3 | MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi conduzida durante o ano de 2015, na área experimental do Centro Xingó de Convivência com o Semiárido, no Estado de Alagoas - Brasil. O clima predominante é o semiárido megatérmico.

Para esta pesquisa foram avaliados 10 materiais genéticos de sorgo forrageiro provenientes dos bancos de germoplasmas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Sete Lagoas – MG e do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) Recife – PE.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela foi formada por três fileiras de seis metros de comprimento, espaçadas por 0,80 m, com área de 14,4 m<sup>2</sup>. A densidade de plantio utilizada após o desbaste foi de 12 plantas.m<sup>-1</sup> linear. A área útil de cada unidade experimental

foi definida considerando a fileira central de seis metros de comprimento. Nesse arranjo, a área útil constou de 4,8 m<sup>2</sup>. A fertilização do solo foi procedida mediante análise e recomendação laboratorial.

As variáveis utilizadas na avaliação dos experimentos foram: 1) Altura média de plantas (cm) – obtida a partir da média de cinco mensurações de plantas realizadas ao acaso, no interior de cada parcela; 2) Produtividade de massa verde – obtida a partir do peso da biomassa colhida em cada área útil da parcela e extrapolada para t.ha<sup>-1</sup>; 3) Produtividade de massa seca – obtida a partir do peso da biomassa colhida em cada área útil da parcela e extrapolada para t.ha<sup>-1</sup>. Para a obtenção da massa presseca, uma amostra verde de cada tratamento (~ 300g) foi colocada em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas a 65 °C ou até peso constante.

Para a obtenção do peso seco, as amostras foram colocadas em estufa de circulação de ar por 24 horas a 105 °C. Por conseguinte, da relação entre o peso da amostra seca e o peso da amostra verde foram obtidos os valores correspondentes ao percentual de massa seca. O produto deste pelo peso de massa verde (obtido inicialmente) gerou a variável produtividade de massa seca. Os materiais de sorgo forrageiros, sacarinos, de dupla finalidade e granífero avaliados nesta pesquisa durante quatro ciclos consecutivos no semiárido alagoano estão caracterizados na Tabela 2.

#### Tratamentos – Materiais Genéticos – Características Morfogênicas

---

|  |
|--|
| Trat. 01- IPA-467-4-2 → forrageiro, colmo sacarino               |
| Trat. 02- IPA-SF 11 → forrageiro, colmo seco                     |
| Trat. 03- IPA-7301011 → granífero, colmo sacarino                |
| Trat. 04- IPA-T 17 → forrageiro, colmo sacarino                  |
| Trat. 05- IPA-SF 25 → forrageiro, colmo seco                     |
| Trat. 06- IPA-2502 → dupla finalidade, colmo sacarino            |
| Trat. 07- BRS 506 → variedade, colmo sacarino                    |
| Trat. 08- IPA-SF 15 → forrageiro, colmo semi-sacarino            |
| Trat. 09- QUALIMAX → variedade comercial de colmo seco, Monsanto |
| Trat. 10- IPA-7301158 → forrageiro, colmo seco                   |

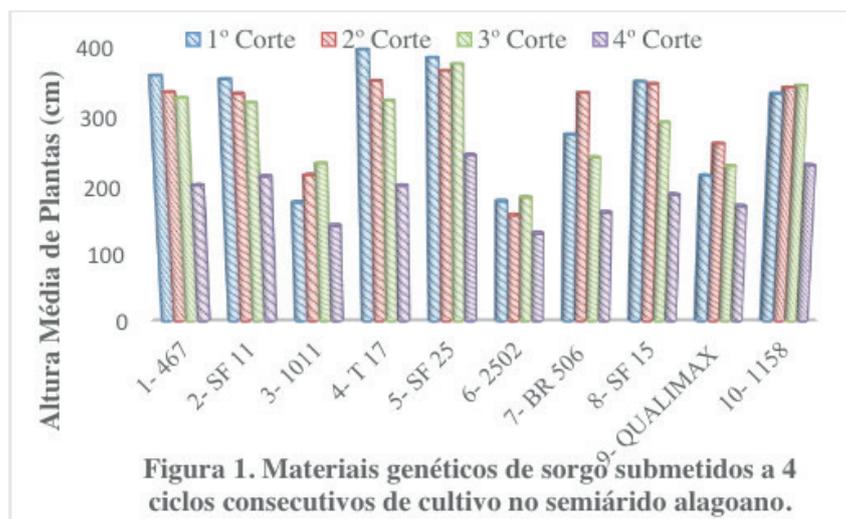
---

Tabela 2. Materiais genéticos – de sorgo avaliados no experimento.

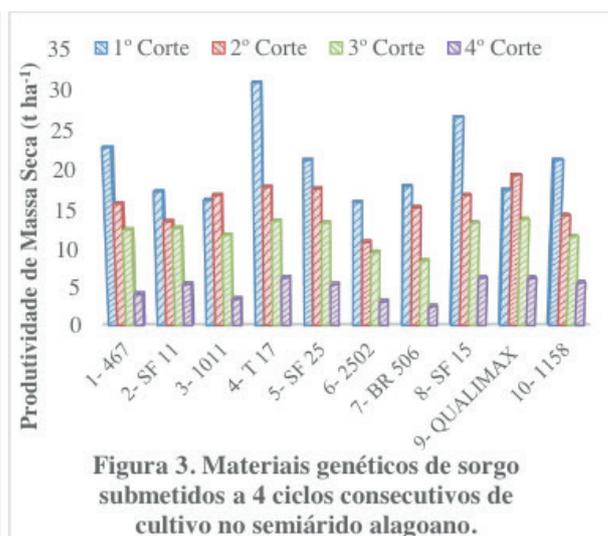
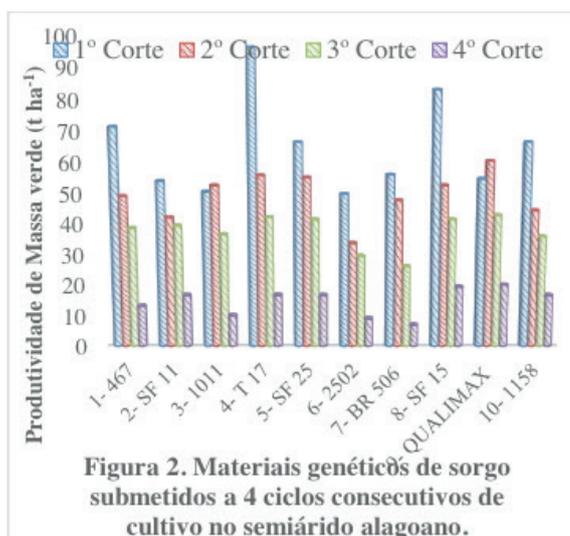
## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção dos dados de campo, estes foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

De maneira geral, o sorgo apresentou diminuição de Altura de Plantas (AP) ao longo dos quatro ciclos. Exceção observada para o IPA-1011 (granífero), o IPA-2502, (de dupla finalidade), o Qualimax (forrageiro produzido pela Monsanto) e o IPA-1158 (forrageiro) que oscilaram suas alturas em ciclos posteriores contrariando relatos de que o comportamento dos materiais genéticos de sorgo sofrem decréscimos de altura e conseqüentemente, de produtividade. Comportamento que merece investigação mais minuciosa quando submetidos às diferentes condições ambientais (Figuras 1, 2 e 3).



Na média dos quatro ciclos, essa tendência foi consolidada com os materiais forrageiros apresentando AP superiores a 250 cm, enquanto que o IPA-2502 de dupla finalidade apresentou média inferior a 200 cm. Comparando isoladamente o comportamento do IPA-1011 com o IPA-2502 foi possível observar semelhança no 1º ciclo, porém, superioridade do IPA-1011 da ordem de 37% e 27% na AP e de 56% e 23% e, 55% e 20%, respectivamente, na produtividade de Massa Verde (MV) e Massa Seca (MS) no 2º e 3º ciclos (Figuras 1, 2 e 3).



Considerando os resultados dos quatro ciclos desta pesquisa, concluiu-se que o IPA-1011, considerada como granífera pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco, mostrou-se superior a IPA-2502, considerada como de dupla finalidade. Assim, sugere-se que a IPA-1011 seja utilizada também como dupla finalidade, colhendo-se mais cedo, no estágio de grão pastoso-a-farináceo para a produção de silagem, podendo ser fornecida também para animais monogástricos, pois este material pode ser considerado isento de tanino no grão.

É importante frisar que o comportamento de oscilação dos componentes morfogênicos dentro dos ciclos é considerado como natural por dois motivos: o primeiro levando-se em consideração que – para a obtenção dos materiais de dupla finalidade, normalmente, é realizado o cruzamento entre uma planta com características forrageiras com outra de características granífera, a segunda se deve ao grande potencial produtivo dos materiais de sorgo serem exteriorizados durante o seu 1º ciclo, enquanto que a partir das rebrotas, pelo fato das plantas sofrerem o estresse da colheita e terem que se renovarem, há uma tendência de menor desenvolvimento, com conseqüente diminuição da produtividade. No entanto, ocorrem casos isolados de maiores alturas e produtividades em ciclos posteriores, ficando a depender de fatores edafoclimáticos na relação genótipo x ambiente (Figuras 1 a 5).

Neste contexto, Rodrigues et al. (2018) estudando as variáveis morfogênicas e estruturais do sorgo forrageiro observaram que as características estruturais de uma planta forrageira são reflexos da combinação das características morfogênicas, concluindo que o avançar do ciclo fenológico das plantas é caracterizado por um marcado decréscimo no crescimento e acúmulo de biomassa da pastagem de sorgo forrageiro.

Por outro lado, Simplício et al. (2016) avaliando o comportamento de 12 materiais genéticos de sorgo forrageiro e de dupla finalidade, em dois sistemas de cultivos (com e sem cobertura morta) em solo de vazante, no semiárido do sertão do Pajeú, durante dois ciclos consecutivos, observaram que tanto a altura de plantas, quanto as produtividades de massa verde e seca foram maiores no 2º ciclo.

Os autores buscaram justificativas para esse comportamento e concluíram que uma precipitação de 114 mm, no início do 2º ciclo, aliado ao solo estar protegido com cobertura morta, contribuíram para melhorar a solução do solo no ambiente radicular, favorecendo o melhor desenvolvimento das plantas no 2º ciclo de cultivo. A qualidade da água fornecida às plantas via gotejo era de qualidade inferior, com condutividade elétrica de  $2,4\text{dS.m}^{-1}$  considerada como salobra que apresenta amplitude de 0,8 a  $4,8\text{dS.m}^{-1}$ .

Para consolidação desse entendimento, sugere-se que a água da chuva diluiu os sais presentes na solução do solo e possibilitou maiores alturas e maiores produtividades dessas plantas. Fato que ocorreu em menor escala com as plantas submetidas ao sistema de cultivo sem cobertura morta.

O presente estudo permitiu observar, com algumas exceções, semelhança de decréscimo de AP e de produtividade em função dos cortes em cada ciclo. Assim, sugere-se o sorgo como alternativa potencial para produção e conservação de alimento de qualidade para os rebanhos do semiárido nordestino. A exemplo da IPA-T17 que apresentou produtividades da ordem de 211 e 61,3 t.ha<sup>-1</sup> de MV e MS, diferentemente da IPA-2502 com menores produtividades da ordem de 123 e 39,2 t.ha<sup>-1</sup> de MV e MS respectivamente, alcançadas em quatro cortes consecutivos.

É importante observar também que o aumento da altura média dos materiais que foram superiores no 2º e 3º ciclos, não apresentou relação direta com a produtividade de MV e MS (Figuras 1, 2 e 3). É possível que o maior perfilhamento tenha contribuído para a competição intraespecífica entre as plantas não refletindo em aumento de produtividade.

O IPA-2502, material de dupla finalidade, apresentou altura média superior no 3º ciclo em relação aos anteriores. Fatores como temperatura e luminosidade, água e umidade relativa do ar, certamente contribuíram para esse comportamento diferenciado. O 4º ciclo com ocorrência na primavera, de modo geral, foi influenciado negativamente pelos fatores climáticos descritos nas Figuras 4 e 5.

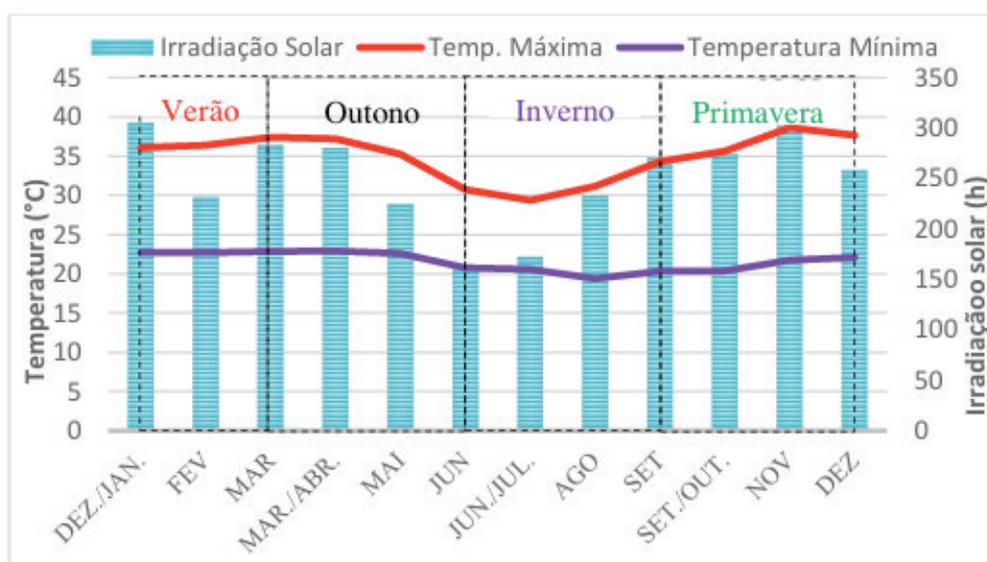


Figura 4. Variação das temperaturas (máximas e mínimas °C) e da irradiação solar (h) ao longo do ano.

