



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E BIOTECNOLOGIA - REDE BIONORTE**



**DIVERGÊNCIA GENÉTICA, ADAPTABILIDADE E  
ESTABILIDADE, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ECONÔMICA  
DE CULTIVARES TRANSGÊNICAS E NÃO TRANSGÊNICAS DE  
MILHO CULTIVADO NO CERRADO TOCANTINENSE**

**MÁRCIO ECKARDT**

**Palmas - Tocantins**

**2022**

**MÁRCIO ECKARDT**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE,  
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ECONÔMICA DE CULTIVARES  
TRANSGÊNICAS E NÃO TRANSGÊNICAS DE MILHO CULTIVADO  
NO CERRADO TOCANTINENSE**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Tocantins, como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação e Biotecnologia

Orientador: Dr. Joênes Mucci Pelúzio

**Palmas - Tocantins**

**2022**

Eckardt, Márcio  
Divergência Genética, Adaptabilidade e Estabilidade, Análise Físico-Química e Econômica de Cultivares Transgênicas e Não Transgênicas de Milho Cultivado no Cerrado Tocantinense / Márcio Eckardt – Palmas: TO, 2022.  
87 f.: il.  
Orientador: Joenes Mucci Pelúzio  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE,

2022

MÁRCIO ECKARDT

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE,  
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ECONÔMICA DE CULTIVARES  
TRANSGÊNICAS E NÃO TRANSGÊNICAS DE MILHO CULTIVADO  
NO CERRADO TOCANTINENSE**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Tocantins, como requisito para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação e Biotecnologia

**Banca Examinadora**

---

Documento assinado digitalmente



**JOENES MUCCI PELUZIO**  
Data: 19/10/2022 18:57:33-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Documento assinado digitalmente



**FLAVIO SERGIO AFFERRI**  
Data: 20/10/2022 15:08:29-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Documento assinado digitalmente



**GLENDARA APARECIDA DE SOUZA MARTINS**  
Data: 04/11/2022 15:04:10-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Documento assinado digitalmente



**WALDIR CINTRA DE JESUS JUNIOR**  
Data: 04/11/2022 15:25:04-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Documento assinado digitalmente



**MARCOS ANTONIO LIMA BRAGANCA**  
Data: 04/11/2022 22:55:13-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

**Palmas - Tocantins**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que direta o indiretamente contribuíram, em especial a minha família.

*“O Senhor é o meu Pastor, nada me faltará.  
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.  
Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.  
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás  
comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam.  
Preparas uma mesa perante mim na presença dos meus inimigos, unges a minha cabeça com  
óleo, o meu cálice transborda.  
Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida; e  
habitarei na casa do Senhor por longos dias.”*

(Salmo, 23)

# **DIVERGÊNCIA GENÉTICA, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ECONÔMICA DE CULTIVARES TRANSGÊNICAS E NÃO TRANSGÊNICAS DE MILHO CULTIVADO NO CERRADO TOCANTINENSE**

## **RESUMO**

Os resultados do estudo da diversidade genética, adaptabilidade, estabilidade e os efeitos dos componentes do grão do milho sobre a produtividade, contribuem para o melhoramento genético da cultura, o aumento da produtividade, ganhos financeiros para o setor agropecuário e o fortalecimento da economia. Estudar nos cultivares disponíveis no mercado do estado do Tocantins, entre transgênicos e não transgênicos, sua importância econômica, a diversidade genética, a interação cultivar ambiente e a composição química do grão para cultura do milho no Vale do Araguaia, Estado do Tocantins. Neste sentido foram conduzidos quatro ensaios de competição de cultivares de milho, sendo dois em Paraisópolis do Tocantins e dois em Palmas na safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso, com três repetições e doze tratamentos, sendo constituídos por seis cultivares convencionais e por seis cultivares transgênicos. A produtividade e o lucro foram influenciados pela tecnologia empregada na semente. Em sua maioria, a composição dos grupos similares formados foi constituída tanto pelas cultivares transgênicas quanto pelas não transgênicas. Houve resposta diferencial entre as cultivares oriundas de tecnologias transgênicas e não transgênicas. Cultivares transgênicas e não transgênicas, em sua maioria, foram mais adaptadas aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. O amido apresentou correlação significativa alta e positiva, em contraposição, os teores de óleo e de proteína apresentaram correlação negativa a produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biotecnologia; Custos; Divergência genética; Interação cultivar x ambiente; Comercialização; Produtividade de grãos; Análise físico-química.

**GENETIC DIVERGENCE, ADAPTABILITY AND STABILITY, PHYSICAL-CHEMICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF TRANSGENIC AND NON-TRANSGENIC CORN CULTIVARS CULTIVATED IN THE CERRADO TOCANTINENSE**

**ABSTRACT**

Os resultados do estudo da diversidade genética, adaptabilidade, estabilidade e os efeitos dos componentes do grão do milho sobre a produtividade, contribuem para o melhoramento genético da cultura, o aumento da produtividade, ganhos financeiros para o setor agropecuário e o fortalecimento da economia. Estudar nos cultivares disponíveis no mercado do estado do Tocantins, entre transgênicos e não transgênicos, sua importância econômica, a diversidade genética, a interação cultivar ambiente e a composição química do grão para cultura do milho no Vale do Araguaia, Estado do Tocantins. Neste sentido foram conduzidos quatro ensaios de competição de cultivares de milho, sendo dois em Paraisópolis do Tocantins e dois em Palmas na safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso, com três repetições e doze tratamentos, sendo constituídos por seis cultivares convencionais e por seis cultivares transgênicas. A produtividade e o lucro foram influenciados pela tecnologia empregada na semente. Em sua maioria, a composição dos grupos similares formados foi constituída tanto pelas cultivares transgênicas quanto pelas não transgênicas. Houve resposta diferencial entre as cultivares oriundas de tecnologias transgênicas e não transgênicas. Cultivares transgênicas e não transgênicas, em sua maioria, foram mais adaptadas aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. O amido apresentou correlação significativa alta e positiva, em contraposição, os teores de óleo e de proteína apresentaram correlação negativa a produtividade.

**KEYWORDS:** Biotechnology; Costs; Genetic divergence; Cultivate x environment interactions; Commercialization; Grain yield. Análise físico-química

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1:** Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Paraíso do Tocantins ..... 16

**Figura 2:** Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Palmas..... 17

### Capítulo 2

**Figura 1.** Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Paraíso do Tocantins..... 29

**Figura 2.** Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Palmas..... 29

**Figura 3.** Agrupamento, para análise conjunta, de 12 cultivares de milho transgênica e não transgênica por meio do método UPGMA (corte a 62%) a partir da distância de Mahalanobis (D2)..... 34

### Capítulo 3

**Figura 1.** Dados semanais de temperatura e precipitação no município de Paraíso do Tocantins e Palmas em 2018 e 2019..... 43

### Capítulo 4

**Figura 1** – Dados de temperatura e precipitação semanais no município de Paraíso do Tocantins e Palmas..... 61

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

<b>Tabela 1:</b> Composição de custo em US\$ por ha <sup>-1</sup> de cultivares de milho no estado do Tocantins, Safra 2018/2019.....	19
<b>Tabela 2:</b> Resumo da análise de variância conjunta para produção de grãos (Kg.ha <sup>-1</sup> ), de cultivares de milho, em quatro ensaios no Estado do Tocantins, Safra 2018/2019.....	20
<b>Tabela 3:</b> Produtividade em kg.ha <sup>-1</sup> (Prod), lucro ou prejuízo em US\$ por hectare (L/P), em quatro ensaios no estado do Tocantins. Safra 2018/19.....	20

### Capítulo 2

<b>Tabela 1.</b> Resultado de análise de solo em Paraíso do Tocantins e Palmas.....	28
<b>Tabela 2.</b> Estimativa de dissimilaridade entre 12 cultivares de milho, transgênicas e não transgênica, em relação às características, com base na distância de Mahalanobis (D2), para adubação de 50, 100, 150 kg de N por ha <sup>-1</sup> e análise conjunta.....	31
<b>Tabela 3.</b> Agrupamento pelo método de Tocher, com base na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis de 12 genótipos de milho, para análise conjunta, 50, 100 e 150 kg de N por ha <sup>-1</sup> .....	33
<b>Tabela 4.</b> Contribuição relativa, em porcentagem, das onze características para o processo de dissimilaridade genética dos genótipos de milho.....	35

### Capítulo 3

<b>Tabela 1.</b> Ambientes produzidos por combinações de local, época de semeadura e doses de N em cobertura nas safras 2018/19 e 2019/20.....	45
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância conjunta da produtividade avaliada nos doze ambientes com plantio em Paraíso do Tocantins e Palmas .....	46
<b>Tabela 3.</b> Estimativas da fração simples (%FS) e fração complexa (%FC) da interação C x A e da correlação (R) entre os pares de 12 ambientes de avaliação, de doze cultivares de milho, baseadas na produtividade média com base no método de Cruz & Castoldi (1991) e a correlação de Pearson .....	47
<b>Tabela 4.</b> Índice ambiental (Ij) de doze ambientes, para produtividade média, obtidos pelo método de Eberhart & Russell (1966), sob duas épocas de semeadura, em Paraíso do Tocantins e Palmas.....	48

**Tabela 5.** Parâmetros de Adaptabilidade (B1) e estabilidade S<sup>2</sup>d, para produtividade média pelo método de Eberhart & Russell (1966) e de Lin & Binns (1988) – Modificado por Carneiro (1988) Pi, PiFav e PiDesf, em doze ambientes sob duas épocas de semeadura, em Paraíso do Tocantins e Palmas..... 48

**Tabela 6.** Agrupamento dos doze ambientes baseado na produtividade média segundo o método proposto por Lin (1982), sob duas épocas de semeadura, em Paraíso do Tocantins e Palmas..... 51