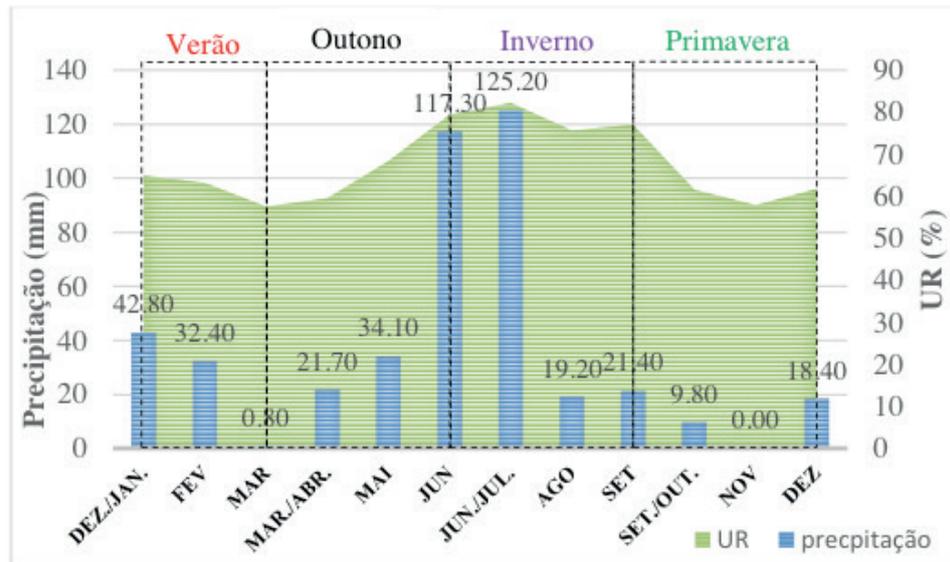


Figura 5. Variação da Precipitação (mm) Acumulada e da Umidade Relativa do ar (%) ao longo do ano.

Ainda no que se refere aos demais materiais forrageiros, podem ser observados decréscimos de AP e produtividades de MV e MS nos ciclos após o 1º corte (Figuras 1 a 3). Tendência normal no comportamento produtivo da cultura do sorgo quando em condições adequadas de umidade e fertilidade do solo, bem como dos fatores climáticos, como temperaturas máximas que oscilaram entre 29,36°C no inverno e 38,60°C na primavera e mínimas de 19,41°C no inverno e 22,88°C no outono aliadas a variação da irradiação solar de 163,10 h no outono e de 322,90 h na primavera, certamente contribuíram para a diminuição, tanto da altura quanto da produtividade do sorgo (Figura 4).

É importante chamar atenção que temperaturas máximas superiores a 35°C aliadas a alta irradiação solar observadas nas estações do ano supramencionadas, aceleram de forma estressante o metabolismo das plantas de sorgo, contribuindo também para a diminuição do índice de área foliar, resultando em menor produção de fotoassimilados.

Outro fator que deve ser considerado é o estresse sofrido pelas plantas de sorgo após serem cortadas. Por apresentarem capacidade de rebrota, perfilhando consideravelmente quando em condições normais de umidade e fertilidade do solo, pode haver, em certos casos, competição interespecífica entre as plantas, resultando em menor altura e, conseqüentemente, em menor produtividade.

Fagundes et al. (2006) estudando as características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano observaram que a taxa de alongamento de folha e de colmo, o número de folhas vivas, o comprimento final da folha, o índice de área foliar e a porcentagem de lâmina foliar e de colmo variaram entre as estações do ano, apresentando valores menores no inverno.

Noutro estudo, Carvalho & Aragão (1989) registraram sob condição de sequeiro,

o maior resultado de produção de massa verde da ordem de 126 t.ha<sup>-1</sup> em duas colheitas, realizadas na localidade de Gararu, SE.

Neste estudo, foi possível observar ainda e exemplificar de forma resumida o comportamento superior do IPA-T17 e do IPA-SF15 quando submetidos a quatro ciclos consecutivos nas quatro estações do ano, caracterizando os seguintes desempenhos (Tabela 1).

| CICLOS   | Linhagem IPA-T17 |                                |                               | Variedade IPA-SF15 |                                |                               |
|----------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|          | A. Planta (cm)   | M. Verde (t.ha <sup>-1</sup> ) | M. Seca (t.ha <sup>-1</sup> ) | A. Planta (cm)     | M. Verde (t.ha <sup>-1</sup> ) | M. Seca (t.ha <sup>-1</sup> ) |
| 1º Ciclo | 397              | 96,00                          | 31,00                         | 351                | 83,00                          | 27,00                         |
|          | 13%              | 71%                            | 72%                           | 1%                 | 57%                            | 59%                           |
| 2º Ciclo | 352              | 56,00                          | 18,00                         | 348                | 53,00                          | 17,00                         |
|          | 9%               | 33%                            | 28%                           | 19%                | 26%                            | 13%                           |
| 3º Ciclo | 324              | 42,00                          | 14,00                         | 293                | 42,00                          | 13,00                         |
|          | 60%              | 147%                           | 122%                          | 56%                | 110%                           | 106%                          |
| 4º Ciclo | 202              | 17,00                          | 6,30                          | 188                | 20,00                          | 6,30                          |
| Total    | --               | 211,00                         | 69,30                         | 198,00             | 63,30                          |                               |

 Representação das diferenças % entre cada ciclo de cultivo.  
 Representação das diferenças % entre os totais de Massa verde e seca.

Tabela 1. Desempenho agrônomo entre ciclos e entre a linhagem IPA-T17 e a variedade IPA-SF15, avaliadas durante quatro ciclos consecutivos no semiárido alagoano.

Fonte: Simplício, J. B. (2019).

Com base nos resultados observados na Tabela 1 e Figuras 1, 2 e 3, salienta-se que cada tipo de sorgo responde diferentemente, em função das suas características morfofisiológicas e da relação genótipo x fatores edafoclimáticos, quebrando o paradigma teórico de que em função de cada ciclo sucessivo, o sorgo perde em aproximadamente 20% do seu potencial produtivo.

Para justificar o comportamento diferenciado de cada material genético de sorgo, Tabosa et al. (2010), avaliando a produtividade de sorgo sacarino em condições de semiárido, registraram elevadas produtividades de biomassa e caldo obtidos sob condição irrigada, com o solo fertilizado quimicamente e com adição de matéria orgânica, com a variedade IPA-SF 15, da ordem de 194 t.ha<sup>-1</sup> de MV em dois cortes consecutivos. Enquanto na pesquisa em foco, a variedade IPA-SF 15, produziu em quatro cortes consecutivos 194 t.ha<sup>-1</sup> de MV. Sendo possível que os fatores climáticos tenham influenciado a diminuição da produtividade, em função de cada estação do ano.

## 5 | CONCLUSÕES

- As variedades de sorgo forrageiro de ciclo tardio sob irrigação nas condições do sertão de Alagoas apresentaram elevado vigor de rebrota podendo com isso serem submetidas a colheitas sucessivas.

- A variedade IPA-2502 de dupla finalidade, de ciclo curto expressou produtividades menores quando comparadas às de ciclo mais tardio.
- A variedade granífera IPA-1011 mostrou comportamento diferenciado ao longo dos quatro ciclos de cultivos superando a IPA-2502.
- A menor produtividade das variedades de ciclo curto pode ser compensada pelo maior número de colheitas sucessivas.

## REFERÊNCIAS

- BOTELHO, P. R. F.; PIRES, A. de A.; SALES, C. J. de.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; JAYME, D. G. e DOS REIS, S.T. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p.287-297, 2010.
- CARVALHO, H. W. L. & ARAGÃO, W. M. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro no estado de Sergipe. I – Comportamento de progênies avançadas em nossa Senhora da Glória, Gararu e Propriá. **Boletim de Pesquisa nº 04**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa do Coco – CNPCo, Aracaju – SE, 1989. 29p.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M. da.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V. de.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; JUNIOR, D. do N.; CASAGRANDE, D. R. e COSTA. L. T. da. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n., p.21-29. 2006.
- JOBIM, C. C., BUMBIERIS JR., V. H. **Estratégia de uso de forragens conservadas em sistemas de produção animal a pasto**. In: Paris, W.; Cecato, U.; DANIELLE, M. M. et al. Simpósio de Produção Animal a Pasto, 2015, Maringá. Anais... Maringá: Universidade Tecnológica do Paraná –UTF PR, p. 177-194, 2015.
- MARCONDES, D. Estudo sobre seca e qualidade de vida no semiárido nordestino. Site:** <https://envolverde.cartacapital.com.br/seca-e-qualidade-de-vida-no-semiarido-nordestino/>. **Publicado em 13/11/2015.**
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BERNARDES, R. A. C.; ARBOITE, M. Z.; CERDOTESE, L.; PEIXOTO, L. A. de O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghun bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, MG, v.31, n.1, p.302- 312, 2002.
- RODRIGUES, L. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; SILVA, P.C.; PAULA, V. S.; ADAMS, S.M.; MARTINI, P.M.; MARTINI, A.P.M. Universidade Federal de Santa Maria - Santa Maria, RS. Variáveis morfogênicas e estruturais de sorgo forrageiro implantado com diferentes arranjos populacionais sob pastoreio contínuo. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Viçosa, MG, v.70, n.1, p.287-296, 2018.
- SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; RODRIGUES, J. S. S. **Comportamento de Genótipos de Sorgo Forrageiro, em Solo de Vazante, Sob Duas Condições de Cultivo, no Sertão do Pajeú**. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Milho e Sorgo: Inovações, Mercados e Segurança Alimentar, 2016. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa, 2016. CDROM.
- TABOSA, J. N.; REIS, O. V. dos; NASCIMENTO, M. M. A do; LIMA, J. M. P. de; SILVA, F. G. da; SILVA FILHO, J. G. da; BRITO, A. R. M. B. e RODRIGUES, J. A. S. **O sorgo sacarino no semiárido Brasileiro: elevada produção de biomassa e rendimento de caldo**. In: XXVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO e SORGO, 2010. Anais...Goiânia: Embrapa, 2010. CD-ROM.

## EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE *Azospirillum* BRASILENSE VIA SEMENTE E APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

### **Maurício Maraschin Neumann**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Daelcio Vieira Spadotto**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Natan Crestani**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Lucas Almeida da Silva**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Francieli da Silva Santos**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Fernando Machado dos Santos**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** O nitrogênio é um dos principais nutrientes exigidos pela cultura do milho, este é aplicado na cultura de forma química. Entretanto, há outras formas de se obter este mineral, através da inoculação de semente

com *Azospirillum brasilense*. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de *Azospirillum brasilense* via semente com e sem a aplicação de nitrogênio em cobertura. O experimento foi conduzido na área do IFRS – Campus Sertão, o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial “2x4”. O primeiro fator foi a aplicação de nitrogênio em cobertura (0 e 194 kg ha<sup>-1</sup>) e o segundo fator foram as doses do produto a base da bactéria *Azospirillum brasilense* (zero, dois, quatro e oito g kg<sup>-1</sup> de semente). A aplicação do nitrogênio mineral em cobertura na dose de 194 kg ha<sup>-1</sup> de N realizada em dois estádios (V4 e V8). Os parâmetros avaliados foram rendimento de grãos e teor de clorofila na folha. O fator de diferentes doses de *Azospirillum brasilense* não apresentou diferença para as duas variáveis, já o fator nitrogênio apresentou diferença para rendimento de grãos e teor de clorofila ao aplicar 194 kg ha<sup>-1</sup> de N. Ao comparar a interação entre os dois fatores não foram encontradas diferenças. Conclui-se que na condução do experimento que o uso de *Azospirillum brasilense* não apresentou resultados e assim não substitui a aplicação de nitrogênio mineral na cultura do milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nitrogênio, Milho, Inoculação.

## EFFECT OF DIFFERENTS DOSES OF *Azospirillum* BRASILENSE VIA SEED AND THE POST-EMERGENCE NITROGEN APPLICATION IN CORN (*Zea mays* L.)

**ABSTRACT:** Nitrogen is one of the most importants nutrientes demanded by corn, it's applied in the culture in his mineral formula, like urea. Therefore, are other ways of obtaining this material, by seed inoculation with *Azospirillum brasilense*. The objective was to evaluate the effect of the differents doses of *Azospirillum brasilense* via seed with and without the application of cover nitrogen. The experiment was conducted in the IFRS – Campus Sertão, in blocks of experimental design at random, in factorial scheme 2x4. The first factor was the cover application of nitrogen (0 e 194 kg ha<sup>-1</sup>) and the second factor was the doses of the *Azospirillum brasilense* based product (zero, two, four and eight g kg<sup>-1</sup> of seed. The application of cover mineral nitrogen (194 kg ha<sup>-1</sup>) was done in two stadiums (V4 and V8). The evaluated parameters was productivity and leaf chlorophyll content. There's no difference between the doses of *Azospirillum brasilense* for both variables, but for nitrogen doses there's a difference in both variables. There's no interaction between both factors. It was concluded that the *Azospirillum brasilense* doesn't have changed

**KEYWORDS:** Nitrogen, Corn, Inoculation.

### 1 | INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) possui aproximadamente quinze milhões e meio de hectares no Brasil (Conab, 2015), sendo um dos cereais mais cultivados no mundo. Um dos principais nutrientes limitantes no rendimento da cultura é a adubação nitrogenada (Roberto et al., 2010). Pois o nitrogênio é o que a maioria das plantas necessita em maior quantidade, já que este é constituinte de proteínas, aminoácidos, pigmentos, ácidos nucléicos, hormônios, coenzimas, vitaminas e alcaloides (Floss, 2011).