#### **Capítulo 4**

**Tabela 1** – Características do solo conforme análise a 20 cm de profundidade para Paraíso do Tocantins e Palmas..... 60

**Tabela 2** – Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre a produtividade de grãos e quatro componentes químicos do grão (óleo, proteína, fibras e amido) de doze cultivares de milho, em análise conjunta de dois locais (Paraíso do Tocantins e Palmas) no ano agrícola 2018-2019 no estado do Tocantins..... 62

**Tabela 3** – Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos componentes químicos do grão de milho sobre a produtividade de grãos, de 12 cultivares de milho, em análise conjunta..... 63

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
<b>3. CAPÍTULO 1</b> .....	<b>9</b>
3.1 ANÁLISE ECONÔMICA DE MILHO CONVENCIONAL E TRANSGÊNICO NO CERRADO TOCANTINENSE .....	9
<b>4. CAPÍTULO 2</b> .....	<b>21</b>
4.1 DIVERGÊNCIA ENTRE CULTIVARES DE MILHO TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO SOB CULTIVO NO CERRADO .....	21
<b>5. CAPÍTULO 3</b> .....	<b>36</b>
5.1 ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E ESTRATIFICAÇÃO AMBIENTAL DE MILHO TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO NO CERRADO .....	36
<b>6. CAPÍTULO 4</b> .....	<b>53</b>
6.1 CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE COMPONENTES FÍSICO- QUÍMICOS DE GRÃOS DE MILHO CULTIVADO SOB BAIXA LATITUDE.....	53
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>65</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>71</b>
Anexo 1: Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “análise econômica de milho convencional e transgênico no cerrado tocantinense” .....	71
Anexo 2: Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “Divergência entre cultivares de milho transgênico e não transgênico sob cultivo no cerrado” .....	72
Anexo 3: Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “Adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental de milho transgênico e não transgênico no cerrado” .....	73
Anexo 4: Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “Correlação e análise de trilha de componentes físico-químicos de grãos de milho cultivado sob baixa latitude” .....	74

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do milho tem sido utilizada como fonte de alimentos para seres humanos e animais. Tem importante papel social e econômico, além de ser considerada como um dos pilares do sistema agropecuário e econômico brasileiro, por sua significativa evolução tecnológica e contribuição na segurança alimentar (FILHO e BORGHI, 2018).

O milho é o segundo grão mais produzido no Brasil. Na safra 2021/22 com área plantada de 21498,8 mil hectares e uma produção de 114588,1 mil toneladas totalizou 42% do total da produção. No norte do Brasil o Estado do Tocantins é o principal produtor do cereal, alcançando na safra 2021/22 o total de 1735,5 mil toneladas produzidas em uma área plantada de 365,1 mil hectares (CONAB, 2022).

Com a consolidação da cultura, são necessárias técnicas de controle financeiro e apuração de custos de produção, para que os atores da cadeia produtiva do milho tenham ferramentas para a tomada de decisão. A administração rural, com planejamento pautado em informações de mercado e processo produtivo, tornou-se uma alternativa para a identificação dos principais gargalos nos sistemas de produção, permitindo levantar informações a fim de aumentar a eficiência na tomada de decisão (ARTUZO *et al.*, 2017).

Em conjunto com uma eficiente gestão do processo produtivo, o conhecimento e a construção de cultivares geneticamente capazes de responder aos estímulos do ambiente, contribuem para o sucesso e ampliação do cultivo da cultura. A divergência utilizada em conjunto com a análise de trilha, contribuem com o conhecimento sobre o comportamento das cultivares, amplia o detalhamento das características e suas relações diretas e indiretas (PINHEIRO *et al.*, 2021). Desta forma, é possível traçar estratégias para maximizar os ganhos genéticos de características desejadas (ENTRINGER *et al.*, 2014). O estudo da divergência genética para a identificação de possível erosão genética e seleção de novas cultivares é importante para o desenvolvimento de novas cultivares com melhor capacidade produtiva (ARTUZO *et al.*, 2019; CHANDEL *et al.*, 2019).

Em complemento ao estudo da divergência, é importante identificar cultivares que apresentem elevada capacidade produtiva e adaptação ao ecossistema onde serão cultivadas. Neste contexto, o desenvolvimento de cultivares com ampla adaptação e ganhos constantes de produtividade estão entre os principais objetivos de programas de melhoramento (CHANDEL *et al.*, 2019). Para KAPPES *et al.* (2011) além de cultivares que sejam adaptadas a vários

ambientes, o rendimento da cultura depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo.

Com a identificação de cultivares de elevado potencial genético, com ampla adaptação e que proporcionem condições de ganhos financeiros, o grão do milho, por sua composição química, se fortalece no mercado como fonte de proteína para a alimentação animal ou matéria-prima para a produção de biocombustíveis. A produção do grão de milho é amplamente utilizada na alimentação animal, por ser de alta digestibilidade e apresentar quantidades satisfatórias de proteínas, fibra, óleo e amido (ALVES *et al.*, 2015). Porém suas características químicas são dependentes da interação de fatores ambientais, o que pode alterar a quantidade dos componentes (ARTUZO *et al.*, 2018; EMBRAPA, 2020).

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Estudar nos cultivares disponíveis no mercado do estado do Tocantins, entre transgênicos e não transgênicos, sua importância econômica, a diversidade genética, a interação cultivar ambiente e a composição química do grão para cultura do milho no Vale do Araguaia, Estado do Tocantins.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar a produtividade, os custos e o lucro ou prejuízo de milho transgênico e convencional na região central do estado do Tocantins;
- Identificar a diversidade genética fenotípica dos genótipos de milho convencionais e transgênicos, disponibilizados aos agricultores, no Vale do Araguaia, estado do Tocantins;
- Medir a interação cultivar x ambiente em cultivares comerciais de milho transgênico e não transgênico na região do Vale do Araguaia estado do Tocantins;
- Analisar os efeitos diretos e indiretos entre os componentes químicos do grão na produtividade de milho sob cultivo em baixa latitude.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O milho é uma planta herbácea, de ciclo anual (SOUZA e PIRES, 2012). Botanicamente é classificada no reino Plantae; classe Monocotyledonae; família Poaceae; gênero *Zea* e Espécie, *Zea mays L.* (CASTRO e KLUGE, 2005). O gênero *Zea* é composto por um grupo de gramíneas, algumas perenes e outras anuais, nativas do México e da América Central (DOEBLEY, 1990).

O estudo da cultura do milho teve seus primeiros registros, após Colombo retornar de Cuba levando consigo o milho para a Europa. Aponta-se que foram encontradas plantações de milho espalhadas por todas as três Américas, atingindo latitudes elevadas nos dois hemisférios e sendo encontradas desde o nível do mar até altas altitudes. O que demonstra que o milho deve possuir uma alta diversidade genética para poder ocupar uma gama de ambientes tão distintos (SILVA *et al.*, 2015; FREITAS, 2001).

Mais especificamente no Brasil, de acordo com Prous (1986), alguns achados arqueológicos - de milho - sugerem que esta espécie era cultivada, em Minas Gerais, pelo menos desde 4.500 anos da data presente, tomando por base o ano de 1950.

Em todo seu histórico de desenvolvimento, com a continuidade da exploração e a intensificação no estudo a cultura apresenta aumento na produção (SOUZA, 2018) e está sendo considerada uma das principais fontes de alimento produzidas no país, quer seja diretamente ou por meio da alimentação de animais (SILVA *et al.*, 2015; SOUZA, 2018). Além do fortalecimento do agronegócio e da economia (FILHO e BORGHI, 2018).

### **A importância econômica da cultura do milho**

Esta importante cultura é essencial para o avanço quantitativo e qualitativo do consumo de alimentos no Mundo e no Brasil, que ocorre através da interação entre os diversos elos da cadeia produtiva, sendo de fundamental importância para o setor agropecuário, se constituindo em um dos principais insumos do complexo agroindustrial devido às suas mais de 3500 diferentes aplicações, assumindo importante papel socioeconômico (PINHEIRO, 2021).

Por ser um dos três cereais mais plantados no mundo e ao mesmo tempo consumido, o milho se constitui em importante *commoditie* na balança comercial brasileira. O Brasil é o segundo maior exportador, mesmo com a queda das exportações em 2021 em relação a 2020 (-40%), gerando receita de US\$ 4,1 bilhões, além de ser o quarto maior consumidor deste cereal (CEPEA, 2021; ETENE, 2021).

Acompanhando o desenvolvimento tecnológico nacional, a cultura do milho tem se tornado economicamente importante para o estado do Tocantins, ficando em segundo lugar em termos de produção de grãos (CONAB, 2022a). Sendo o total produzido no estado na safra 2021/22, a soma da primeira, 240,6 mil toneladas, e da segunda safra, 1.494,9 mil toneladas. As duas safras se diferenciam principalmente pela época de plantio, a primeira safra de outubro a janeiro e a segunda de janeiro a abril (CONAB, 2019).

O plantio de milho safrinha no estado do Tocantins deve ser realizado o mais cedo possível após a retirada da soja plantada no verão, preferencialmente, até a primeira quinzena do mês de fevereiro (EMBRAPA, 2016). Ao comparar a produção total da safra 2021/22 (1.735,5 mil toneladas) com a safra do ano anterior (1.115,6 mil toneladas) (CONAB, 2022b) é possível verificar o potencial e a importância da cultura para a economia do estado do Tocantins.

Somando-se ao total do grão produzido no Brasil, a produção tocantinense tem 33% de sua safra destinada à exportação, e os outros 67% são destinados ao consumo interno (CONAB, 2022b), dividindo-se entre alimentação animal, indústria, biocombustíveis e consumo humano, que apesar de pouca participação se constitui em importante uso desse cereal em regiões de baixa renda (CONAB, 2022c; EMBRAPA, 2022).

Porém, para que os agricultores possam usufruir das tecnologias e dos efeitos econômicos em sua atividade, é importante identificar a cultivar mais adaptada e potencialmente vantajosa a ser implantada em sua propriedade (ARTUZO *et al.*, 2019).