A maioria da adubação é feita de forma química, assim há uma grande importância de estudos que visem a otimização destes insumos, sendo o milho uma das culturas que tem a maior demanda de nitrogênio (Basi, 2013). A adubação nitrogenada influencia no rendimento de grãos e na qualidade do produto em consequência do teor de proteína nos grãos (Amaral Filho et al., 2005).

A baixa eficiência da utilização de fertilizantes nitrogenados de forma mineral, é devido à ação de processos como a lixiviação, volatilização de amônia, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana. E por ser um nutriente absorvido em grandes quantidades pelas plantas cultivadas, por apresentar altas perdas, pode representar o nutriente mais caro para a agricultura (Cantarella, 2007).

A principal fonte de N na natureza é a atmosfera constituída de aproximadamente 78 % de N<sub>2</sub>, entretanto, este não está disponível para as plantas (Taiz & Zeiger, 2004). Existem bactérias capazes de fixar o N<sub>2</sub> da atmosfera e transformá-los em forma disponíveis para as plantas (Hungria, 2011; Taiz & Zeiger, 2004).

As bactérias fixadoras de N são encontradas na natureza na forma de vida livre ou em associação com plantas, e estão em geral amplamente distribuídas no solo (Didonet et al., 2000).

O gênero *Azospirillum* abrange um grande grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), sendo *Azospirillum brasilense* a principal espécie fixadora de nitrogênio pesquisada no Brasil (Hungria, 2011).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de *Azospirillum brasilense* via semente com e sem a aplicação de nitrogênio em cobertura.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Sertão (IFRS/Sertão) (S28°03'18", W52°14' 53", a 670m de altitude). O solo da área é classificado como nitossolo bruno-vermelho distrófico profundo (Embrapa, 2013), e o clima, classificado por Köppen como Cfa, com chuvas bem distribuídas e temperatura média anual de 18,3°C (Moreno, 1961).

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial "2x4", com quatro blocos. O primeiro fator foi a aplicação de nitrogênio em cobertura (zero e 194 kg ha<sup>-1</sup>) e o segundo fator foram as doses do produto a base da bactéria *Azospirillum brasilense* (zero, dois, quatro e oito g kg<sup>-1</sup> de semente), sendo que a indicação do produto é a dose de quatro g do produto diluído em solução açucarada por kg de semente. O inoculante utilizado foi a base de *Azospirillum brasilense*, contendo as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 na concentração de 2 x 10<sup>8</sup> Unidades Formadoras de Colônia g<sup>-1</sup>. O composto foi aplicado no momento do semeio, diretamente na semente. As parcelas utilizadas tiveram área de 12 m<sup>2</sup>, mas a área útil foi de 4,5 m<sup>2</sup>.

O experimento foi conduzido na safra 2014/2015 com o híbrido Biomatrix<sup>®</sup> BM915 PRO<sup>®</sup> com 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação utilizada conforme análise de solo, interpretada para recomendação de adubação através do Rolas (2004) para expectativa de rendimento de grão 12.000 kg ha<sup>-1</sup>, o nitrogênio aplicado em cobertura no estágio V4 e V8 na dose de 194 kg ha<sup>-1</sup> de N na formulação de uréia (45% N).

As variáveis avaliadas foram rendimento de grãos e leitura de clorofila. Para a leitura do teor de clorofila utilizou-se o Medidor Portátil de Clorofila (MPC) Falker<sup>®</sup> Clorofilog<sup>®</sup>, o qual possui uma escala de medição de zero a 100 Índice de Clorofila Falker (ICF), resolução de medição de 0,1 ICF e três faixas de frequência de medição (Falker, 2007).

A leitura de clorofila foi realizada na penúltima folha quando o milho estava no estágio R4 em quatro plantas por parcela com três leituras por planta. Posteriormente à colheita, foi feita a classificação das amostras para retirar as impurezas, e também

a quantificação da umidade para correção a 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e sendo verificado efeito significativo para algum parâmetro avaliado, suas médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o software “ASSISTAT 7.7 BETA” (Assistat, 2016).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos valores médios do teor de clorofila da folha não se difere ao comparar o fator das diferentes doses da bactéria *Azospirillum brasilense*, assim como a interação entre os fatores doses do inoculante e aplicação de nitrogênio. Entretanto, ao comparar somente a aplicação de nitrogênio expresso na **tabela 1**, ocorreu um acréscimo dos teores de clorofila na folha, quando foi aplicado fertilizante mineral em cobertura. Estes dados corroboram com os de Mello (2012), onde somente o fator N elevou os teores de clorofila na folha em dois anos.

| Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) | ICF <sup>1 2</sup> |
|-----------------------------------|--------------------|
| 0                                 | 41,46 b            |
| 194                               | 49,97 a            |

Tabela 1 – Valores médios do Índice de Clorofila Falker (ICF) nas diferentes doses de N no híbrido BM915 PRO®, IFRS, Sertão, RS, 2015.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, não se diferenciaram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Plantas avaliadas no estágio V12. CVexp. = 8,21%.

Entretanto, para Jordão et al. (2010) o teor de clorofila na folha aumenta na presença de *Azospirillum* e com a aplicação de nitrogênio. Sendo que o teor de clorofila aumenta linearmente quando se aumenta a dose de N.

Estudos de Chapman & Barreto (1997), citam que 50 a 70% do N total das folhas são integrante de enzimas, que estão adjuntas ao cloroplasto (Stocking & Ongun, 1962). Na cultura do milho, a relação entre teor de N na folha e rendimento de grãos já está bem estabelecida (Waskom et al., 1996). Assim, ao comparar a leitura de clorofila do fator nitrogênio, há um aumento de N na planta em virtude do maior teor de clorofila.

Os valores de rendimento de grãos em relação a aplicação de nitrogênio estão expressos na **tabela 2**.

| Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> ) | Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> |
|-----------------------------------|--|
| 0                                 | 8.817 b  |
| 194                               | 11.455 a                                       |

Tabela 2 – Valores médios de rendimento de grãos nas diferentes doses de N no híbrido BM915

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, não se diferenciaram pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CVexp. = 14,85%.

A aplicação do fator nitrogênio aumentou de forma significativa o rendimento do milho, o que torna esta prática imprescindível na cultura, já o fator doses da bactéria *Azospirillum brasilense* e a interação entre as doses e a utilização de nitrogênio não demonstrou ser uma prática eficiente, pois não há diferença em sua aplicação.

A bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* via solução nas sementes, com e sem a aplicação de nitrogênio em cobertura, não interfere no desenvolvimento de plantas e na produtividade da cultura do milho, assim a bactéria não substitui o uso de fertilizantes nitrogenados (Repke et al., 2013). Para Mello (2012) a aplicação da bactéria não influenciou no rendimento de grão na cultura.

Müller et al. (2012), não encontrou diferença no rendimento de grãos e teor de clorofila, sendo necessário mais estudos com *Azospirillum brasilense* sobre a eficiência desta bactéria.

Cerca de 30 a 90% das amostras de solo coletadas em todo o mundo contêm *A. brasiliense* e *A. lipoferum* (Döbereiner & Day, 1976). Neste sentido, como pode haver presença de outras estirpes de bactérias no solo (Hungria, 2011), este fato pode ter interferido no fornecimento de substâncias que interferiram na avaliação deste experimento. Bactérias fixadoras de N estão em geral amplamente distribuídas no solo (Didonet et al., 2000). Assim, a presença destas bactérias, pode ser um dos motivos a qual a aplicação de *Azospirillum brasilense* não demonstrou efeito significativo, contestando os trabalhos de Hungria (2011) e Jordão (2010) a qual encontraram aumento no rendimento em sementes inoculadas.

O tratamento industrial de semente pode afetar no estabelecimento de *Azospirillum*, pois podem apresentar incompatibilidade com fungicidas e outros produtos (Hungria et al., 2007).

#### 4 | CONCLUSÕES

A inoculação da semente com diferentes doses da bactéria *Azospirillum brasilense* não interferiu na cultura do milho, tanto para rendimento como para teor de clorofila.

A aplicação de nitrogênio em cobertura proporcionou aumento no rendimento de grão e no teor de clorofila.

Na condução do experimento, o uso de *Azospirillum brasilense* não substitui a aplicação de nitrogênio mineral na cultura do milho.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. **Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 29, p. 467-473, 2005.
- ASSISTAT. **Assistência Estatística**: versão 7.7 beta. Paraíba: Campina Grande, 2016.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste.
- CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 7, p. 375-470.
- CHAPMAN, S. C., BARRETO, H. J. **Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth**. Agronomy Journal, Madison, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safras brasileira de grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n.6 - Sexto Levantamento, Brasília, p. 1-103, mar. 2015.
- DIDONET, A. D.; LIMA, A. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. **Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo submetidos à inoculação de *Azospirillum***. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 2, p. 401-411, 2000.
- DÖBEREINER, J.; DAY, J. M. **Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites**. In: NEWTON, W. E.; NYMAN, C. T. (Ed.). **Nitrogen Fixation**. Washington: Washington State University, 1976. p. 518-538.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FALKER. Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila – Clorofilog CFL 1030, **Manual de Instruções**, 32 p., 2007.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas: O estudo do que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: Editora UPF, 2011. 734 p.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 40 p.
- JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, P. A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. **Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária**. In: FertBio, 2010, Maringá, **Anais...** Guarapari: SBCS, 2010. p. 1-5.
- MELLO, N. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de milho e trigo**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 35 p.
- MÜLLER, T. M.; BAZZANEZI, A. N.; VIDAL, V.; TUROK, J. D. N.; RODRIGUES, J. D.; SANDINI, I. E.

**Inoculação de *Azospirillum brasilense* no Tratamento de Sementes e Sulco de Semeadura na Cultura do Milho.** In: XXIX Congresso Brasileiro de Milho e Sorgo, 2012. Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 719 p.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. da; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. **Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. **Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente.** In.: XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010. Goiânia. **Anais...** Goiânia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010.

ROLAS – Rede Oficial de Análise de Solo e Tecido Vegetal. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

STOKING, C.R., ONGUN, A. **The intracellular distribution of some metallic elements in leaves.** American Journal of Botany, Columbus, v. 49, n. 3, p. 284-289, 1962.

WASKOM, R. M., WESTFALL, D. G., SPELLMAN, D. E. **Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 27, n. 3, p. 545-560, 1996.

## EFEITO DO INDUTOR DE RESISTÊNCIA ACIBENZOLAR-S-methyl (ASM) ASSOCIADO A FUNGICIDAS NO CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES EM MILHO (*Zea mays* L.)

### **Maurício Maraschin Neumann**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus  
Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Daelcio Vieira Spadotto**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus  
Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Natan Crestani**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus  
Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Francieli da Silva Santos**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus  
Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

### **Jefferson Gonçalves Acunha**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus  
Sertão

Sertão – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** O milho é uma cultura muito importante para a população mundial, sendo assim as doenças que afetam o desenvolvimento do milho são um dos principais problemas para a cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de acibenzolar-S-methyl (ASM), associado ou não, com fungicidas, no controle de doenças foliares e produtividade do milho. O delineamento experimental foi o de blocos

ao acaso, em esquema fatorial 3x4, onde o 1º fator foram as aplicações de ASM (0, 1, 2) e o 2º foram os fungicidas (Testemunha, tebuconazol, trifloxistrobina + protioconazol, piraclostrobina + epoxiconazol) e o híbrido utilizado foi P1630H. A 1ª aplicação de ASM foi realizada em V7 e a segunda em V10, e os fungicidas foram aplicados em VT. As avaliações foram realizadas semanalmente, dos 67 aos 102 dias após a semeadura (DAS) para a severidade do complexo da mancha branca e *E. turcicum*. As médias de severidade e AACPD para ambas as doenças e a produtividade foram submetidas ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Concluiu-se que o ASM conseguiu frear o desenvolvimento de ambas as doenças, mas não acarretou uma maior produtividade, já os fungicidas em mistura, conseguiram aumentar a produtividade em relação a testemunha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Milho, Indutor de Resistência, Doenças Foliares, Fungicidas.

### EFFECT OF RESISTANCE INDUCER

### ACIBENZOLAR-S-methyl (ASM)

### ASSOCIATED TO FUNGICIDES IN CONTROL OF LEAF DISEASES IN CORN (*Zea mays* L.)

**ABSTRACT:** The corn is a very important culture to the global population, this way the diseases who affects the development of corn

are one of the principal problems to the culture. The objective was to evaluate the effect of acibenzolar-S-methyl (ASM), associated or don't, with fungicides, in control of leaf diseases and productivity of corn. This experiment was carried out in blocks of experimental design at random, in factorial scheme 3x4, where the first factor was ASM applications (0, 1, 2), and the second factor was fungicides (Witness, tebuconazol, trifloxistrobin + prothioconazol, piraclostrobin + epoxiconazol), and the hybrid used was P1630H. First application of ASM was done in stage V7, and second in stage V10, and fungicides were done at stage VT. The evaluation were done weekly, between 67 and 102 days after sowing (DAS), to severity of white spot complex and *E. turcicum*. The severity, AUDPC and productivity averages was submitted to Scott-Knott test at 5% of probability. It was concluded that the ASM has achieved less progress of the diseases, but doesn't increased the productivity, and the mixed fungicides are able to increase the productivity in relation to the witness.

**KEYWORDS:** Corn, Resistance Inducer, Leaf Diseases, Fungicides.

## 1 | INTRODUÇÃO

O rendimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) está na interdependência de muitos fatores dentre os quais poderiam ser destacados os fitossanitários (plantas daninhas, pragas e doenças). A partir da década de 90, uma série de doenças fúngicas foliares vem causando sensível redução qualitativa e quantitativa na produção de milho (Pinto, 2004).

O fungo *E. turcicum* está amplamente disseminado nas áreas de cultivo do país, podendo causar grande dano econômico à cultura, caso encontre condições propícias para o seu desenvolvimento (alta umidade, temperaturas entre 18 e 27°C, área semeada com cultivar suscetível). A sintomatologia da doença se caracteriza por lesões necróticas, elípticas, que variam de 2,5 a 15,0 cm de comprimento (Kimati et al., 1997).

A mancha branca encontra condições ideais ao seu desenvolvimento geralmente em altitudes acima de 600 metros (umidade relativa elevada e temperaturas moderadas). A doença causa lesões arredondadas, pequenas e esbranquiçadas, com bordas escuras. Há controvérsias sobre o agente etiológico desta doença, onde estudos antigos a classificavam como causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis* (Kimati et al., 1997), para outros autores, a mancha branca seria causada por um complexo microbiano composto pela bactéria *Pantoea ananatis* e pelos fungos *Phyllosticta* sp., *Phoma sorghina* e *Sporormiella* sp. (Pereira et al., 2005 apud Sachs et al., 2011), ou ainda somente pela bactéria *P. ananatis* (Gonçalves, 2012).

A resistência sistêmica adquirida (RSA) é um mecanismo de amplo espectro de defesa da planta, que pode ser induzido biologicamente pela infecção da planta com uma cepa fraca de um patógeno específico (Kuhn, 2007), ou mediante a exposição da planta a um composto natural ou sintético, como, por exemplo, o acibenzolar-S-

methyl (ASM), que tenha a capacidade de levá-la a um estado induzido (Percival, 2001; Kuhn, 2007). O ASM é um análogo sintético do ácido salicílico, derivado do benzothiadiazole (BTH), mostrando-se como um dos mais efetivos ativadores de defesa das plantas, além de ter baixo efeito fitotóxico (Friedrich et al., 1996). O mecanismo de ação do ASM envolve a expressão de genes relativos à RSA, que seriam os mesmos ativados pelo ácido salicílico (Ryals et al., 1996).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do indutor de resistência ASM associado a fungicidas no rendimento de grãos e no controle de doenças foliares da cultura do milho.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na safra 2015/16 na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus Sertão*, localizado às coordenadas 28° 2' 40.55" S e 52° 16' 9.22" W. O solo da área experimental, segundo Streck et al. (2008), é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico. O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como Cfa, o qual se caracteriza por ser um clima subtropical úmido com chuvas abundantes e verões quentes (Moreno, 1961).

A semeadura foi realizada no dia 21/11/2015, em sistema de plantio direto, com espaçamento interlinear de 45 cm. A adubação foi realizada conforme as recomendações de Rolas (2004) para uma expectativa de rendimento de nove Mg ha<sup>-1</sup>.

O híbrido utilizado foi o P1630H®, que apresenta susceptibilidade para *E. turcicum* e mancha branca. O estande final de plantas foi de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial “3x4”, com quatro blocos. O primeiro fator constituiu-se de diferentes números de aplicações de ASM em via foliar (zero, um e dois) e o segundo da aplicação de diferentes fungicidas (testemunha – somente água, tebuconazol, mistura comercial de trifloxistrobina com protioconazol, mistura comercial de piraclostrobina com epoxiconazol). Cada parcela constituiu-se de quatro metros de comprimento por 3,15 metros de largura, sendo que as três linhas centrais foram usadas como área útil de avaliação da parcela.

O indutor de resistência ASM, cuja primeira aplicação foi realizada no dia 29/12, no estádio V7, foi aplicado na dose de 12,5 g/ha. A segunda aplicação deste produto foi realizada 15 dias após a primeira, no dia 12/01, estando a cultura no estádio V10. Os fungicidas, por sua vez, foram todos aplicados no início do período reprodutivo VT (pendoamento), no dia 02/02. Estes foram utilizados da seguinte forma: tebuconazol (200 g L<sup>-1</sup>) na dose de 1 L ha<sup>-1</sup>; mistura comercial de trifloxistrobina com protioconazol (150 + 175 g L<sup>-1</sup>) na dose de 0,4 L ha<sup>-1</sup>; e mistura comercial de piraclostrobina com

epoxiconazol (133 + 50 g L<sup>-1</sup>) na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup>.

A primeira avaliação foi realizada dia 20/01, oito dias após a segunda aplicação do indutor de resistência, o que correspondeu a 60 dias após a semeadura (DAS). As avaliações posteriores foram realizadas semanalmente, tendo acontecido aos 67, 74, 81, 88, 95 e 102 DAS, sendo que a terceira avaliação (aos 74 DAS) foi realizada um dia após a aplicação dos fungicidas. Por parcela, foram avaliadas dez folhas do terço médio de dez plantas, as quais, após seleção aleatória, foram previamente marcadas com o auxílio de uma fita azul não degradável.

As doenças avaliadas foram a helmintosporiose, utilizando-se para tal a escala diagramática proposta por Lazaroto et al. (2012), e a mancha branca, conforme a escala de Sachs et al. (2011). Os dados de severidade foliar foram utilizados para posterior cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Campbell & Madden (1990), a partir da seguinte fórmula:  $AACPD = \sum n (y_i + y_{i+1})/2 * (t_{i+1} - t_i)$ , onde: n= número de avaliações; y = severidade da doença (%); t = tempo (dias).

Os dados foram submetidos à avaliação pelo software estatístico R (R Core Team, 2016), através da sua linguagem de programação associada, mediante estudos de análise de variância (ANOVA).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo cálculo da AACPD para ambas as doenças estão dispostos na **tabela 1**. Para a mancha branca, houve diferença significativa para o primeiro fator (aplicação de ASM). No caso, menor progresso deste complexo de doenças foi notado com a realização de duas aplicações do indutor de resistência. Já para o progresso da helmintosporiose, também encontrou-se diferença significativa para o primeiro fator, tendo uma ou duas aplicações reduzido o progresso da doença com relação à testemunha.

| Aplicações de ASM | AACPD <sup>1</sup> |   |                  |   |
|-------------------|--------------------|---|------------------|---|
|                   | Mancha Branca      |   | Helmintosporiose |   |
| 0                 | 66,4               | b | 223,8            | B |
| 1 <sup>2</sup>    | 58,3               | b | 196,2            | A |
| 2 <sup>3</sup>    | 46,6               | a | 196,2            | A |

Tabela 1 – Valores médios da AACPD da mancha branca e helmintosporiose sobre o híbrido de milho P1630H®. IFRS, Sertão, RS, 2016.

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Aplicação realizada no estádio V7. <sup>3</sup> Aplicações realizadas nos estádios V7 e V10. CVexp. = 20,14% para mancha branca. CVexp. = 13,01% para helmintosporiose.

A redução da AACPD de diversas doenças causada pelo efeito do acibenzolar-S-methyl é muito comum nos mais variados tipos de plantas (Nojosa et al., 2009; Júnior, 2006).

Na **tabela 2**, são descritos os percentuais de severidade à última avaliação (aos 102 DAS) para a mancha branca e para a helmintosporiose. Para ambas as doenças, não houve diferença significativa para o primeiro fator, senão apenas para o segundo fator em análise (fungicidas). Neste caso, todos os produtos aplicados obtiveram melhor performance de controle do que a testemunha, estatisticamente. Isto pode ser explicado pelo possível tempo de duração da resistência, pois a última aplicação de ASM havia sido realizada aos 52 DAS. Deste modo, o efeito do indutor não teria se prolongado a ponto de causar impacto ao tempo da última avaliação, realizada 50 dias depois. Para os fungicidas, no entanto, observou-se diferença, pois, tendo sido aplicados no estágio do pendoamento (73 DAS), a sua ação ainda se percebia ao momento da última avaliação.

| Fungicidas <sup>1</sup>             | Severidade (%) <sup>2</sup> |   |                  |   |
|-------------------------------------|-----------------------------|---|------------------|---|
|                                     | Mancha Branca               |   | Helmintosporiose |   |
| Testemunha                          | 12,8                        | b | 14,0             | B |
| Tebuconazol                         | 9,6                         | a | 11,1             | A |
| Trifloxistrobina +<br>Protioconazol | 9,0                         | a | 10,4             | A |
| Piraclostrobina +<br>Epoconazol     | 7,4                         | a | 9,9              | A |

Tabela 2 – Valores percentuais médios de severidade de mancha branca e helmintosporiose no híbrido de milho P1630H. IFRS, Sertão, RS, 2016.

<sup>1</sup> Fungicidas aplicados do estágio VT (Pendoamento). <sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CVexp. = 25,48% para mancha branca. CVexp. = 14,76% para helmintosporiose.

Para Souza (2005), o controle da mancha branca e da cercosporiose em milho deve ser baseado no uso de fungicidas em mistura de estrubirulinas e triazóis. Jann (2004) apud Duarte (2009) constatou que o uso de uma mistura comercial de piraclostrobina com epoxiconazol, em diversas doses, foi eficiente para o controle da mancha branca. Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por Duarte (2009).

Os valores de rendimento de grãos dos diferentes tratamentos podem ser visualizados na **tabela 3**. Só foram detectadas diferenças significativas para o segundo fator (fungicidas), sendo que as parcelas nas quais foram aplicadas as misturas comerciais (trifloxistrobina com protioconazol e piraclostrobina com epoxiconazol) diferenciaram-se daquelas em que se aplicou o fungicida tebuconazol, bem como da testemunha.

| Fungicidas <sup>1</sup>          | Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> |   |
|----------------------------------|--|---|
| Testemunha                       | 6512,7   | B |
| Tebuconazol                      | 6901,3   | B |
| Trifloxistrobina + Protiocanazol | 7145,6   | A |
| Piraclostrobina + Epoxiconazol   | 7620,5   | A |

Tabela 3 - Valores médios de rendimento do híbrido de milho P1630H. IFRS, Sertão, RS, 2016.

<sup>1</sup> Fungicidas aplicados do estágio VT (Pendoamento). <sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV<sub>exp.</sub> = 8,25%.

Duarte (2009) observou diferenças de rendimento semelhantes em testes de fungicidas, nos quais o tebuconazol havia tido desempenho semelhante ao da testemunha. Por sua vez, a aplicação da mistura de piraclostrobina com epoxiconazol originou melhores resultados de rendimento com relação à testemunha.

Kuhn (2007) constatou, em feijão, indução de resistência devida ao uso de acibenzolar-S-methyl e *Bacillus cereus* como elicitores. Neste trabalho, o ASM havia levado a um aumento da atividade de peroxidase, quitinase,  $\beta$ -1,3-glucanase, proteases, da síntese de lignina, tendo também ocasionado redução no teor de fenóis. Estas alterações bioquímicas causaram impacto no metabolismo das plantas, em comparação com o indutor biótico (*B. cereus*), levando, assim, a uma realocação de fotoassimilados para a defesa da planta, o que reduziu o rendimento do feijoeiro. Observa-se, então, que o ASM conseguiu diminuir o progresso da doença sem, contudo, aumentar o rendimento de grãos, pois, a sua utilização aumenta a síntese de proteínas (enzimas) ligadas à patogênese, como quitinases, peroxidases, etc., para além de outros compostos (Cavalcanti et al., 2006; Ishida et al., 2008). De fato, a expressão de genes de efeito indutivo, ligados à síntese e à ativação de tais proteínas, pode desencadear um processo de competição, em termos de custo energético, com as demais proteínas que são necessárias ao metabolismo primário, às atividades normais de crescimento e desenvolvimento da planta (Barros, 2011). Sendo assim, aplicações de indutores (elicitores) como o ASM, sem estudos preliminares que estimem estes efeitos, poderão acarretar perdas de produtividade, ainda que em níveis mínimos. Ademais, a expressão de outros tipos de mecanismos de defesa induzida por parte dos elicitores poderia impactar inesperadamente processos como o de expansão celular, devido ao aumento no teor de lignificação dos tecidos em nível de parede celular, o que acarretaria dificuldades ao crescimento celular (Cavalcanti et al., 2006; Ishida et al., 2008).

## 4 | CONCLUSÕES

O uso de ASM deteve o progresso de ambas as doenças ao longo do tempo. Mas devido a um possível gasto energético, o menor progresso das doenças avaliadas não resultou em maiores rendimentos.

Quanto aos fungicidas, foi observado um incremento de produtividade no uso de fungicidas em mistura de triazóis e estrubirulinas.

Recomenda-se a execução de mais estudos com elicitores, para que se compreenda melhor a duração e o tipo de resistência expressa, quais as enzimas e fitoalexinas estão de fato envolvidas neste processo, e quais as doses que possibilitariam equilíbrio entre a expressão da resistência e a manutenção de níveis esperados do rendimento para a cultura do milho.

## REFERÊNCIAS

BARROS, R. **Estudo sobre a aplicação foliar de acibenzolar-S-metil para indução de resistência à ferrugem asiática em soja e cercosporiose em milho.** Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v. 78, n. 4, p. 519-528, 2011.

CAMPBELL, C. L., MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology.** New York: J. Willey, 1990. 532 p.

CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; ZACARONI, A. B.; JÚNIOR, P. M. R.; COSTA, J. C. B.; SOUZA, R. M. **Acibenzolar-S-metil e Ecolife na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*).** Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 31, n. 4, p. 372-380, 2006.

DUARTE, R. P.; JULIATTI, F. C.; FREITAS, P. T. **Eficácia de diferentes fungicidas na cultura do milho.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 101-111, 2009.

FRIEDRICH, L. **A benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco.** The Plant Journal, London, v. 10, p. 61-70, 1996.

ISHIDA, A. K. N.; SOUZA, R. M.; RESENDE, M. L. V.; CAVALCANTI, F. R.; OLIVEIRA, D. L.; POZZA, E. A. **Rhizobacterium and acibenzolar-S-methyl (ASM) in resistance induction against bacterial blight and expression of defense responses in cotton.** Tropical Plant Pathology, Brasília, v.33, n.1, p.27-37, 2008.