Ao comparar a evolução dos sistemas de produção dos anos 40, com os utilizados atualmente Galvão *et al.* (2014) apontam que a ascendente produtividade da cultura é influenciada pelos avanços tecnológicos, a adaptação as diversas características ambientais regionais e diferentes adubações, além da evolução das cultivares transgênicas.

Com o avanço das técnicas modernas de identificação e indicação de cultivares com maior potencial produtivo, estudos de Santos *et al.* (2014), Carvalho *et al.* (2016), Afférrri *et al.* (2020) buscaram identificar cultivares com possibilidades de adaptação em diferentes ambientes de cultivo, adubações e regiões produtoras e assim potencializar características específicas de cada cultivar.

As análises de estratificação ambiental permitem identificar se as informações geradas em diferentes locais são complementares ou divergentes e podem auxiliar na escolha de ambientes representativos, além de revelar a influência do ambiente na produtividade de grãos (COTRIM *et al.*, 2019)

Quanto ao comportamento da cultura em diferentes ambientes de cultivo, estudos de Sodré *et al.* (2016), Nardino *et al.* (2017), Santos *et al.* (2018), Afféri *et al.* (2020) estudaram as características que podem ser importantes para a seleção de materiais que melhor se adaptam a região do cerrado e promissores em produtividade. Chandel *et al.* (2019) destaca que o desenvolvimento de cultivares com ampla adaptação tem sido um dos objetivos de programas de melhoramento.

Para Kappes *et al.* (2011) além de cultivares que sejam adaptadas a vários ambientes, o rendimento da cultura depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo. Segundo Artuzo *et al.* (2019), o caminho e a importância da cultura, são trilhados por meio dos ganhos constantes de produtividade que tem relação direta com o desenvolvimento de novas cultivares mais produtivas, adaptadas a diferentes climas, resistentes a pragas e que respondem com maior positividade ao uso de técnicas modernas de produção.

Nesse contexto, a adaptabilidade das cultivares a diferentes ambientes depende e é influenciada por fatores como solo, locais, safras, épocas de plantio, manejo e a tecnologia aplicada Afféri (2020), e está relacionada a capacidade das cultivares aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, alcançando produtividade satisfatória (MASTRODOMENICO *et al.*, 2018). O conceito de estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos mostrarem uma resposta previsível em função do estímulo do ambiente (BARROSO, 2013)

De acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966), os genótipos com coeficiente de regressão igual à unidade ( $\beta_1=1$ ) possuem adaptabilidade geral ou ampla; os genótipos com  $\beta_1>1$  mostram adaptabilidade específica para ambientes favoráveis; os genótipos com  $\beta_1<1$  mostram adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis. O genótipo ideal é aquele que apresenta produção superior à média geral, coeficiente de regressão igual à unidade ( $\beta_1=1$ ) e comportamento previsível ( $\sigma^2_d = 0$ ). Por esta metodologia, a estabilidade é estimada pelos desvios da regressão ( $\sigma^2_d$ ) ou pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que apresentam relação contrária, ou seja, genótipos estáveis serão aqueles com maiores valores de  $R^2$  e menores de  $\sigma^2_d$ .

O genótipo ideal, ou seja, com ampla adaptabilidade/estabilidade para cada ambiente, é aquele com média alta e menor valor de  $P_i$ .

Afféri *et al.* (2020) concluem que diferentes doses de adubação nitrogenada e diferentes épocas de plantio podem promover a formação de ambientes distintos e que o estudo dos ambientes pode levar aos pesquisadores ao entendimento da redução de ambientes para

pesquisa, assim, diminuindo os custos da pesquisa, bem como proporcionar condições de identificar cultivares que se adaptam a diferentes ambientes.

A identificação da influência dos ambientes nas características e na divergência genética é importante para o direcionamento dos programas de melhoramento (DOTTO *et al.*, 2010). Além de que na obtenção de cultivares adaptados às condições edafoclimáticas de uma determinada região, é importante que as diferenças entre os cultivares estejam sob controle genético (MELO *et al.*, 2019).

Para melhores combinações genéticas é importante que as cultivares sejam o mais dissimilares entre si e associem média elevada e variabilidade nas características a serem melhoradas (MELO *et al.*, 2019). Oliboni *et al.* (2012) afirmam que a divergência genética está relacionada ao grau de distância entre as populações no conjunto de caracteres genéticos que diferem entre as populações.

O processo de avaliação da dissimilaridade conta com técnicas como a distância generalizada de Mahalanobis que busca identificar a medida da dissimilaridade, entre as cultivares estudadas. Após são utilizadas técnicas de aglomeração, como método de agrupamento de otimização de Tocher, para agrupar as cultivares mais semelhantes (SODRÉ *et al.*, 2016). Conhecer as cultivares dissimilares entre si é importante, mas não menos importante é identificar as características e o grau de contribuição de cada característica na diferenciação entre as amostras estudadas, para isto pode ser utilizada a contribuição relativa de Singh, que quantifica a contribuição de cada característica estudada (SANTOS, 2018).

Neste sentido, buscando atender as necessidades ou exigências do mercado o estudo da diversidade genética é importante para os programas de melhoramento genético, pois a variabilidade existente entre os genótipos é uma estratégia para obter ganhos de seleção nos cruzamentos, maximizar a adaptação e conhecer como determinadas características se correlacionam (SILVA, 2019).

Estudos de Santos *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2019) encontraram elevada magnitude entre cultivares de milho estudadas sob diferentes níveis de nitrogênio do estado do Tocantins, indicando variabilidade genética e influência dos níveis de nitrogênio na dissimilaridade. Para Sodr e *et al.* (2017) a produ o de proteína indicou a existência de variabilidade genética e a intera o genótipos x ensaios o que revelou a importância de realizar estudos de dissimilaridade genética com a utiliza o de ensaios diferentes.

Desta forma, para selecionar cultivares, é importante analisar a composição físico-química do grão do milho, que é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo e ponta, que normalmente apresentam, em base seca, 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% fibra, e 4% de óleo (PAES, 2006). Visto que, o desenvolvimento do grão de milho é significativamente influenciado pelas condições climáticas (ALVES *et al.* (2011). Conseqüentemente, buscando obter cultivares com rendimento e composição química dos grãos desejada, a época de plantio e as condições climáticas devem ser levadas em consideração (FARIA *et al.*, 2018).

No melhoramento, é importante identificar, entre as variáveis de alta correlação com a variável básica, aquelas de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (CRUZ *et al.*, 2004).

Para tal, a correlação linear de Pearson, pode ser utilizada para representar a relação entre duas variáveis, porém sem apresentar as relações indiretas (CABRAL *et al.*, 2016). É necessário, entretanto, considerar que a correlação por si só pode levar a erros de interpretação, sendo preciso utilizar-se de métodos adequados para maior detalhamento dos resultados.

Para especificação da variável dependente principal, a análise de trilha possibilita entender as relações diretas e indiretas (PINHEIRO *et al.*, 2021). Além disso, a trilha permite particionar o coeficiente de correlação e quantificar as relações diretas e indiretas - causa e efeito - de todas as variáveis envolvidas na resposta (GONÇALVES *et al.*, 2017). Para Coimbra *et al.* (2005) a análise trilha permite compreender os efeitos diretos e indiretos de uma convergência entre uma variável principal e outras determinadas.

Porém, para que a avaliação da associação entre caracteres tenha estimativa e gere interpretação apropriada e segura, é de fundamental importância que se teste o grau de colinearidade entre as variáveis independentes (COIMBRA *et al.*, 2005).

Desta forma, quando o número de condições for  $< 100$ , a multicolinearidade é fraca, entre 100 e 1000, a multicolinearidade é moderada a forte e quando  $> 1000$ , a multicolinearidade é severa (MONTGOMERY e PECK, 1981).

Em estudos com a metodologia da análise de trilha, buscando entender a composição do milho Mahesh *et al.* (2014) observarem correlações positivas entre teor de amido e produtividade, e efeitos negativos do teor de óleo e proteína. Os autores acrescentam que nesta relação, conforme o tamanho do endosperma aumenta o teor de amido e a produtividade. Já

Duarte, Carvalho e Cavichhioli (2008) apontam resultados em que as cultivares com maior produtividade tiveram menor teor de óleo.

### 3. CAPÍTULO 1

#### 3.1 ANÁLISE ECONÔMICA DE MILHO CONVENCIONAL E TRANSGÊNICO NO CERRADO TOCANTINENSE

---

ECKARDT, Márcio. CARDOSO, Ila Raquel Melo. SILVA, Núbia Adriane da. PELÚZIO, Joenes Mucci. AFFÉRI, Flávio Sérgio.

---

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/biologia/milho-convencional

#### Resumo

Para definição de estratégias de produção de milho no cerrado brasileiro, é necessário conhecer o impacto da biotecnologia na produtividade e retorno financeiro, em diferentes cultivares convencionais e geneticamente modificadas. O presente trabalho foi realizado visando estudar a produtividade, os custos e o lucro ou prejuízo de milho transgênico e convencional na região central do estado do Tocantins. Foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de milho, sendo dois em Paraiso do Tocantins e dois em Palmas na safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso, com três repetições e doze tratamentos, sendo constituídos por seis cultivares convencionais e por seis cultivares transgênicas. Foram obtidos as produtividades, custos, receitas e lucro por cultivar em cada ensaio. A produtividade e o lucro foram influenciados pela tecnologia empregada na semente, com destaque para a cultivar convencional 5CHT, maior custo e a cultivar transgênica 7THT maior lucro. Ocorreu a tendência de maiores produtividades para cultivares transgênicas, porém, com oscilações nas combinações específicas entre ensaios e cultivares, reforçando a necessidade de estudos para o produtor adquirir sementes de cultivares indicadas ao ambiente de cultivo em sua propriedade.