GONÇALVES, R. M. **Estudos etiológicos da mancha branca do milho e identificação de hospedeiros alternativos de *Pantoea ananatis*.** 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina.

JÚNIOR, P. M. R. **Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb. em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.).** Ciência e Agrotécologia, Lavras, v. 30, n. 4, p. 629-636, 2006.

KIMATI, H.; FILHO, A. B.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: Volume 2: Doenças de Plantas Cultivadas.** São Paulo: Ceres, 1997. 700 p.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção.** 2007. 138f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,

Universidade de São Paulo.

LAZAROTO, A.; SANTOS, I.; KONFLANZ, V. A.; MALAGI, G.; CAMOCHENA, R. C. **Escala diagramática para avaliação de severidade da helmintosporiose comum em milho.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 42, n. 12, 2012.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 35 p.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; BARGUIL, B. M.; MORAES, S. R. G.; BOAS, C. H. V. **Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma.** Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.

PERCIVAL, G. C. **Induction of systemic acquired disease resistance in plants: potential implications for disease management in urban forestry.** Journal of Arboriculture, Champaign, v. 27, n. 4, p. 181-192, 2001.

PINTO, N. F. J. A. **Controle químico de doenças foliares em milho.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 134-138, 2004.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. 2016.

ROLAS – Rede Oficial de Análise de Solo e Tecido Vegetal. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

RYALS, J. A.; NEUENSCHWANDER, U. H.; WILLITS, M. G.; MOLINA, A.; STEINER, H.; HUNT, M. D. **Systemic acquired resistance.** The Plant Cell, Rockville, v. 8, p. 1809-1819, 1996.

SACHS, P. J. D.; NEVES, C. S. V. J.; CANTERI, M. G.; SACHS, L. G. **Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho.** Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 37, n. 4, p. 202-204, 2011.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.

## MANEJO DE HÍBRIDO DE MILHO ASSOCIADO A FONTES DE NITROGÊNIO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA

### **Kathia Szeuczuk de Oliveira**

Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; Paraná; kahh.szeuczuk@gmail.com

### **Jean Carlos Zocche**

Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; Paraná

### **Cieli Berardi Renczecen Moraes**

Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; Paraná.

**RESUMO:** A determinação de rendimento de híbridos de milho com tecnologias associadas a formas de manejo de nitrogênio e densidade de plantas fornece subsídios importantes para produtores do Brasil. O objetivo foi avaliar diferentes formas de manejo de nitrogênio, por meio da quantificação de teor de N foliar e características agronômicas em diferentes populações de plantas, no híbrido de milho DKB230VTPRO3®, no município de Guarapuava-PR na safra agrícola 2015/2016. O experimento foi conduzido em Guarapuava-PR, na Fazenda Três Capões. A semeadura foi realizada em 02/10/2015. Os tratamentos diferenciaram-se entre si pelas associações de diferentes fontes de nitrogênio e população de plantas. Sendo testados tratamentos com e sem *A. brasilense*, tratamentos com ureia protegida, ureia comum e tratamentos com e

sem nitrogênio líquido, todos nas diferentes populações de plantas: 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Os dados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os valores numéricos quantificados de nitrogênio foliar que se destacaram foram nos tratamentos sem aplicação de *A. brasilense* e utilizando a ureia líquida no estágio VT na população de 90.000 plantas. Para P1000, o tratamento sem *Azospirillum* e a ureia líquida foi superior ao tratamento com aplicação destes produtos, na mesma população de 90.000 plantas utilizando o híbrido DKB230VTPRO3®. A população de 90.000 plantas obteve a maior produtividade de grãos, quando comparado com os resultados gerados com 60.000 e 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, adubação nitrogenada, população de plantas.

### MANAGEMENT OF MAIZE HYBRIDS ASSOCIATED TO NITROGEN SOURCES AT DIFFERENT SEEDING DENSITIES

**ABSTRACT:** Determining yields of maize hybrids with technologies associated with nitrogen management and plant density forms important subsidies for producers in Brazil. The objective was to evaluate different forms of

nitrogen management by quantification of leaf N content and agronomic characteristics in different plant populations in the DKB230VTPRO3® corn hybrid in the municipality of Guarapuava-PR in the agricultural crop 2015/2016. The experiment was conducted in Guarapuava-PR, Fazenda Três Capões. The sowing took place on 10/02/2015. The treatments were differentiated by the associations of different nitrogen sources and plant population. Being tested treatments with and without *A. brasilense*, treatments with protected urea, common urea and treatments with and without liquid nitrogen were tested in all the different plant populations: 70,000, 80,000 and 90,000 ha<sup>-1</sup> plants. The data of the evaluated characteristics were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Tukey test, at 5% of probability. The quantified numerical values of leaf nitrogen that stood out were in the treatments without application of *A. brasilense* and using liquid urea in the VT stage in the population of 90,000 plants. For M1000, treatment without *Azospirillum* and liquid urea was superior to treatment with these products, in the same population of 90,000 plants using the DKB230VTPRO3® hybrid. The population of 90,000 plants had the highest grain yield when compared to the results generated with 60,000 and 75,000 ha<sup>-1</sup> plants.

**KEYWORDS:** Zea mays, nitrogen fertilization, plant population.

## INTRODUÇÃO

Na região de Guarapuava, onde a agricultura trabalha com altos índices tecnológicos, não é difícil encontrar situações onde o produtor utilize altas doses de nitrogênio, tanto na base, quanto em cobertura. Provavelmente esse seja um fator que auxilie nas altas produtividades alcançadas pelos produtores da região. Dificilmente a planta de milho irá deixar de aproveitar a dose de nitrogênio disponibilizada, Mendes et al. (2013), testando dois híbridos, um hiperprecoce e um superprecoce, associados a diferentes doses de nitrogênio em cobertura e espaçamento reduzido concluíram que quando utilizada a maior adubação de cobertura, 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, houve considerável aumento na produtividade de grãos nos dois híbridos testados.

O uso da ureia geralmente apresenta um custo/benefício melhor que as demais fontes nitrogenadas. Porém, esse fertilizante apresenta como desvantagem grandes perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização, que podem comprometer sua eficiência (Stafanato et al., 2013).

Nos últimos anos, novas tecnologias têm sido desenvolvidas com o intuito de minimizar as perdas de N-ureia por volatilização, como o uso de inibidores da urease. Stafanato et al. (2013) e Soares (2011), comparando diferentes fertilizantes nitrogenados, em casa de vegetação, observaram que fertilizantes revestidos com boro e cobre apresentam menores perdas por volatilização de N-NH<sub>3</sub> quando comparados ureia granulada (ureia comum).

As folhas absorvem o N e outros elementos por mecanismos semelhantes aos que operam nas raízes. As doses aplicadas, dezenas de até centenas de quilos

por hectare, exigem um fracionamento tal que torna a prática não realizável por ser antieconômica. A aplicação do N via folha em geral se faz em três situações: para obter correção mais rápida da deficiência, para fornecer o elemento quando não é praticável via solo e para a melhoria da qualidade do produto agrícola (Malavolta, 2006).

Pacentschuk et al. (2014) ao testar diferentes doses de nitrogênio líquido aplicado via foliar e em diferentes estádios fenológicos obtiveram aumento de produtividade tanto em V13, quanto em VT e R1, porém o maior incremento foi obtido em R1 com a aplicação de 11,4 L ha<sup>-1</sup> do fertilizante foliar resultando em 522 kg ha<sup>-1</sup>. Cavallet et al. (2000), estudando a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* obtiveram 30% de aumento na produtividade quando o *Azospirillum* foi aplicado em cobertura. Segundo Martins et al. (2012), testando 29 híbridos de milho em Patos de Minas – MG, observaram que a inoculação foliar em V2 de *Azospirillum* obteve resultados de aumento de produtividade comparado com a testemunha e o tratamento com *Azospirillum* inoculado na semente.

Dentre os vários sistemas de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos, sendo que esta pode variar de 30.000 a 90.000 plantas por hectare dependendo das condições de fertilidade do solo, do ciclo da cultivar, disponibilidade hídrica, época de semeadura e espaçamento entre linhas. O incremento na densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de aumentar a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho (Demétrio et al., 2008).

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes formas de manejo de nitrogênio, por meio da quantificação de teor de N foliar e características agrônômicas em diferentes populações de plantas, no híbrido de milho DKB230VTPRO3®, no município de Guarapuava, PR na safra agrícola 2015/2016.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Guarapuava, na Fazenda Três Capões, do Grupo MLCV (980 m de altitude, latitude 25° 25' S e longitude 51° 39' W), em solo classificado como Latossolo Bruno Distroférrico Típico, textura muito argilosa (Embrapa, 2013). O experimento foi instalado no sistema de plantio direto (SPD), em área onde havia a cultura da aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno como cobertura do solo. Foi realizada a análise de solo antes da instalação do experimento de 0-20 cm (Tabela 1).

| pH CaCl <sub>2</sub> | M.O.  | <sup>1</sup> P | <sup>2</sup> K | <sup>2</sup> Ca | <sup>2</sup> Mg |
|----------------------|-------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 5,74                 | 4,457 | 5,84           | 0,53           | 3,32            | 1,37            |
| Al                   | H+Al  | SB             | CTC            | V%              | Ca/Mg           |
| 0                    | 3,41  | 5,22           | 8,63           | 60,47           | 2,42            |

Tabela 1 - Análise de solo área disponibilizada para o experimento.

<sup>1</sup> Teor em mg dm<sup>-3</sup>; <sup>2</sup> teores em cmolc dm<sup>-3</sup>; M. O. teor de matéria orgânica em %.

Os tratamentos diferenciaram-se entre si pelas associações de diferentes fontes de nitrogênio e população de plantas. Sendo testados tratamentos com *A. brasilense* e sem *A. brasilense*, tratamentos com ureia protegida (inibidor de urease), ureia comum e tratamentos com Nitamin® (nitrogênio líquido) e sem Nitamin®, todos em três diferentes populações de plantas: 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

O híbrido escolhido para a realização do experimento foi o DKB230VTPRO3®, para a adubação de base foi utilizado o NPK, na formulação 10-30-20, na dosagem de 230 kg ha<sup>-1</sup>, as demais adubações foram de acordo com cada tratamento.

A semeadura foi realizada no dia 02 de outubro de 2015, utilizou-se uma semeadora e adubadora de dez linhas, a qual foi regulada para que as sementes fossem alocadas cerca de 4 cm de profundidade. Foram semeadas cerca de 5 sementes por metro, após o desbaste, ajustando as densidades de cada população, conforme tabela 2.

| TRATAMENTO | POPULAÇÃO | AZ  | UREIA     | N líquido |
|------------|-----------|-----|-----------|-----------|
| 1          | 70.000    | 200 | Comum     | 10        |
| 2          | 70.000    | 200 | Protegida | 10        |
| 3          | 70.000    | 200 | Comum     | 0         |
| 4          | 70.000    | 200 | Protegida | 0         |
| 5          | 70.000    | 0   | Comum     | 10        |
| 6          | 70.000    | 0   | Protegida | 10        |
| 7          | 70.000    | 0   | Comum     | 0         |
| 8          | 70.000    | 0   | Protegida | 0         |
| 9          | 80.000    | 200 | Comum     | 10        |
| 10         | 80.000    | 200 | Protegida | 10        |
| 11         | 80.000    | 200 | Comum     | 0         |
| 12         | 80.000    | 200 | Protegida | 0         |
| 13         | 80.000    | 0   | Comum     | 10        |
| 14         | 80.000    | 0   | Protegida | 10        |
| 15         | 80.000    | 0   | Comum     | 0         |
| 16         | 80.000    | 0   | Protegida | 0         |
| 17         | 90.000    | 200 | Comum     | 10        |
| 18         | 90.000    | 200 | Protegida | 10        |
| 19         | 90.000    | 200 | Comum     | 0         |
| 20         | 90.000    | 200 | Protegida | 0         |
| 21         | 90.000    | 0   | Comum     | 10        |
| 22         | 90.000    | 0   | Protegida | 10        |
| 23         | 90.000    | 0   | Comum     | 0         |
| 24         | 90.000    | 0   | Protegida | 0         |

Tabela 2 - Tratamentos avaliados e dosagens realizadas para o híbrido hiperprecoce DKB230VTPRO3®.

População: plantas ha<sup>-1</sup>; AZ: Azospirillum aplicado em V2 (mL ha<sup>-1</sup>); Ureia: 400 kg ha<sup>-1</sup> (aplicada em V3 e V5); N líquido: nitrogênio líquido aplicado em VT (L ha<sup>-1</sup>).

Os diferentes tratamentos foram sendo aplicados nos estádios fenológicos recomendados para cada produto, conforme tabela 3.

| Tratamentos                  | DAE | ESTÁDIO FENOLÓGICO* | DOSE                    |
|------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Azospirillum                 | 11  | V2                  | 200 mL ha <sup>-1</sup> |
| Ureia 1 <sup>a</sup> parcela | 18  | V3                  | 200 kg ha <sup>-1</sup> |
| Ureia 2 <sup>a</sup> parcela | 33  | V5                  | 200 kg ha <sup>-1</sup> |
| Nitrogênio líquido           | 63  | VT                  | 10 L ha <sup>-1</sup>   |

Tabela 3 - Épocas de aplicação de cada tratamento para o híbrido hiperprecoce DKB230VTPRO3®.

\*ESTÁDIO FENOLÓGICO: segundo Ritchie, (2003); DAE: dias após a emergência

Os parâmetros avaliados foram: teores foliares nitrogênio foliar (N foliar); peso e mil grãos (P1000) e produtividade de grãos (PROD).

O delineamento foi de blocos casualizados, onde foram avaliados 24 tratamentos com diferentes formas de manejo de nitrogênio e sua associação com a densidade populacional, estes com três repetições, totalizando 72 parcelas a campo, conforme descritos na tabela 2.

No florescimento foi determinado os teores foliares de nitrogênio na repetição 1, visando quantificar o teor deste nutriente nos tratamentos estudados.

Os dados das características P1000 e PROD foram submetidos à análise de variância e as medias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando comparados os tratamentos dentro de cada população deve-se dar destaque aos tratamentos 21 e 22, os quais tem mesma população, sem aplicação de *A. brasilense* e com aplicação de ureia líquida, sendo que o que diferencia os dois é o tipo de ureia aplicada, como pode ser observado na tabela 4.

Isso pode ser um indício que a aplicação de *Azospirillum* pode vir a diminuir o teor de N na folha. Porém mais três tratamentos (15, 17 e 20) obtiveram níveis acima de 30 g kg<sup>-1</sup> de N.

Segundo Oliveira et al. (2004), teores de N foliar de 30 g kg<sup>-1</sup> estão associados à máxima produção de grãos de milho. Mendes et al. (2014) também chegaram a resultados de 30,5 g kg<sup>-1</sup> de N, aplicando 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, dividido em duas parcelas, para um híbrido de ciclo precoce, na região de Guarapuava, Paraná.

Em termos de produtividade, deve-se chamar a atenção para os altos índices que foram alcançados neste experimento, como pode ser observado na tabela 4. Onde a média dos 24 tratamentos ficou em 15.367 kg ha<sup>-1</sup>, mostrando o alto potencial

da área utilizada em termos de características climáticas e principalmente alta fertilidade. Mendes et al. (2013) também observaram médias altas de produtividades na mesma região do experimento em questão, médias acima de 12.000 kg ha<sup>-1</sup>, em um híbrido de ciclo hiperprecoce.

| TRATAMENTO   | N FOLIAR <sup>1</sup> | PROD <sup>2</sup> | P1000 <sup>2</sup> |
|--------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| 1            | 19,80                 | 13938 c           | 386,1 ab           |
| 2            | 28,20                 | 13956 c           | 397,1 ab           |
| 3            | 22,10                 | 15705 abc         | 402,1 ab           |
| 4            | 22,50                 | 15593 abc         | 390,9 ab           |
| 5            | 22,30                 | 15762 abc         | 395,7 ab           |
| 6            | 23,70                 | 14183 c           | 395,7 ab           |
| 7            | 26,70                 | 15072 abc         | 385,9 ab           |
| 8            | 26,60                 | 17208 ab          | 388,2 ab           |
| 9            | 27,50                 | 15024 abc         | 386,5 ab           |
| 10           | 18,90                 | 15158 abc         | 388,7 ab           |
| 11           | 24,50                 | 15074 abc         | 378,5 ab           |
| 12           | 20,60                 | 15612 abc         | 374,2 ab           |
| 13           | 19,40                 | 14562 abc         | 378,2 ab           |
| 14           | 14,70                 | 14975 abc         | 380,4 ab           |
| 15           | 35,30                 | 14498 bc          | 379,9 ab           |
| 16           | 12,60                 | 15158 abc         | 388,9 ab           |
| 17           | 34,40                 | 16114 abc         | 380,1 ab           |
| 18           | 16,70                 | 15099 abc         | 369,5 b            |
| 19           | 15,30                 | 15337 abc         | 377,4 ab           |
| 20           | 38,00                 | 15603 abc         | 374,9 ab           |
| 21           | 58,10                 | 16135 abc         | 381,8 ab           |
| 22           | 54,60                 | 15476 abc         | 388,8 ab           |
| 23           | 21,90                 | 17377 a           | 409,1 a            |
| 24           | 24,60                 | 16180 abc         | 382,9 ab           |
| <b>Média</b> | <b>26,21</b>          | <b>15367</b>      | <b>385,9</b>       |
| <b>CV</b>    | -                     | 5,87%             | 2,98%              |

Tabela 4 - Teor de nitrogênio foliar (N FOLIAR- g kg<sup>-1</sup>), produtividade de grãos (PROD - kg ha<sup>-1</sup>) e peso de mil grãos (P1000 - g) dos tratamentos avaliados.

<sup>1</sup>Valores de teor de nitrogênio obtidos na repetição 1, não aplicado teste de estatística.

<sup>2</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Destacou-se o tratamento 23 que constituía 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, sem aplicação de *A. brasilense*, sem aplicação de nitrogênio foliar e utilização de ureia comum, esse tratamento diferiu estatisticamente dos tratamentos 1, 2, 6 e 14 os quais foram contabilizados como tendo as menores produtividades, porém pelo teste de Tukey os demais tratamentos foram considerados iguais estatisticamente, como pode ser observado na tabela 4.

O resultado demonstra que o híbrido suporta alta população de plantas, pois como pode ser observado na tabela 4, todos os tratamentos que foram implantados com 90.000 plantas ha<sup>-1</sup> apresentaram produtividades acima de 15.000 kg ha<sup>-1</sup>. Pode-se observar também que apenas a aplicação da ureia comum foi suficiente para o alcance da maior produtividade, pois sua aplicação foi realizada no estágio correto e em condições climáticas favoráveis. Queiroz et al. (2011) testando diferentes fertilizantes nitrogenados observaram que independentemente da fonte utilizada

quanto mais nitrogênio aplicado em cobertura no solo maior era a produtividade dos híbridos avaliados.

Para a variável P1000, o tratamento 23 diferiu estatisticamente do tratamento 18, e os demais tratamentos não mostraram diferença estatística entre si. Porém é interessante observar na tabela 4, que, nos tratamentos de 1 a 8, em que a população de plantas foi ajustada para 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, os pesos mantiveram-se acima de 385 g, evidenciando que uma menor população de plantas tem a capacidade de produzir grãos mais pesados. Mendes et al. (2013) também chegaram a resultados de P1000 aproximados a 380 g, em população de 75.000 plantas.

## CONCLUSÃO

Os valores numéricos quantificados de nitrogênio foliar que se destacaram foram nos tratamentos sem aplicação de *A. brasilense* e utilizando a ureia líquida no estádio VT na população de 90.000 plantas.

Para peso de mil grãos, o tratamento sem *A. brasilense* e a ureia líquida foi superior ao tratamento com aplicação destes produtos, na mesma população de 90.000 plantas utilizando o híbrido DKB230VTPRO3®.

A população de 90.000 plantas obteve a maior produtividade de grãos, quando comparado com os resultados gerados com 70.000 e 80.000 plantas por hectare.

## REFERÊNCIAS

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. D. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. **Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. **Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília. 2013, 353p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.** Ciência & Agrotecnologia, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

MALAVOLTA, E. **O nitrogênio na agricultura brasileira.** Série de estudos e documentos – SED 70. CETEM/MCT. Brasília, DF, 2006, 72p.

MARTINS, F. A. D. et al. **Avaliação de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense*.** Pesquisa Agropecuária Gaúcha, Porto Alegre, RS, v. 18, n. 2, p. 103-110, 2012.

MENDES, M. C.; WALTER, A. L. B.; POSSATO JUNIOR, O.; RIZZARDI, D. A.; SCHLOSSER, J.; SZEUCZUK, K. **Dose de nitrogênio associado a enxofre elementar em cobertura na cultura do milho em plantio direto.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2014.

MENDES, M. C.; MATCHULA, P. H.; ROSSI, E. S.; OLIVEIRA, B. R.; SILVA, C. A.; SÉKULA, C. R. **Adubação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 12, n. 2, p. 92-101, 2013.

OLIVEIRA, S. A. **Análise foliar**. In: SOUSA M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 245-256. 2004.

PACENTCHUK, F.; NOVAKOWISKI, J. H.; NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E. **Nitrogênio complementar via foliar nas culturas do milho, soja e feijão: doses e estádios fenológicos de aplicação**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, RS, ed. 142/143, p. 28 – 34, 2014.

QUEIROZ, A. M.; DE SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. D. A. **Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Revista Brasileira Milho e Sorgo, v. 10, n. 1, p. 257-266, 2012.

SOARES, J. R. **Efeito de inibidores de urease e de nitrificação na volatilização de NH<sub>3</sub> pela aplicação superficial de ureia no solo**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, SP, 2011.

STAFANATO, J. B. et al. **Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 726-732, 2013.

## REDUÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E USO DE *Azospirillum brasilense* EM ESPAÇAMENTO REDUZIDO

### **Kathia Szeuczuk de Oliveira**

Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; Paraná;  
kahh.szeuczuk@gmail.com

### **Jean Carlos Zocche**

Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; Paraná

### **Cieli Berardi Renczecen Moraes**

Estudante – Pós-graduação; Universidade Estadual do Centro Oeste; Guarapuava; Paraná.

**RESUMO:** A alta demanda por fertilizantes nitrogenados, em conjunto com seu alto custo, tem gerado necessidade de pesquisas para o processo de fixação natural. O objetivo deste trabalho foi avaliar modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* na formulação líquida e sua associação com a redução de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho em espaçamento reduzido e o efeito no teor de nitrogênio foliar e grão e nas características agrônômicas, na safra agrícola 2015/16. O experimento foi instalado na Fazenda Três Capões, localizada no município de Guarapuava – PR, foi utilizado o híbrido DKB 240 PRO3. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco repetições, sendo um híbrido de milho e seis tratamentos com diferentes doses de adubação nitrogenada com ou sem associação a *Azospirillum brasiliense*, sendo T1: testemunha, T2: 55 kg

ha<sup>-1</sup> de N, T3: 110 kg ha<sup>-1</sup> de N, T4: 55 kg ha<sup>-1</sup> + inoculação no TS, T5: 55 kg ha<sup>-1</sup> + inoculação no sulco e T6: 55 kg ha<sup>-1</sup> + inoculação em área total. Os parâmetros avaliados foram stand inicial, NF, NGF, MS, N foliar, N grão, P1000 e PROD. Não há incremento no teor de nitrogênio foliar e no grão quando utilizado o inoculante a base de *Azospirillum brasilense* na forma líquida. O tratamento com inoculante a base de *Azospirillum brasilense* nas dosagens de 100 e 200 mL ha<sup>-1</sup> em TS e sulco respectivamente, bem como os tratamentos sem o inoculante propiciam incremento de produtividade de grãos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, bactéria diazotrófica, fertilizantes nitrogenados.

### REDUCTION OF NITROGEN IN MAIZE CROP AND USE OF AZOSPIRILLUM BRASILENSE IN REDUCED SPACING

**ABSTRACT:** The high demand for nitrogen fertilizers, together with its high cost, has generated research needs for the natural fixation process. The objective of this work was to evaluate the application of *Azospirillum brasilense* in the liquid formulation and its association with the reduction of nitrogen in cover, in the corn crop in reduced spacing and the effect on leaf nitrogen and grain content and

on the agronomic characteristics of the crop agricultural 2015/16. The experiment was installed at Fazenda Três Capões, located in the city of Guarapuava - PR, the hybrid DKB 240 PRO3 was used. The experimental design was a randomized block with five replicates, being a hybrid of maize and six treatments with different doses of nitrogen fertilization with or without association with *Azospirillum brasilense*, being T1: control, T2: 55 kg ha<sup>-1</sup> of N, T3: 110 kg ha<sup>-1</sup> of N, T4: 55 kg ha<sup>-1</sup> + inoculation in TS, T5: 55 kg ha<sup>-1</sup> + furrow inoculation and T6: 55 kg ha<sup>-1</sup> + inoculation in total area. The evaluated parameters were initial stand, NR, NGR, DM, N leaf, N grain, M1000 and YIELD. There was no increase in leaf nitrogen content and grain when *Azospirillum brasilense* base inoculum was used in liquid form. The treatment with inoculant based on *Azospirillum brasilense* at the doses of 100 and 200 mL ha<sup>-1</sup> in TS and furrow respectively, as well as the treatments without the inoculant propitiate increase of grain yield.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, diazotrophic bacteria, nitrogen fertilizers.

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho é exigente em nutrientes sendo o nitrogênio (N) o nutriente de maior importância, e sua deficiência pode ocasionar perdas no rendimento de grãos na ordem de 10 a 20%. A deficiência de N nas plantas causa o amarelecimento das folhas velhas, sendo seguido por clorose generalizada e perda das folhas (Subedi et al., 2009).

A alta demanda por fertilizantes nitrogenados, em conjunto com seu alto custo, tem gerado necessidade de pesquisas para o processo de fixação natural (Saikia & Jain, 2007). De maneira que o único processo biológico para aquisição de N disponível na natureza, é a fixação biológica de nitrogênio (FBN) feito por organismos específicos denominados diazotróficos (Araújo et al., 2014).

Nesse sentido, trabalhos com *Azospirillum* spp. têm mostrado favorecimento nos componentes de produção e a produtividade de grãos do milho (Kappes et al., 2013), incremento de massa seca de parte aérea e na produção de grãos no primeiro e segundo ano do experimento (Lana et al., 2012). E de acordo com Bashan et al. (2004), a inoculação com *Azospirillum* spp. reduz o uso de fertilizantes nitrogenados em 20-50%.

Com base no exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar modos de aplicação de *Azospirillum brasilense* na formulação líquida e sua associação com a redução de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho em espaçamento reduzido e o efeito no teor de nitrogênio foliar e grão e nas características agrônômicas, na safra agrícola 2015/16.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a safra agrícola 2015/16, na Fazenda Três Capões,

localizada no município de Guarapuava - PR. O local possui altitude média de 948 m de altitude, a 25° 26' 57.79" de latitude Sul, e 51° 38' 29.18" de longitude oriental Oeste. O experimento foi instalado no sistema de plantio direto (SPD), em área onde havia a cultura da aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno como cobertura do solo.

A topografia da região é considerada plana, e o clima é classificado como Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca definida, com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes conforme classificação de Köppen, sendo a temperatura média anual de 16,8° C, a média máxima 36 °C e a mínima, 6,8 °C. A precipitação média anual é de 1500 mm e umidade relativa de 77,9%. O solo é classificado como Latossolo Bruno Distrófico Típico, textura muito argilosa (Embrapa, 2013).