Palavras chave: Biotecnologia; Custos; Lucro; Prejuízo; Tecnologia de semente.

## Introdução

Segundo CONAB (2020a), o estado do Tocantins entregou como produtividade média para a safra 2021/2022 um total de 5.079 kg de milho por ha<sup>-1</sup>. É uma produtividade sustentada por técnicas biotecnológicas que têm sido desenvolvidas, buscando melhorias para a produção de milho resistente aos insetos e tolerante aos herbicidas, ou a combinação de ambos (MIGUEL *et al.*, 2014).

Para Vargas *et al.* (2019), isto é possível porque, com a utilização de plantas geneticamente modificadas, podem-se alcançar resultados positivos em incrementos de produtividade, aliados à redução no uso de pesticidas químicos e nos custos de produção.

Assim sendo, para que os agricultores possam potencializar os efeitos econômicos em sua atividade, o levantamento e a interpretação dos custos de produção, com a consequente avaliação das informações da receita, tornam-se ferramentas que possibilitam obter informações para a tomada de decisão sobre a atividade agrícola, e qual a cultivar a ser implantada pelo agricultor (ARTUZO *et al.*, 2018).

Para Duarte *et al.* (2009), a teoria econômica preconiza que há, pelo menos, três efeitos na produção de um bem, sendo o efeito relacionado ao aumento da produtividade dos fatores de produção, à redução dos custos de produção e ao aumento da produção. Tal fator pode ser sentido na agropecuária de forma individual ou conjunta com o lançamento de uma nova cultivar geneticamente modificada, a qual, embora tenha sido anunciada como tecnologia capaz de aumentar a produtividade, tem apresentado como maiores efeitos na redução de custos e na diminuição das perdas frente outras cultivares.

Dessa forma, com a possível redução de custos de produção de milho motivada pelo avanço da biotecnologia, a identificação das possíveis diferenças de custos e o retorno financeiro entre cultivares convencionais e transgênicas na região central de Tocantins contribuem para a formação de banco de informações que possa auxiliar no desenvolvimento do agronegócio.

Nesse sentido, o presente estudo busca estabelecer uma análise econômica de cultivares de milho transgênicas e convencionais na região central do estado do Tocantins.

## Material e Métodos

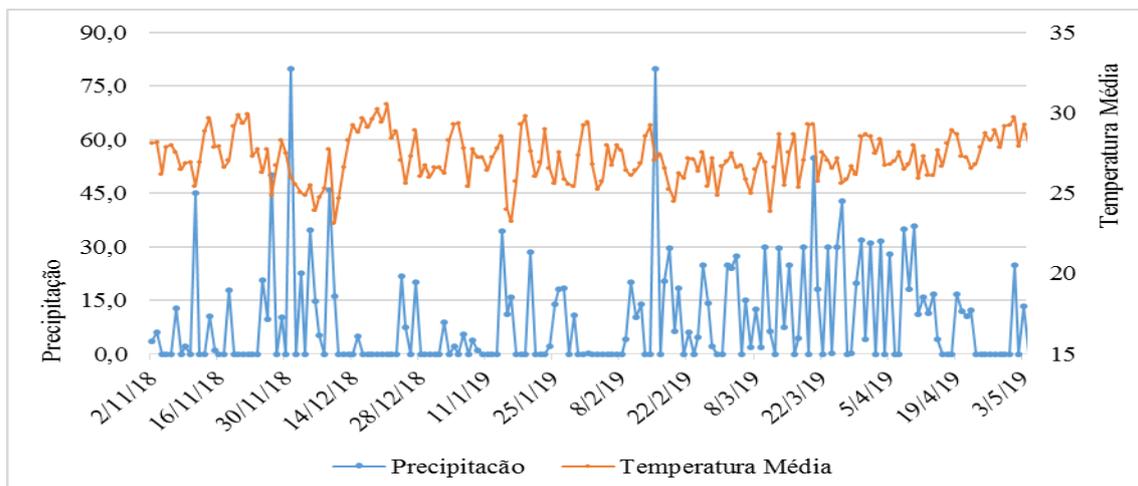
Foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de milho na região central do estado do Tocantins, no norte brasileiro, sendo dois realizados em Paraíso do Tocantins-TO (ensaios um e três) e dois em Palmas (ensaios dois e quatro). As datas de plantio foram 5 de novembro de 2018 (primeira época; ensaios um e dois), e 12 de janeiro de 2019 (segunda época; ensaios três e quatro). Cada ensaio foi considerado um ambiente distinto, combinando localidade e época de semeadura.

A correção do solo foi realizada conforme necessidade apontada pelos resultados de análise de solo e recomendações agrônômicas. A correção do solo foi realizada com calcário dolomítico três meses antes da semeadura da cultura.

O resultado da análise em Paraíso do Tocantins, situado a 10.268499, -48.887651 e a altitude de 411 m, apresentou como principais resultados pH em CaCl<sub>2</sub> = 6,1; P(Melich) = 14,10 mg/dm<sup>3</sup>; K = 54,20 mg/dm<sup>3</sup>; Ca = 3,6 = cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,8 cmol/cdm<sup>3</sup>; H+Al = 1,4 cmolc/dm<sup>3</sup>; MO = 1,6%, saturação bases = 76,43 e CTC = 5,94. Para a cidade de Palmas, situado a -10.176073, -48.358158 e altitude de 230 m, as características foram latossolo vermelho amarelo distrófico. pH em CaCl<sub>2</sub> = 5,92; P=6,87 mg/dm<sup>3</sup>; K = 0,10 cmol/dm<sup>3</sup>; Ca = 1,22 cmolc/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,56 cmol/cdm<sup>3</sup>; H+Al = 1,6 cmolc/dm<sup>3</sup>; MO = 1,01%, saturação bases = 54,02 CTC = 3,48

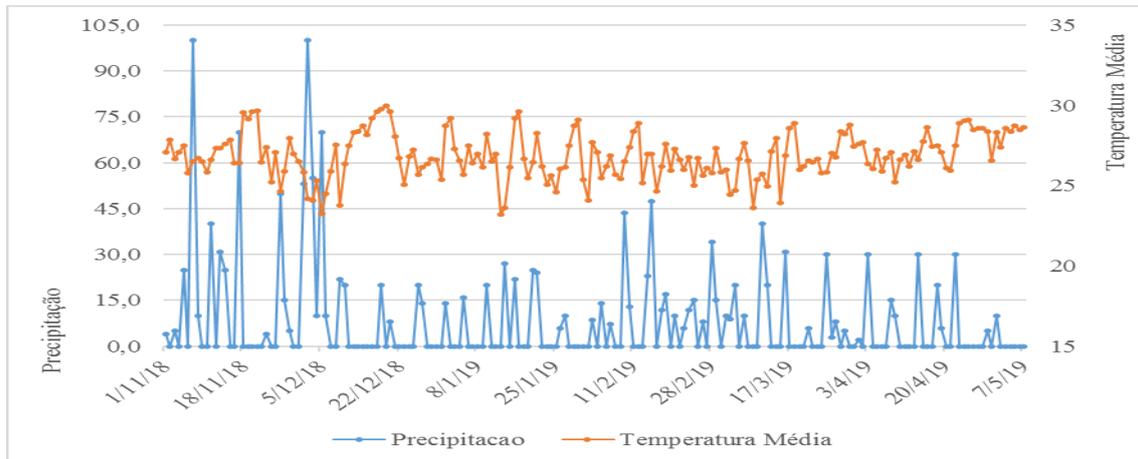
Para melhor entendimento do comportamento da cultura nas condições dos ensaios, foram monitoradas a temperatura e a precipitação pluviométrica, como pode ser observado nas figuras um e dois.

Figura 3: Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Paraíso do Tocantins



Fonte: Estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Paraíso do Tocantins.

Figura 4: Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Palmas.



Fonte: estação meteorológica do INMET, Palmas, Tocantins.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Em cada experimento foram semeados 12 cultivares, sendo seis não transgênicos, tratados neste trabalho como convencionais, e seis geneticamente modificados, tratados neste trabalho como transgênicos.

Os cultivares convencionais foram codificados de 1 a 6, sendo: 1CHS (Convencional Híbrido Duplo), 2CV (Convencional Variedade), 3CV (Convencional Variedade), 4CV (Convencional Variedade), 5CHT (Convencional Híbrido Triplo), 6CHD (Convencional Híbrido Duplo).

Os cultivares transgênicos foram codificados de 7 a 12 sendo: 7THT (Transgênico Híbrido Triplo), 8THT (Transgênico Híbrido Triplo), 9THS (Transgênico Híbrido Simples), 10THS (Transgênico Híbrido Simples), 11THS (Transgênico Híbrido Simples), 12THS (Transgênico Híbrido Simples).

A parcela experimental foi composta por quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas por 0,80 metros. Na colheita, foram utilizadas as duas linhas centrais, descartando-se 0,50 metros da extremidade de cada linha.

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens nos quatro ensaios. A adubação de base foi de 400 kg de 4-14-8 por ha<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado manualmente sendo que, após desbaste, foi estabelecida população de 50 mil plantas por ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura foi

realizada quando as plantas apresentavam de 4 a 6 folhas estendidas, sendo aplicados 100 kg de N (Nitrogênio) por ha<sup>-1</sup>, utilizando como fonte o sulfato de amônio.

Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e recomendações técnicas da cultura.

Com base na área útil da parcela (duas fileiras centrais), foi obtido o peso de grãos a 13% de umidade de cada parcela, convertido para hectare. Os dados da produtividade de grãos, em cada ambiente, foram submetidos à análise de variância individual, análise de variância conjunta e, em seguida, ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância, utilizando o software SISVAR.

Para cada cultivar, em cada ambiente foi calculado o custo de produção (CP), a receita bruta (RB) e o lucro ou prejuízo (LP).