Foi utilizado o híbrido DKB 240 PRO3 e a semeadura realizada dia 17/10/2015. Para adubação de base foi utilizado 250 Kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado NPK 08-28-16, o qual sete dias antes da semeadura foi depositado no solo.

A semeadura foi realizada com o auxílio de matracas, depositando a semente na linha anteriormente sulcada. Após as plantas atingirem o estágio fenológico V4 (4 folhas expandidas), realizou-se um desbaste deixando 3,4 plantas m<sup>-1</sup> linear e uma população de 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco repetições, sendo um híbrido de milho e seis tratamentos com diferentes doses de adubação nitrogenada com ou sem associação à bactéria diazotrófica do gênero *Azospirillum brasiliense* utilizando o produto comercial Masterfix L Gramíneas® (2x10<sup>8</sup> células viáveis mL<sup>-1</sup>) e um tratamento testemunha, sem adubação e sem inoculação, totalizando 30 parcelas a campo. Foram realizadas aplicações de três maneiras diferentes da bactéria, via tratamento de sementes, aplicação em sulco com volume de 50 L ha<sup>-1</sup> e aplicação foliar com volume 150 L ha<sup>-1</sup> (estádio V4) conforme especificado na tabela 1 abaixo.

| Tratamento | Característica dos tratamentos  |
|------------|---|
| 1          | Testemunha absoluta (sem N e sem inoculação)  |
| 2          | 55 Kg ha <sup>-1</sup> de N   |
| 3          | 110 Kg ha <sup>-1</sup> de N  |
| 4          | 55 Kg ha <sup>-1</sup> de N + inoculação no TS (1 dose ha <sup>-1</sup> )             |
| 5          | 55 Kg ha <sup>-1</sup> de N inoculação no sulco de plantio (2 dose ha <sup>-1</sup> ) |
| 6          | 55 Kg ha <sup>-1</sup> de N + inoculação em pulverização (2 dose ha <sup>-1</sup> )*  |

Tabela 1. Tratamentos e forma de aplicação para o híbrido comercial DKB 240 PRO3. Guarapuava, 2016.

\*1 dose de Masterfix L Gramíneas = 100 mL ha<sup>-1</sup>; TS: tratamento de sementes.

Os parâmetros avaliados foram stand inicial (20 dias após semeadura) (STAND), número de fileiras de grão espiga<sup>-1</sup> (10 espigas por parcela) (NF), número de grãos por fileira (NGF), massa seca de parte aérea (MS), teor de nitrogênio foliar

(N foliar) utilizando-se para a determinação da folha oposta abaixo da espiga de duas plantas por parcela, teor de nitrogênio no grão (N grão), peso de mil grãos (P1000) produtividade de grãos (PROD).

Todos os dados das características avaliadas foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, sendo o programa utilizado o SISVAR® (Ferreira, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento observou-se que para os parâmetros de STAND, N foliar e N grão todos os tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento testemunha. Para número de fileiras (NF) não houve diferença significativa entre tratamento testemunha sem inoculação e os demais tratamentos com inoculação de *A. brasilense* e aplicação de N (Tabela 2) concordando com os resultados de Novakowski et al. (2011), em que a inoculação com *A. brasilense* não demonstrou diferença significativa com a testemunha.

| N            | Azo | Modo Aplicação | STAND    | NF      | NGF      | MS       |
|--------------|-----|----------------|----------|---------|----------|----------|
| 0            | 0   | -              | 33 a     | 14 a    | 35 b     | 12.669 b |
| 50%          | 0   | -              | 33 a     | 14 a    | 37 a     | 17.305 a |
| 100%         | 0   | -              | 33 a     | 14 a    | 38 a     | 17.210 a |
| 50%          | 100 | TS             | 34 a     | 14 a    | 37 a     | 19.149 a |
| 50%          | 200 | Sulco          | 32 a     | 16 a    | 36 b     | 16.453 a |
| 50%          | 200 | Área total     | 33 a     | 14 a    | 36 b     | 17.031 a |
| <b>Média</b> |     |                | 33       | 14      | 37       | 16.636   |
| <b>C.V.%</b> |     |                | 5,74     | 2,64    | 3,07     | 15,73    |
| N            | Azo | Modo Aplicação | N foliar | N grão  | P1000    | PROD     |
| 0            | 0   | -              | 16,82 a  | 17,77 a | 297,09 a | 9.171 c  |
| 50%          | 0   | -              | 15,70 a  | 19,57 a | 297,66 a | 11.655 b |
| 100%         | 0   | -              | 14,94 a  | 18,95 a | 304,02 a | 13.884 a |
| 50%          | 100 | TS             | 17,42 a  | 20,11 a | 291,25 a | 12.807 a |
| 50%          | 200 | Sulco          | 17,50 a  | 21,79 a | 301,42 a | 12.418 a |
| 50%          | 200 | Área total     | 16,06 a  | 29,89 a | 274,14 b | 11.263 b |
| <b>Média</b> |     |                | 16,41    | 19,85   | 294,26   | 11.866   |
| <b>C.V.%</b> |     |                | 34,77    | 15,06   | 3,26     | 8,92     |

Tabela 2. Médias das avaliações dos parâmetros estudados associados ao uso de diferentes doses de *Azospirillum brasilense*<sup>1</sup> em três diferentes modos de aplicação na cultura do milho. Guarapuava, 2016.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

\*TS – tratamento de semente; SULCO – aplicação no sulco de plantio; Área total – aplicação foliar na área da parcela em V4. \*\*Stand inicial - 20 dias após a semeadura (STAND); número de fileiras de grãos (NF); número de grãos por fileira (NGF); matéria seca por hectare (MS); teor de nitrogênio na folha (N foliar); teor de nitrogênio no grão (N grão); P1000 (peso de 1000 grãos em gramas); PROD (Produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup> a 13% de umidade).

Levando em consideração o parâmetro de número de grãos por fileira (NGF), os tratamentos 2, 3 e 4 diferiram estatisticamente do tratamento testemunha sendo semelhante aos dados de Novakowski et al. (2011), que encontraram nas aplicações de N com 75 e 150 kg ha<sup>-1</sup> sem inoculação valores superiores estatisticamente a testemunha.

Considerando o atributo de matéria seca (MS), os tratamentos com e sem inoculação da bactéria diazotrófica não diferiram entre si, porém, foram superiores de maneira significativa quando comparados com o tratamento testemunha (Tabela 2) corroborando com os resultados encontrados por Portugal (2015), que não observou diferença estatística para MS nos tratamentos com e sem inoculação de *A. brasilense*.

Para a variável peso de mil grãos (P1000) o tratamento 6 com 50% de N e aplicação de *A. brasilense* em área total se mostrou inferior ao tratamento testemunha e os demais tratamentos com diferença estatística. Para a variável produtividade de grãos (PROD) o tratamento testemunha apresentou-se igual ao tratamento 6 estatisticamente, enquanto os demais tratamentos foram superiores significativamente ao tratamento testemunha (Tabela 2).

Segundo Libório et al. (2015), analisando doses de N e inoculação com *A. brasilense* encontraram resultados contrastantes para P100 em que a dose de 50% de N + inoculante em TS mostrou-se significativamente maior que o tratamento testemunha.

Para o parâmetro de PROD os tratamentos com 50 e 100% de N + inoculante em TS e 100% de N sem inoculante apresentaram-se superiores estatisticamente a testemunha concordando com os dados encontrados neste trabalho. Mendes et al. (2014), também encontraram aumento de produtividade quando se aplicou *A. brasiliense* em com dose reduzida de N em milho.

## CONCLUSÕES

Não há incremento no teor de nitrogênio foliar e no grão quando utilizado o inoculante a base de *Azospirillum brasilense* na forma líquida nas diferentes doses de nitrogênio.

O tratamento com inoculante a base de *Azospirillum brasilense* nas dosagens de 100 e 200 mL ha<sup>-1</sup> em TS e sulco respectivamente, bem como os tratamentos sem o inoculante propiciam incremento de produtividade de grãos.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. O.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; NUNES, D. P.; SCALON, S. P. Q. **Qualidade de sementes de milho em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com bactérias diazotróficas**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 9, n. 2, p. 159-165, 2014.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. **Azospirillum - plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003)**. Canadian Journal Microbiology, v. 50, p. 521–577, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília. 2013, 353p.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. Ciência & Agrotecnologia, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BEM, E. A. D.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. **Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho**. Semina: Ciências Agrárias, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estudio de los climas de La tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- LANA, M.C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J.E. **Inoculation with Azospirillum, associated with nitrogen fertilization in maize**. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 399-405, 2012.
- LIBÓRIO, P. H. S.; TORNELI, I. M. B.; NÓBILE, F. O.; GUERREIRO, R. D.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Avaliação de híbridos de milho quanto a inoculação e adubação nitrogenada**. Ciência & Tecnologia: Jaboticabal, v. 7, n. especial, 2015.
- MENDES et al. **Estudo de dose e modo de aplicação de Azospirillum Brasilense com redução da adubação de cobertura na cultura do milho**. In: XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2014. Anais... Salvador: Embrapa, 2014.
- NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. **Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de Azospirillum brasilense na cultura do milho**. Semina: Ciências Agrárias, v. 32, n. 1, p. 1687-1698, 2011.
- PORTUGAL, J. R. **Coberturas vegetais e doses de nitrogênio, associadas à inoculação com Azospirillum brasilense, no cultivo do milho na região de Cerrado**. 2015, 106f. (Dissertação em sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2015.
- SAIKIA, S. P.; JAIN, V. **Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable Target or a dogma?** Current Science. Bangalore. v. 92, n. 3, p. 317-322, 2007.
- SUBEDI, K. D.; MA, B. L. **Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment**. Field Crops Research, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 21-26, 2009.

## VIGOR DE SEMENTES E A INFLUÊNCIA NO FILOCRONO EM HÍBRIDOS DE MILHO

### **Miguel Fredrich**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Juliano Dalcin Martins**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Marcos Paulo Ludwig**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Greisson Alex Kunz**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Iago Samuel Bohrz**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Lucas Henrique Henrichsen**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Rodrigo Porto Veronez**

Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

### **Betina Wottrich**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul - Câmpus  
Ibirubá  
Ibirubá - RS

**RESUMO:** O desenvolvimento da cultura do milho é fortemente influenciada pela temperatura. O ciclo do milho pode ser determinado através do acúmulo de graus-dias, através do cálculo da soma térmica pode-se determinar o filocrono. O filocrono é o tempo térmico necessário para o aparecimento de folhas sucessivas na haste principal de uma planta. Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do vigor de sementes no filocrono em híbridos de milhos. O experimento foi conduzido a campo, no ano agrícola de 2015/16, no município de Ibirubá/RS, os tratamentos foram 15 híbridos de milho. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. As plantas de alto e baixo vigor foram classificadas em função da velocidade de emergência. O filocrono foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas e a soma térmica acumulada a partir de emergência. O filocrono calculado ficou entre

35,46 a 50,59°C dia folha<sup>-1</sup> entre os híbridos estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** tempo térmico, aparecimento de folhas, temperatura

## SEED VIGOR AND THE INFLUENCE ON THE FILOCRON IN CORN HYBRIDS

**ABSTRACT:** The development of maize crop is strongly influenced by temperature. The corn cycle can be determined by the accumulation of degrees-days, by calculating the thermal time one can determine the phyllochron. The phyllochron is the thermal time required for the appearance of successive leaves on the main stem of a plant. Therefore the objective of this work was to evaluate the influence of seed vigor on phyllochron in corn hybrids. The experiment was conducted in the field, in the agricultural year of 2015/16, in the municipality of Ibirubá / RS, the treatments were 15 maize hybrids. The experimental design was a randomized block, with three replications. The plants of high and low vigor were classified according to the speed of emergency. The phyllochron was estimated by the inverse of the linear regression coefficient between the number of leaves and the accumulated thermal sum from the emergency. The calculated phyllochron was between 35.46 and 50.59 ° C leaf<sup>-1</sup> day among the studied hybrids.

**KEYWORDS:** thermal time, leaf appearance, temperature

## 1 | INTRODUÇÃO

A avaliação do desenvolvimento do milho com a duração do ciclo em dias vem se mostrando inconsistente. Isso ocorre pelo fato que a duração dos estádios fenológicos da cultura está associado com as condições ambientais. A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos períodos de desenvolvimento do milho (LOZADA & ANGELOCCI, 1999). Com a temperatura pode-se calcular a soma térmica, definida como o acúmulo térmico, acima da temperatura base, necessária para que a planta atinja um determinado estágio fenológico (NESMITH & RITCHIE, 1992). A taxa de emissão de folhas no colmo é determinada através do filocrono, que é o intervalo de tempo térmico, em graus-dias, entre a emissão de folhas com estádios similares de desenvolvimento (XUE et al., 2004).

Segundo Gadioli et al. (2000), o conhecimento das exigências térmicas, desde a emergência ao ponto de maturidade fisiológica, é fundamental para a previsão da duração do ciclo da cultura em função do ambiente. Essas informações, associadas ao conhecimento da fenologia da cultura, podem ser utilizadas no planejamento para definição da época de semeadura, da utilização de insumos (fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas, principalmente), da época de colheita (colheita de grãos ou momento de corte de milho para silagem).

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do vigor

de sementes no filocrono em diferentes híbridos de milho, a fim de disponibilizar informações para o planejamento, época de semeadura e de florescimento.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área didática e experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), *Campus Ibirubá* que está situada na região fisiográfica do Planalto Médio, Rio Grande do Sul, com clima Cfa (subtropical úmido) (MORENO, 1961). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico (EMBRAPA, 2006).