A fim de estimar o custo de produção (U\$\$ Kg.ha<sup>-1</sup>) para cada cultivar, conforme Tabela 1, foi utilizada a soma dos valores dos fatores de produção (equação 1) disponibilizados pela Conab (2020b) para a região do experimento, referente ao custeio da lavoura, despesas administrativas, despesas financeiras, custo de oportunidade, depreciações e manutenção da propriedade. Nesta soma de fatores, foram excluídos os valores de inseticidas sementes e fertilizantes, que foram substituídos pelos seus valores encontrados no experimento. Após a totalização, os valores foram transformados em dólar, conforme cotação de outubro de 2018, época de aquisição dos insumos.

---


$$CP = \sum_{f=1}^n f \quad 1$$

---

Onde: CP = custo de produção. f = fatores de produção.

O custo de produção segundo Nachiluk e Oliveira (2012) é composto por custos diretos, como mão de obra, materiais, operações de máquinas, e custos indiretos, como mão de obra indireta, depreciação de máquinas e construções, administração, serviços, custo de oportunidade, entre outros.

A receita bruta (RB) (U\$\$ Kg.ha<sup>-1</sup>) foi obtida multiplicando o valor da saca de milho, divulgado pelo Cepea (2020) relativo a maio de 2019, fixado em US\$ 11,40, pela produtividade de cada cultivar (kg.ha<sup>-1</sup>), conforme equação 2.

---

 RB=VS.PC
 

---

2

Onde: RB = receita bruta. VS = valor da saca. PC = produtividade da cultivar.

Segundo Oliveira Neto e Faria (2019), receita bruta é a multiplicação dos preços pela quantidade vendida, faturada pelos produtores ao longo do processo de comercialização de sua colheita.

A diferença entre a RB e o custo de produção (CP) de cada cultivar, em cada ensaio, resultará em lucro ou prejuízo (LP) em U\$\$ Kg.ha<sup>-1</sup>, conforme Equação 3.

---

 LP=RB-CP
 

---

3

Onde: LP = lucro ou prejuízo. RB = receita bruta. CP = custo de produção.

Tabela 1: Composição de custo em US\$ por ha<sup>-1</sup> de cultivares de milho no estado do Tocantins, Safra 2018/2019

Cultivares	CONAB*	Semente	Inseticida	Fertilizantes	Total
1CHS	278,71	116,98	48,13	451,87	895,69
2CV	278,71	78,21	48,13	451,87	856,92
3CV	278,71	50,80	48,13	451,87	829,52
4CV	278,71	49,02	48,13	451,87	827,74
5CHT	278,71	131,02	48,13	451,87	909,73
6CHD	278,71	74,87	48,13	451,87	853,58
7THT	278,71	85,56		451,87	816,15
8THT	278,71	173,13		451,87	903,71
9 THS	278,71	86,36		451,87	816,95
10 THS	278,71	154,01		451,87	884,60
11 THS	278,71	83,42		451,87	814,01
12 THS	278,71	115,51		451,87	846,09
CPc					862,19
CPt					846,91

\*Adaptado (CONAB 2020b). Cmc = Custo produção convencionais. Cmt = Custo produção transgênicos.

## Resultados e Discussão

A análise de variância conjunta dos ensaios apresentou efeito significativo para cultivar e ensaio e não significativo para a interação cultivar x ensaios (Tabela 2), indicando comportamento não diferenciado das cultivares ao longo dos ensaios experimentais.

O coeficiente de variação (CV) foi de 17,4%, indicando precisão adequada na condução dos experimentos em campo (SCAPIM *et al.*, 1995).

Tabela 2: Resumo da análise de variância conjunta para produção de grãos (Kg.ha<sup>-1</sup>), de cultivares de milho, em quatro ensaios no Estado do Tocantins, Safra 2018/2019

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	Teste F
Cultivar	11	8913796	**
ensaios	3	52672235	**
Interação Cult*ensaios	33	894320	NS
Resíduo	88	1023842	
CV (%)	17,4		
Média (Kg ha <sup>-1</sup> )	5815		

NS;\*\* = não significativo e significativo, respectivamente, a 1% de probabilidade pelo teste F.

Como observado na Tabela 3, o comparativo entre as médias de cultivares convencionais demonstra que duas variedades (sem hibridação), nas condições do experimento, tiveram menor produtividade, resultando em duas (2CV e 4CV) das três variedades entregarem RF negativo e comporem o grupo inferior estatisticamente para produtividade. Porém, além do rendimento financeiro, deve ser observada a particularidade de cada produtor, pois produtores que concentram menores investimentos em tecnologia em seus cultivos podem obter resultados diferentes para as cultivares variedades. Outro fator, que cultivares com hibridação e são projetadas para receberem maiores investimentos em tecnologia de cultivo.

Tabela 3: Produtividade em kg.ha<sup>-1</sup> (Prod), lucro ou prejuízo em US\$ por hectare (L/P), em quatro ensaios no estado do Tocantins. Safra 2018/19

Cultivar	Primeira Safra				Segunda Safra				Média Ensaio	
	Ensaio 1		Ensaio 2		Ensaio 3		Ensaio 4		Prod.	LP
	Prod.	LP	Prod.	LP	Prod.	LP	Prod.	LP		
1CHS	5377	126	6999	434	7391	509	5134	80	6225 a	287
2CV	4471	-7	4639	24	5107	113	3428	-206	4411 c	-19
3CV	5657	245	7623	619	6068	323	4822	87	6043 a	319
4CV	3443	-174	4558	38	6309	371	2392	-373	4176 c	-34
5CHT	5906	212	7549	525	7604	535	4987	38	6512 a	328
6CHD	5602	211	8295	722	6122	310	4645	29	6166 a	318
7THT	6094	342	8592	816	7361	582	5230	178	6819 a	479
8THT	4799	8	6629	356	6260	286	4526	-44	5553 b	151
9THS	4394	18	7423	593	6157	353	4025	-52	5500 b	228
10THS	4594	-12	6615	372	5330	128	4375	-53	5228 b	109
11THS	5884	304	8241	752	7272	568	5158	166	6639 a	447
12THS	6169	326	7976	669	7270	535	4635	35	6512 a	391
Média geral ensaio	5199 c	133	7095 a	493	6521 b	384	4446 d	10	5815	250
Média convencionais									5589 b	200
Média transgênicas									6042 a	301

Prod. = Produtividade. L/P = Lucro ou prejuízo.

Valores de produtividade seguidos da mesma letra minúscula, para média de ensaios e para coluna de média de cultivares, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O prejuízo das cultivares variedade sem hibridação ou transgenia, pode ser explicado pela proximidade de custos de produção entre as cultivares (Tabela 1) e o baixo potencial de produção de cultivares variedade. Ressaltando-se que das 12 cultivares testadas foram as duas únicas com prejuízo, apesar de terem seu custo de produção superior ou próximo das cultivares significativamente com maior produtividade.

Resultado semelhante encontrado por Souza *et al.* (1993) que, ao estudarem milhos híbridos e variedade, afirmam que a cultivar de milho híbrido proporciona um maior retorno em termos de receita líquida por hectare do que as variedades.

O que também apontam Balbinot Jr. *et al.* (2005) e Von Pinho *et al.* (2009) que em geral, as variedades de polinização aberta apresentam menor potencial de rendimento e são menos responsivos à melhoria do manejo e, portanto, com menor potencial produtivo de grãos em relação aos híbridos.

Entre as cultivares híbridas, quer seja ela convencional ou transgênica, nenhuma apresentou prejuízo ou foi incluída no grupo inferior estatisticamente, indicando, como ocorrido nesta pesquisa, o risco de escolher uma variedade (sem hibridação), sem conhecer seu comportamento no ambiente onde será cultivada, demonstrando a importância desta pesquisa para os produtores.

Para as cultivares transgênicas, a cultivar 7THT, representante do grupo estatístico superior, entregou a maior valor na produtividade ( $6819 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e maior lucro (US\$ 479,00), mesmo tendo custo de produção inferior (Tabela 1). Indicando a importância do uso de tecnologia na semente, que traz bons resultados financeiros e na produtividade. Estes resultados apontam para a necessidade de atenção por parte dos produtores no momento da escolha da cultivar correta para o ambiente de cultivo e a tecnologia que será empregada.

Quando comparadas cultivares convencionais e transgênicas, é revelada uma maior média para as cultivares 7THT ( $6819 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) com o custo de US\$ 816,15 e a cultivar 1CHS ( $6225 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) com o custo de US\$ 895,69, pouco comum, mas é perceptível que a cultivar transgênica obteve custo menor de semente em relação à convencional e obteve maiores valores em produtividade e lucro, sendo US\$ 192,00 mais lucrativa que a cultivar convencional.

Em comparativo geral, as cultivares transgênicas obtiveram maiores valores para o lucro em relação às convencionais (US\$ por hectare), ressaltando-se que de modo geral, estas cultivares transgênicas se destacaram nos ensaios e na média dos mesmos.

Duarte *et al.* (2009) apontam que, na produção de novas cultivares a partir de transformações genéticas, tem incorporado a redução de custos de produção e a redução de perdas causadas por agente nocivo a cultura, o que pode acarretar em um maior rendimento financeiro.

Entretanto, quando comparadas as médias de produtividade das cultivares com a produtividade média do milho no estado do Tocantins no ano do experimento (4898 kg por ha<sup>-1</sup>), conforme CONAB (2020a), apenas as cultivares convencionais 2CV (4411 kg.ha<sup>-1</sup>) e 4CV (4176 kg.ha<sup>-1</sup>) apresentaram produtividade média inferior à média estadual.

É importante chamar atenção que, entre as três cultivares variedade, a cultivar 3CV com 6043 kg.ha<sup>-1</sup> está entre o grupo superior estatisticamente apontando para necessidade e importância de estudos de avaliação de cultivares em ambientes distintos visando incremento de produtividade e lucratividade, mesmo com o uso de variedades convencionais.

Quando comparados os ensaios, verifica-se uma maior produtividade e o maior lucro no ensaio dois (Palmas, plantio 05/11), seguido pelo ensaio três (Paraiso, plantio 12/01), sendo que no ensaio dois as cultivares transgênicas obtiveram suas maiores produtividades e, por fim, os maiores lucros. O ensaio quatro (Palmas, plantio 12/01) tem o maior número de cultivares que apresentaram prejuízo, com destaque para a cultivar com maior prejuízo, 4CV com U\$373 negativos. Estes resultados são provavelmente explicados pela influência do clima, principalmente pela baixa precipitação conforme pode ser verificado nos gráficos um e dois, aliado à menor fertilidade do solo (V%=54).

Ao comparar em média as cultivares transgênicas com as convencionais, considerando a média dos ensaios estudados, as cultivares transgênicas produziram com superioridade de 453 kg.ha<sup>-1</sup> e entregaram lucro de U\$101,00 a mais do que a média das cultivares convencionais, o que apontou, nesta pesquisa, para a vantagem de biotecnologia empregada na semente.

### **Considerações Finais**

1. O lucro foi influenciado pela tecnologia empregada na semente, com tendência de maior produtividade e retorno financeiro para cultivares transgênicas, porém com oscilações nas combinações específicas entre ensaios e cultivares.

2. Em média de produtividade e retorno financeiro, as cultivares 1CHS, 3CV, 5CHT, 6CHD, 7THT, 11THS e 12THS se destacaram, sendo destas 4 convencionais e 3 transgênicas, presentes no grupo estatístico superior para produtividade.

3. A ocorrência de variações na produtividade e retorno financeiro de cultivares transgênicas ou convencionais, nos diferentes ensaios requer que o produtor recorra a sementes de cultivares indicadas ao ambiente de cultivo em sua propriedade.

4. A cultivar convencional 5CHT apresentou maior custo de produção entre as estudadas.

### Referências

ARTUZO, F. D.; FOGUESATO, C. R.; SOUZA, A. R.L. de; SILVA, L. X. da. Gestão de custos na produção de milho e soja. Revista Brasileira gestão negócios, São Paulo: v. 20, n. 2, p. 273-294, Apr. 2018.

BALBINOT JR. A. A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B.; FONSECA, J. A. da. Contribution of yield components on grain yield in maize open pollinated varieties. Revista Brasileira Agrociência, (11), n. 2, p. 161-166, abr-jun, 2005.

Companhia Nacional de Abastecimento CONAB. Levantamento de safras, séries históricas. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020a Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudosphp?a=1252&t=&pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcm\\_sconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudosphp?a=1252&t=&pagina_objcmsconteudos=3#A_objcm_sconteudos)>. Acesso em 03/02/2020.

Companhia Nacional de Abastecimento CONAB. Planilhas de custo de produção. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/404-planilhas-de-custos-de-producao-culturas-de-2-safra>. Acesso em 03/02/2020.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada CEPEA. Indicador do milho ESALQ/BM&FBOVESPA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. 2020. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>. Acesso em: 02/04/2020

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C.; Aspectos econômicos da produção de milho transgênico. Circular técnica. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas MG: Dez 2009.

FARIA, N. P.; OLIVEIRA, D. S. Análise de agrupamentos no estudo de caracteres agronômicos para a cultura do milho. Revista de Ciências Agrárias, (42). 743-750, 2019.

MIGUEL, F. B.; ESPERANCINI, M. S. T.; GRIZOTO, R. K. Rentabilidade e risco da produção de milho safrinha geneticamente modificado e convencional na região de Guaíra/SP. Energia na Agricultura v.29, n. 1, p. 64-75. 2014.

NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M. D. M. Custo de Produção: uma importante ferramenta gerencial na agropecuária. Instituto de Economia Aplicada (IMEA). Análise e indicadores do Agronegócio. São Paulo. v. 7, n. 5 mai. 2012. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12371>. Acesso em 16/12/2020.

OLIVEIRA NETO, A. A. de; FARIA, J. M. B. A. de; Receita bruta dos produtores rurais brasileiros. Companhia Nacional de Abastecimento. Caderno Estatístico da safra 2015-2016. ISSN 2317-7542. Brasília: v. 9, p. 1-240, 2019.

SOUZA, M. C. M. de.; MIRANDA, M. C.; OLIVEIRA, S. J. de M. Custo de produção e receita líquida do milho safrinha na região do Médio vale do paranapanema, estado de São Paulo, safra de 1993. Informações Econômicas. v.23, n.05, 1993.

VON PINHO, R. G.; RIVERA, A. A. C.; BRITO, A. H. de; LIMA, T. G. de. Agronomic evaluation of maize crop at different levels of investment. Ciência e Agrotecnologia, v.33, n. 1, p. 39-46. 2009.

RODRIGUES, C. C.; RIBEIRO, F. W.; SILVA, A. C. da; ARAÚJO, M. da Silva. Análise econômico-financeira da implantação do cultivo de milho verde. Centro Científico Conhecer – Goiânia: v.5, n.9, p. 2018

SILVA, Paulo R. A.; CORREIA, T. P. S.; SOUZA, S. F. G.; MILLANI, T. M. Análise econômica de milho convencional e transgênico em dois sistemas de preparos de solo. Engenharia. Agrícola, Jaboticabal. v. 35, n. 6, p. 1032-1041. 2015.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para cultura do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, p.683-686, 1995.

VARGAS, B.; BASSO, A.; RODRIGUES, T.; SILVA, L.; GATZKE, M.; FRIZZO, M. Biotecnologia e alimentos geneticamente modificados: uma revisão. Revista Contexto & Saúde, v.18, n. 35, p. 19-26, 20 2018.

## 4. CAPÍTULO 2

### 4.1 DIVERGÊNCIA ENTRE CULTIVARES DE MILHO TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO SOB CULTIVO NO CERRADO

Divergence between transgenic and non-transgenic corn cultivars cultivated in the Cerrado

Divergencia entre cultivares de maiz transgênicos y no transgênicos em cultivo em el Cerrado

---

ECKARDT, Márcio. CARDOSO, Ila Raquel Mello de. SILVA, Núbia Adriane da. AFFÉRI, Flávio Sérgio. PELÚZIO, Joenes Mucci.

---

#### Resumo

O crescente uso da transgenia em programas de melhoramento pode levar a efeitos adversos na cultura do milho. O estudo comparativo entre cultivares transgênicas e não transgênicas disponíveis no mercado, sob diferentes doses de nitrogênio, no cerrado tocantinense, teve o objetivo de identificar os efeitos das tecnologias na diversidade genética. Foram realizados dois ensaios em Paraíso do Tocantins e dois em Palmas, com semeaduras em novembro de 2018 e janeiro de 2019. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. Em cada ensaio, foi realizada adubação de cobertura com 50, 100 e 150 kg de N (Nitrogênio) por ha<sup>-1</sup>. Para cada dose de N, e para análise conjunta, foram obtidas a contribuição relativa das características, medidas de dissimilaridade e a formação de grupos. Para a análise conjunta, foi realizado o método hierárquico da distância média. Em sua maioria, a composição dos grupos similares formados foi constituída tanto pelas cultivares transgênicas quanto pelas não transgênicas. A adubação de 100 kg de N por ha<sup>-1</sup> proporcionou o maior número de grupos, indicando que pode ser utilizada para estudos futuros para distinção de genótipos. As características que mais contribuíram relativamente para a dissimilaridade foram o número de grãos por fileira (NGF) e o comprimento da espiga com palha (CECP).

Palavras-chave: biotecnologia; dissimilaridade; tecnologia de semente.

#### Abstract

The growing use of transgenics in breeding programs can lead to adverse effects on corn crop. The comparative study between transgenic and non-transgenic cultivars in the Cerrado biome of Tocantins/Brazil available in the market, in different nitrogen doses, sought to identify the

effects of technologies on genetic diversity. Two trials were conducted in the municipality of Paraíso do Tocantins, and two trials were conducted in Palmas city, with sowing dates in November 2018 and January 2019. The experimental design was randomized blocks with three replications. In each trial, top-dressing fertilization was performed with 50, 100, and 150 kg of N (Nitrogen) per ha<sup>-1</sup>. For each dose of N, and for joint analysis, the relative contribution of characteristics, dissimilarity measurements, and group formation were obtained. For the joint analysis, the hierarchical method of mean distance was used. In addition, the joint analysis was submitted to a hierarchical average distance method. The composition of similar groups was mostly formed by transgenic and non-transgenic cultivars. Fertilizing 100 kg of N per ha<sup>-1</sup> has provided the largest number of groups, indicating that it can be used for future studies to distinguish genotypes. The characteristics that most contributed relatively to the dissimilarity were the number of grains per row and the length of the corn cob.

Keywords: biotechnology; dissimilarity; seed technology.

### **Resumen**

El creciente uso de transgénicos en programas de mejoría puede llevar a efectos adversos en el cultivo de maíz. El estudio comparativo entre cultivares transgénicos y no transgénicos disponibles en el mercado, bajo distintas dosis de nitrógeno, en el Cerrado de Tocantins, tuvo el objetivo de identificar los efectos de las tecnologías en la diversidad genética. Han sido realizados dos ensayos en la ciudad de Paraíso de Tocantins y dos en la ciudad de Palmas, con siembra en noviembre de 2018 y enero de 2019. El trazado experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. En cada ensayo fue realizada fertilización de cobertura con 50, 100 y 150 kg de N (nitrógeno) por ha<sup>-1</sup>. Para cada dosis de N, y para análisis conjunta, fueron obtenidas la contribución relativa de las características, medidas de semejanza y la formación de grupos. Para el análisis conjunto se utilizó el método jerárquico de distancia media. Además, el análisis conjunto ha sido sometido al método jerárquico de distancia media. En su mayoría, la composición de los grupos similares formados ha sido constituida no solo por los cultivos transgénicos, sino también por los no transgénicos. La fertilización de 100 kg de N por ha<sup>-1</sup> ha proporcionado el mayor número de grupos, lo que indica que se puede utilizar para estudios futuros para distinguir genotipos. Las características que más contribuyeron relativamente para la disimilitud fueron el número de granos por hileras y la longitud de mazorca con paja.