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2015/16, sendo a semeadura realizada no dia 19/10/2015, com densidade de 8 plantas por m<sup>2</sup>. A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora de 7 linhas e espaçamento entre linhas de 0,45m. Os tratamentos constituíram-se de 15 híbridos de milho, onde em cada parcela foram selecionadas e identificadas uma planta de baixo vigor e outra de alto vigor. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições.

Para a determinação das plantas de alto e baixo vigor, foi considerado o intervalo entre a semeadura e a emergência das plântulas. Para plantas de alto vigor foram considerados as plântulas que primeiro emergiram, e de baixo as que emergiam dois dias ou mais do que as de alto vigor.

Os dados meteorológicos diários foram obtidos por uma estação meteorológica automática, localizada a 100m do local de estudo. A temperatura média do ar foi determinada através da média aritmética dos 24 registros diários da temperatura registrada pela estação. A soma térmica diária (STd, °C dia), a partir da emergência, foi calculada de acordo com STRECK et al. (2007).

$$\begin{array}{ll} \text{Se a } T_b > T_{med} > T_{m\acute{a}x}; & STd = 0 \\ \text{Se a } T_b < T_{med} < T_{otm}; & STd = (T_{med} - T_b) \times 1 \text{ dia} \\ \text{Se a } T_{otm} < T_{med} < T_{m\acute{a}x}; & STd = \frac{(T_{m\acute{a}x} - T_{med}) \times (T_{otm} - T_b)}{(T_{m\acute{a}x} - T_{otm})} \times 1 \text{ dia} \end{array}$$

Em que:  $T_{med}$  é a temperatura média do ar,  $T_{otm}$  é a temperatura em que o crescimento da cultura é máximo,  $T_{m\acute{a}x}$  é a temperatura máxima do ar, partir da qual o desenvolvimento da cultura foi considerado nulo, sendo  $T_{otm}=28^{\circ}\text{C}$  e  $T_{m\acute{a}x}=36^{\circ}\text{C}$  (CUTFORTH; SHAYKEWICH, 1990; STRECK et al., 2008);  $T_b$  é temperatura base, considerada  $T_b=10^{\circ}\text{C}$  (LOZADA; ANGELOCCI, 1999). A soma térmica acumulada ( $STa$ , °C dia), a partir do dia de emergência, foi calculada por meio do somatório dos valores de  $STd$ , de acordo com MARTINS et al. (2012).

Para cada cultivar, a estimativa do filocrono foi realizada por uma regressão

linear simples entre o número de folhas expandidas (NFE) e a soma térmica acumulada (STa) a partir da emergência. O filocrono para cada planta foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NFE e STa (STRECK et al., 2005). O filocrono foi calculado com base no NFE por coincidir com a escala de desenvolvimento da cultura do milho (RITCHIE et al. 1993).

Os valores de filocronos e número de folhas foram submetidos a análise pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de filocrono foram de 38,97 e 42,17 °C dia folha<sup>-1</sup> para plantas de alto e baixo vigor, respectivamente. Mostrando que plantas de baixo vigor necessitam maior tempo térmico para emitir uma nova folha. A média neste estudo foi de 40,57 °C dia folha<sup>-1</sup>, esta média é semelhante a que foi encontrada por MARTINS et al. (2012). Essa semelhança ocorreu devido que as condições climáticas encontradas durante o ciclo foram semelhantes nas duas situações. Porém, STRECK et al. (2009) obteve valores médios de 55,7 e 53,9°C dia folha<sup>-1</sup>, para a cultivar 'BRS Missões', em sete épocas de semeadura, em dois anos agrícolas (2005/06 e 2006/07), respectivamente. O maior valor obtido por STRECK et al. (2009) pode ser atribuído às distintas metodologias utilizadas para calcular o filocrono, já que foi adotado  $T_b=8^{\circ}\text{C}$ , o que resulta em maiores valores de filocrono e do diferente híbrido utilizado.

Além disso, os valores de filocrono apresentaram diferenças entre os híbridos, conforme Tabela 1. Esta diferença está associado principalmente ao ciclo de cada híbrido, pois quanto maior for a precocidade do híbrido, menor será o filocrono e mais rápido será a emissão de folhas. Essas diferenças mostram que para obter uma melhor previsão da simulação do ciclo de desenvolvimento de híbridos de milho é necessário conhecer o seu valor de filocrono. Segundo MARTINS et al. (2012), para fins práticos de simulação de previsão da data de florescimento de híbridos de milho, deve-se considerar a diferença de filocrono entre os genótipos.

O número de folhas não apresentou diferença entre as plantas de alto e baixo vigor, conforme Tabela 2, resultados semelhantes foram encontrados em LUDWIG et al. (2008) com a cultura do feijão, LUDWIG et al. (2009), na cultura do milho.

| Híbrido       | Filocrono  |             | CV     |
|---------------|------------|-------------|--------|
|               | Alto vigor | Baixo vigor |        |
| AS 1656 PRO   | 41,44 Aab  | 50,59 Aa    | 10,44% |
| CD 384 PW     | 40,72 Aab  | 44,33 Aab   | 3,58%  |
| CD 3410 PW    | 37,69 Bab  | 41,15 Aab   | 0,66%  |
| CD 3770 PW    | 39,42 Aab  | 45,04 Aab   | 14,66% |
| CD 3560 PW    | 35,87 Ab   | 44,45 Aab   | 9,58%  |
| SUPREMO VIP 3 | 38,00 Aab  | 40,98 Aab   | 4,62%  |
| 2B688 PW      | 41,19 Aab  | 44,59 Aab   | 3,84%  |
| 2A401 PW      | 38,70 Aab  | 42,43 Aab   | 2,88%  |
| DKB 240 PRO 2 | 36,72 Aab  | 35,46 Ab    | 4,56%  |
| NS 56 PRO     | 38,02 Aab  | 39,20 Ab    | 6,41%  |
| P3456 H       | 38,24 Bb   | 41,43 Aab   | 1,36%  |
| P 1680 YH     | 38,12 Aab  | 37,43 Ab    | 7,43%  |
| P 1630 H      | 40,67 Aab  | 43,09 Aab   | 2,67%  |
| P 2530        | 41,84 Aa   | 42,97 Aab   | 4,10%  |
| 30F53         | 37,90 Bab  | 39,43 Ab    | 0,43%  |
| Média         | 38,97      | 42,17       |        |
| CV            | 4,78%      | 8,29%       |        |

Tabela 1: Valores de filocrono, em °C dia folha-1, para diferentes híbridos de milho no município de Ibirubá, RS. IFRS- Câmpus Ibirubá, 2016.

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na linha e pela mesma letra minúscula não diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro

| Híbrido       | Nº de folhas |             | CV     |
|---------------|--------------|-------------|--------|
|               | Alto vigor   | Baixo vigor |        |
| AS 1656 PRO   | 18,33 Aab    | 16,67 Ab    | 8,41%  |
| CD 384 PW     | 19,67 Aab    | 19,00 Aab   | 4,22%  |
| CD 3410 PW    | 19,67 Aab    | 18,67 Aab   | 3,69%  |
| CD 3770 PW    | 20,00 Aab    | 19,67 Aab   | 2,06%  |
| CD 3560 PW    | 20,67 Aab    | 17,00 Aab   | 10,84% |
| SUPREMO VIP 3 | 21,00 Aa     | 20,67 Aa    | 1,96%  |
| 2B688 PW      | 19,67 Aab    | 19,67 Aab   | 0,02%  |
| 2A401 PW      | 19,67 Aab    | 18,33 Aab   | 5,68%  |
| DKB 240 PRO 2 | 19,33 Aab    | 19,67 Aab   | 2,09%  |
| NS 56 PRO     | 21,00 Aa     | 20,33 Aab   | 3,95%  |
| P3456 H       | 20,67 Aab    | 20,00 Aab   | 2,01%  |
| P 1680 YH     | 19,67 Aab    | 19,67 Aab   | 6,23%  |
| P 1630 H      | 18,00 Ab     | 18,67 Aab   | 4,34%  |
| P 2530        | 19,00 Aab    | 18,33 Aab   | 2,19%  |
| 30F53         | 19,67 Aab    | 19,33 Aab   | 4,19%  |
| Média         | 19,73        | 19,05       |        |
| CV            | 5,86%        | 6,85%       |        |

Tabela 2: Valores de número de folhas para diferentes híbridos de milho no município de Ibirubá, RS. IFRS- Câmpus Ibirubá, 2016.

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si na linha e pela mesma letra minúscula não diferem entre si na coluna pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro.

Como não houve diferença entre o número de folhas, mas sim do valor de filocrono entre plantas de alto e baixo vigor. Portanto, plantas de alto vigor iram apresentar uma duração do período vegetativo de desenvolvimento menor que plantas de baixo vigor.

A diferença apresentada no filocrono entre plantas de alto e baixo vigor foi de 15,13°C dia folha<sup>-1</sup>, este valor possui uma implicação importante, quando o conceito do filocrono é utilizado para simular o aparecimento de folhas. Por exemplo, assumindo que um híbrido produza 19 folhas, a diferença de 15,13°C dia folha<sup>-1</sup> de filocrono resulta em 287,47 °C dia para emissão da última folha. Isto resultará em alguns dias do calendário civil, especialmente se durante a fase de emissão de folhas ocorrer temperaturas amenas abaixo da temperatura ótima.

## 4 | CONCLUSÕES

Plantas de maior vigor apresentam menor valor de filocrono, deste modo emitem folhas mais rapidamente, quando comparadas com plantas de baixo vigor.

Os híbridos apresentam valores distintos de filocronos.

## REFERÊNCIAS

CUTFORTH, H.W.; SHAYKEWICH, C.F. A temperature response function for corn development. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.50, p.159-171, 1990.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solo**. Brasília: Embrapa, 2006. 306p.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.G. Y; BASANTA, M.del V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.377-383, 2000

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da semeadura à floração de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p.31-36, 1999.

LUDWIG, M.P; SCHUCH, L.O.B; FILHO, O.A.L.; AVELAR, S.A.G.; MIELEZRSKI, F.; OLIVEIRA, S. de; CRIZEL, R.L. Desempenho de sementes e plantas de milho híbrido originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.1, p.83-92, 2009.

LUDWIG, M.P; SCHUCH, L.O.B; FILHO, O.A.L.; AVELAR, S.A.G.; MIELEZRSKI, F.; PANOZZO, L.E.; OLIVO, M.; SEUS, R. Desempenho de plantas de feijão originadas de lotes de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.2, p.44-52, 2008. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/3570/3895>>. Acesso em 18 de maio de 2016.

MARTINS, J.D.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; KNIES, A.E.; OLIVEIRA, Z.B.; BROETTO, T. Estimativa do filocrono em milho para híbridos com diferentes ciclos de desenvolvimento vegetativo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.777-783, 2012.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria de Agricultura. Diretoria de

terras e colonização, seção de geografia, 43p., 1961.

NESMITH, D.S.; RITCHIE, J.T. Short – and long – term responses of corn to a pre anthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, v.84, p.107-113, 1992.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Ames**: Iowa State University of Science and Technology/Cooperative Extension Service, 1993. 21p. (Special Report, 48).

STRECK, N.A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1275-1280, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n6/a08v35n6.pdf>>. Acesso em: 11 de março de 2016. doi: 10.1590/S0103-84782005000600008.

STRECK, N.A.; PAULA, F.L.M de; BISOGNIN, D.A.; HELDWEIN, A.B.; DELLAI, J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, v.142, p.1-11, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192306002826>>. Acesso em 17 de maio de 2016.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; GABRIEL, L. F.; SAMBORANHA, F. K. Simulating maize phenology as a function of air temperature with a linear and a non-linear model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 449-455, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n4/a02v43n4.pdf>>. Acesso em: 11 de março de 2016. doi: 10.1590/S0100-204X2008000400002.

STRECK, N.A.; LAGO, I.; SAMBORANHA, F.K.; GABRIEL, L.F.; SCHWANTES, A.P.; SCHONS, A. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.224-227, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a35v39n1.pdf>>. Acesso em: 29 de março de 2016. doi: 10.1590/S0103-84782009000100035.

XUE, Q; WEISS, A; BAENZIGER, P.S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.175, p.261-270, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380003004800>>. Acesso em 17 de maio de 2016

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**ALEXANDRE IGOR AZEVEDO PEREIRA** é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adubação nitrogenada 34, 38, 48, 55, 56, 58, 61

Aparecimento de folhas 62, 63, 67, 68

### B

Bactéria diazotrófica 37, 56, 58, 60, 61

Bioinformática 1, 3, 4, 5

### C

Colheitas sucessivas 22, 31, 32

Corn 2, 7, 10, 15, 16, 20, 34, 39, 40, 41, 49, 56, 63, 67, 68

### D

Doenças foliares 40, 42, 47

### F

Fertilizantes nitrogenados 34, 37, 49, 53, 56, 57

Fungicidas 37, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 63

### G

Genômica 1

Genomics 2, 7

### I

Indutor de resistência 40, 42, 43

Indutor de Resistência 40

Inoculação 15, 16, 20, 21, 33, 37, 38, 39, 50, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61

Inoculação de plantas 15

### M

Milho 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Milho crioulo 9, 10, 11, 14, 15, 17, 19

## **N**

Nitrogênio 15, 16, 20, 21, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

## **P**

População de plantas 9, 14, 48, 51, 53, 54

Produção de biomassa 22, 32

## **R**

Rebrota 22, 24, 30, 31, 32

## **S**

Sementes crioulas 15

Sorghum bicolor 1, 2, 4, 5, 6, 22, 23

Sorgo 1, 2, 3, 8, 14, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 39, 47, 54, 55, 61, 67

## **T**

Temperatura 23, 24, 29, 35, 58, 62, 63, 64, 67, 68

Tempo térmico 62, 63, 65

Teosinte 2

Teosinto 1, 3, 4, 5, 6

## **Z**

Zeamays 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 33, 34, 40, 41, 48, 49, 55, 56, 57

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-655-3