Descriptorios: biotecnología; disimilitud; tecnología de semilla.

## Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.), fonte alimento para seres humanos e animais, com importância social e econômica, é considerada como um dos pilares do sistema produtivo agropecuário brasileiro (FILHO e BORGHI, 2018). Segundo Artuzo *et al.* (2019), o caminho da importância da cultura é trilhado por meio dos ganhos constantes de produtividade que tem relação direta com o desenvolvimento de novas cultivares mais produtivas, adaptadas a diferentes climas, resistentes a pragas e que respondem com maior positividade ao uso de técnicas modernas de produção.

Dentre as técnicas modernas de produção, o uso do Nitrogênio (N) e a diversidade genética têm sido frequentemente estudadas por pesquisadores como Santos *et al.* (2014), Carvalho *et al.* (2016), Afféri *et al.* (2020) com o objetivo de identificar cultivares com possibilidades de adaptação em diferentes ambientes de cultivo e regiões produtoras. Na busca pelo entendimento do comportamento da cultura em diferentes ambientes de cultivo, estudos de Sodr e *et al.* (2016), Nardino *et al.* (2017), Santos *et al.* (2018), Afféri *et al.* (2020) buscaram investigar as características que podem ser importantes para a seleção de materiais promissores em produtividade e diversidade da cultura que anualmente é disponibilizada aos produtores em maior número de cultivares transgênicas.

Entretanto, o desenvolvimento de novas cultivares para um determinado ambiente está atrelado ao uso do melhoramento genético, que vem causando controvérsias quanto a possíveis riscos à saúde e ao meio ambiente, o que vem acalorando debates na comunidade científica (COSTA, 2013, ULTCHAK, 2018). Já Diniz (2011) afirma que a inserção de um genoma de interesse no genoma de outra espécie pode interferir na morfologia da planta receptora, assim como na sua estabilidade.

Além disso, Costa (2013) e Burg (2017), em estudo sobre a diversidade genética de cultivares de milho no estado de Santa Catarina, verificaram que os recursos genéticos vegetais podem estar sofrendo erosão genética, levando a impactos na conservação da diversidade de recursos, devido ao modelo de agricultura que vem sendo desenvolvido nas últimas décadas.

Ramos *et al.* (2020) apontam que híbridos portadores de genes de interesse poderão ser utilizados como material comercial, desde que apresentem fortes atributos tecnológicos e níveis de produtividade igual ou superior aos já existentes no mercado. Apontam, ainda, que a

estratificação de melhoramentos concentrados em cultivares “elite”, pode levar a redução no número de materiais com maior rusticidade e prejudicar futuros cruzamentos.

Nesse sentido, foi realizado estudo com o objetivo de identificar a divergência entre cultivares transgênicas e não transgênicas disponíveis no mercado local, inicialmente através de medidas de dissimilaridade, e, posteriormente, foi realizado o agrupamento das mesmas. Além disso, foram identificadas as características que mais contribuíram para a divergência genética das cultivares de milho sob cultivo no cerrado.

### Material e Métodos

Foram realizados quatro ensaios de cultivares de milho no estado do Tocantins, no norte brasileiro, sendo dois realizados em Paraíso do Tocantins (10°26 Sul; longitude: 48°88 Oeste e altitude: 411 m) e dois em Palmas (latitude: 10°45 Sul; longitude: 47°14 Oeste e altitude: 220 m). A semeadura nos dois locais ocorreu em 5 de novembro de 2018 e 15 de janeiro de 2019.

#### Análise de solo e dados climáticos

Nos locais de realização dos ensaios, foi realizada análise de solo a uma profundidade de 20 cm, que apresentou os resultados, conforme Tabela 1.

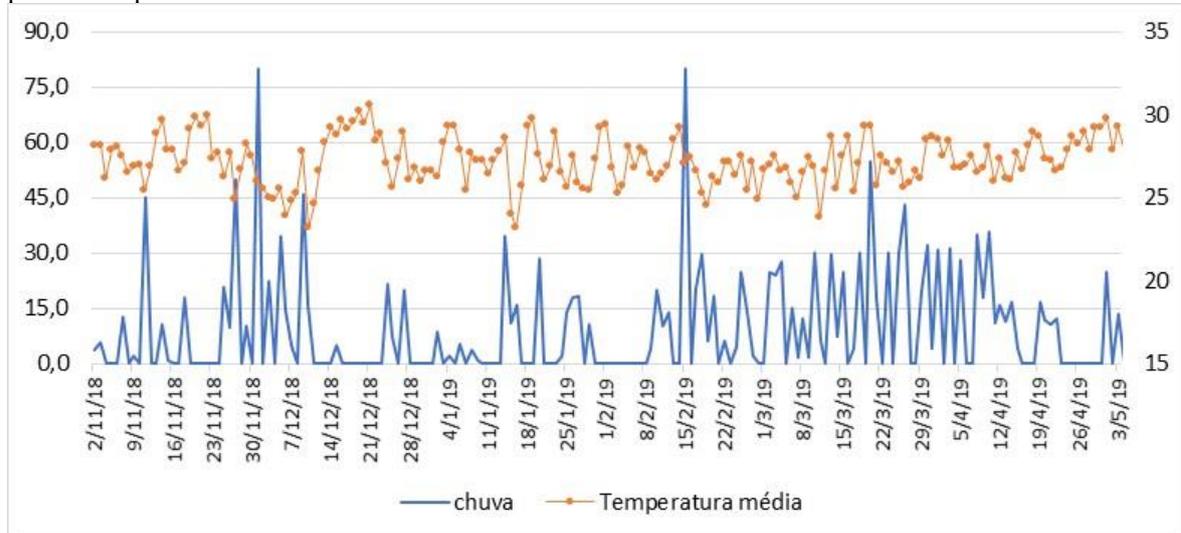
Tabela 1. Resultado de análise de solo em Paraíso do Tocantins e Palmas

Característica	Unidade	Paraíso do Tocantins	Palmas
pH	CaCl <sub>2</sub>	06,1	05,9
P	mg/dm <sup>-3</sup>	14,1	06,8
K	mg/dm <sup>-3</sup>	54,2	39,0
Ca	cmolc/dm <sup>-3</sup>	03,6	01,2
Mg	cmolc/dm <sup>-3</sup>	00,8	00,5
MO	%	01,6	01,0
Saturação de base	%	76,4	54,0
CTC	cmolc/dm <sup>-3</sup>	05,94	03,4

pH – Potencial hidrogeniônico; P – fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; MO – Matéria Orgânica; CTC – Capacidade de troca de cátions.

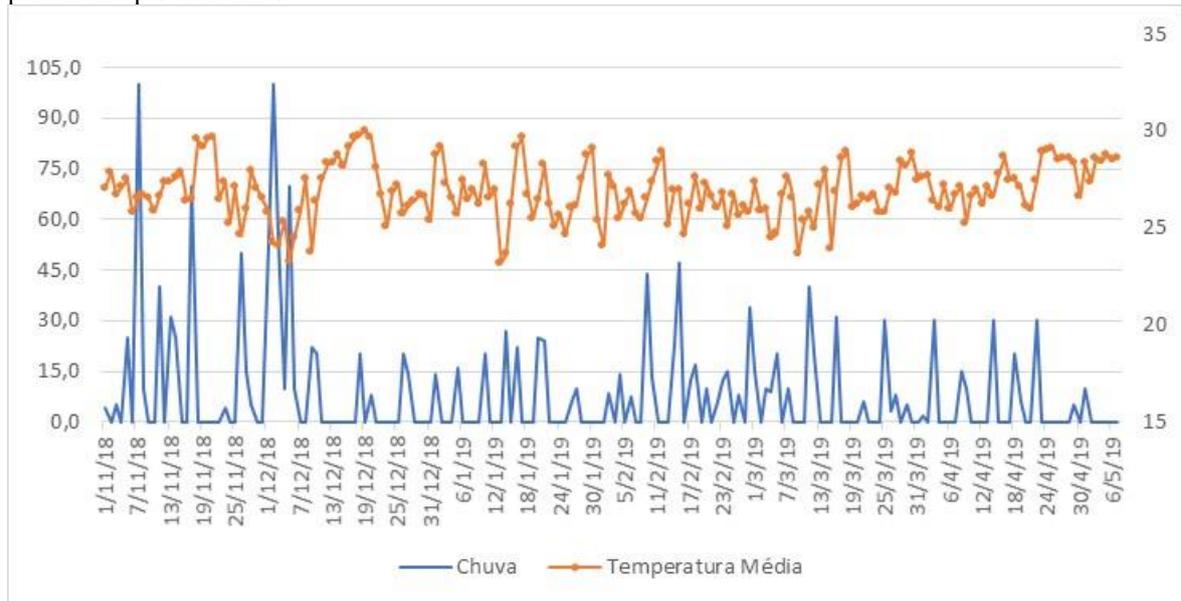
Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Paraíso do Tocantins, e da estação meteorológica do INMET, Palmas, Tocantins. Os dados se referem a temperatura média e precipitação, conforme as Figuras 1 e 2.

Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Paraíso do Tocantins



Fonte: Estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Paraíso do Tocantins

Figura 2. Precipitação pluvial e temperatura máxima diária para o período de novembro de 2018 a maio de 2019 para município de Palmas



Fonte: Estação meteorológica do INMET, Palmas, Tocantins

## **Delineamento experimental e condução dos ensaios**

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos ao acaso, com três repetições e doze tratamentos. Os tratamentos constaram de 12 cultivares adquiridas no comércio local da região do estudo, sendo seis não transgênicas e seis transgênicas.

As cultivares não transgênicas foram codificados de 1 a 6, sendo: 1CHD (Não transgênica Híbrido duplo), 2CV (Não transgênica Variedade), 3CV (Não transgênica Variedade), 4CV (Não transgênica Variedade), 5CHT (Não transgênica Híbrido Triplo), 6CHD (Não transgênica Híbrido Duplo).

As cultivares transgênicas foram codificados de 7 a 12 sendo: 7THT (Transgênica Híbrido Triplo), 8THT (Transgênica Híbrido Triplo), 9THS (Transgênica Híbrido Simples), 10THS (Transgênica Híbrido Simples), 11THS (Transgênica Híbrido Simples), 12THS (Transgênica Híbrido Simples).

A parcela experimental foi composta por quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas por 0,80 m. Na colheita, foram utilizadas as duas linhas centrais, descartando-se 0,50 m da extremidade de cada linha.

Foi realizado o preparo do solo que consistiu das operações de gradagem e sulcamento. Com base nos resultados da análise de solo, foi realizada manualmente uma adubação de 400 kg de 4-14-8 por ha<sup>-1</sup>, no fundo do sulco de semeadura e, em cobertura, quando a planta apresentava entre 4 e 6 folhas estendidas, aplicando 50, 100 e 150 kg de N (Nitrogênio) por ha<sup>-1</sup>, utilizando como fonte o sulfato de amônio.

A semeadura foi realizada manualmente, distribuindo-se as sementes no sulco, em uma quantidade 20% superior à população recomendada, que foi de 50 mil plantas por ha<sup>-1</sup>. Aos 10 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste das plantas, deixando o número de plantas por metro linear desejado.

Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e recomendações técnicas da cultura.

## **Coleta e análise dos dados**

Com base na área útil da parcela, obtiveram-se a altura da planta (AP), o diâmetro do colmo (DC), o diâmetro da espiga com palha (DECP), o comprimento da espiga com palha (CECP), diâmetro da espiga sem palha (DESP) o peso da espiga sem palha (PESP), o número

de fileiras por espiga (NFE), o número de grãos por fileira (NGF), a altura da espiga (AE), o peso hectolitro (PH) e o peso de grãos (PG). Os descritores das características foram adaptados e utilizados conforme (TEIXEIRA e COSTA, 2010).

Após a obtenção dos dados, foi realizada a análise de variância para cada nível de adubação nitrogenada em cobertura (50, 100 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup>) e uma análise conjunta dos ensaios (envolvendo todas as doses de nitrogênio em cobertura). Com os resultados de cada análise de variância, foram obtidas as medidas de dissimilaridade, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis e, posteriormente, foi aplicado o método de otimização de agrupamento de Tocher, proposto por Rao 1952. Para a análise conjunta, foi utilizado, ainda, o método hierárquico da distância média (UPGMA). Para quantificar a contribuição relativa das características, foi utilizado o critério de Singh 1981.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Computacional Genes, versão 2007.

## Resultados e Discussão

As estimativas da dissimilaridade entre os 12 cultivares de milho, transgênicas e não transgênicas, para as adubações de 50, 100, 150 kg de N por ha<sup>-1</sup> e da análise conjunta, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa de dissimilaridade entre 12 cultivares de milho, transgênicas e não transgênica, em relação às características, com base na distância de Mahalanobis (D2), para adubação de 50, 100, 150 kg de N por ha<sup>-1</sup> e análise conjunta.

Cultivar	50 kg de N por ha <sup>-1</sup>		100 kg de N por ha <sup>-1</sup>		150 kg de N por ha <sup>-1</sup>		Conjunta	
	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor
1CHD	42 (2)	7,7 (5)	28,8 (2)	4,7 (5)	28,4 (2)	5,4 (7)	23,8 (2)	3,7 (5)
2CV	46,3 (11)	8,9 (4)	28,8 (1)	4,2 (9)	35,2 (11)	11,5 (9)	27,6 (11)	8,1 (9)
3CV	27,5 (11)	7,7 (7)	22,1 (2)	3,5 (7)	26,0 (11)	6,6 (7)	17,3 (11)	3,9 (7)
4CV	32,3 (1)	8,9 (2)	23,5 (8)	7,1 (10)	29,3 (11)	8,6 (10)	21,5 (8)	6,2 (10)
5CHT	30,2 (8)	3,8 (7)	2,14 (2)	2,1 (7)	25,8 (8)	3,1 (7)	20,3 (8)	1,2 (7)
6CHD	23,2 (4)	7,0 (7)	24,9 (2)	6,4 (3)	25,3 (10)	11,5 (8)	18,8 (4)	5,8 (12)
7THT	30,0 (2)	3,8 (5)	26,9 (2)	2,1 (5)	25,4 (2)	3,1 (5)	20,8 (2)	1,2 (5)
8THT	45,1 (11)	9,7 (3)	29,5 (12)	8,8 (6)	32,1 (11)	11,4 (6)	28,4 (11)	7,8 (6)
9THS	29,6 (8)	13,6 (6)	24,6 (8)	4,2 (2)	23,2 (4)	10,0 (10)	17,4 (8)	8,1 (2)
10THS	28,1 (8)	10,3 (4)	25,6 (8)	7,1 (4)	25,3 (6)	8,4 (1)	21,7 (8)	6,2 (4)

11THS	46,3 (2)	7,4 (12)	25,8 (8)	7,9 (5)	35,2 (2)	9,2 (11)	28,4 (8)	5,5 (12)
12THS	30,0 (8)	6,8 (7)	29,5 (8)	9,3 (5)	26,7 (4)	9,2 (11)	22,9 (8)	5,5 (11)

Fonte: dados da pesquisa

\*Números fora do parêntesis: medidas de dissimilaridade

\*\*Números dentro do parêntesis: genótipos

\*\*\*1CHD (Não transgênica Híbrido duplo), 2CV (Não transgênica Variedade), 3CV (Não transgênica Variedade), 4CV (Não transgênica Variedade), 5CHT (Não transgênica Híbrido Triplo), 6CHD (Não transgênica Híbrido Duplo), 7THT (Transgênica Híbrido Triplo), 8THT (Transgênica Híbrido Triplo), 9THS (Transgênica Híbrido Simples), 10THS (Transgênica Híbrido Simples), 11THS (Transgênica Híbrido Simples), 12THS (Transgênica Híbrido Simples).

Para a análise conjunta, a maior distância ocorreu entre uma cultivar não transgênica (2CV) e uma transgênica híbrida simples (11THS) (46,3), seguida da distância entre duas transgênicas (8THT e 11THS) (45,1).

Para a dose de 100 kg de N por ha<sup>-1</sup>, a maior distância, e para as doses de 50 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup>, segunda maior distância, foram estabelecidas pela combinação entre transgênica x transgênica, indicando diversidade genética entre as cultivares da mesma tecnologia.

As amplitudes dos valores das estimativas de dissimilaridade de Mahalanobis observadas, entre as maiores distâncias, sugerem variabilidade genética entre as cultivares de ambas tecnologias ou não, possibilitando o uso das mesmas como progenitores contrastantes para extração de linhagens endogâmicas ou diretamente no local do cultivo, evitando a erosão genética (SIMON *et al.*, 2012).

Em todas as adubações e na análise conjunta, a combinação entre uma transgênica (7THT) e uma não transgênica (5CHT) apresentou sempre a menor distância, sendo ambos híbridos triplos. A segunda menor distância foi, novamente, estabelecida entre cultivares transgênicas e não transgênicas, em duas adubações e análise conjunta. Oliboni *et al.* (2012) afirmam que a divergência genética está relacionada ao grau de distância entre as populações no conjunto de caracteres genéticos que diferem entre as populações, o que aponta neste estudo, para a aproximação entre as tecnologias.

O agrupamento das cultivares, pelo método de Tocher, envolvendo todas as doses de N ao mesmo tempo (análise conjunta) e em cada uma das doses de N (análises de 50, 100 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup>) está apresentado na Tabela 3. Com exceção da dose de 100 kg de N por ha<sup>-1</sup>, onde foram formados seis grupos, nas demais doses e na análise conjunta foram formados cinco grupos.

Tabela 3. Agrupamento pelo método de Tocher, com base na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis de 12 genótipos de milho, para análise conjunta, 50, 100 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup>

Grupos	Análise conjunta	Análise 50 kg de N por ha <sup>-1</sup>	Análise 100 kg de N por ha <sup>-1</sup>	Análise 150 kg de N por ha <sup>-1</sup>
1	5CHT, 7THT, 1CHD, 3CV	5CHT, 7THT, 1CHD, 6CHD, 3CV, 12THS	5CHT, 7THT, 1CHD, 3CV	5CHT, 7THT, 1CHD, 3CV
2	11THS, 12THS	2CV, 4CV, 10THS	2CV, 9THS	4CV, 10THS
3	4CV, 10THS	8THT	4CV, 10THS	11THS, 12THS
4	6CHD, 8THT	9THS	6CHD, 8THT	2CV, 9THS
5	2CV, 9THS	11THS	11THS	6CHD, 8THT
6			12THS	

Fonte: Dados da pesquisa

Em todas as análises realizadas (50, 100 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup> e na análise conjunta), as cultivares 5CHT, 7THT, 1CHD, 3CV foram alocadas no mesmo grupo (Grupo 1), que foi o grupo constituído por um maior número de cultivares. Ressalta-se que grupos constituídos por maior número de cultivares apresentam menores distâncias e quanto menor a distância entre indivíduos, maior a similaridade genética entre os mesmos (SANTOS *et al.*, 2014). Por outro lado, segundo Dias *et al.* (2018), as cultivares reunidas em grupos distintos são indicativo de dissimilaridade, podendo ser consideradas como promissoras em cruzamentos artificiais.

De acordo com Cruz e Regazzi (2004), o estabelecimento de grupos com genótipos com homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os grupos é o ponto de partida para uma avaliação mais detalhada, a fim de realizar seu aproveitamento nos programas de melhoramento.

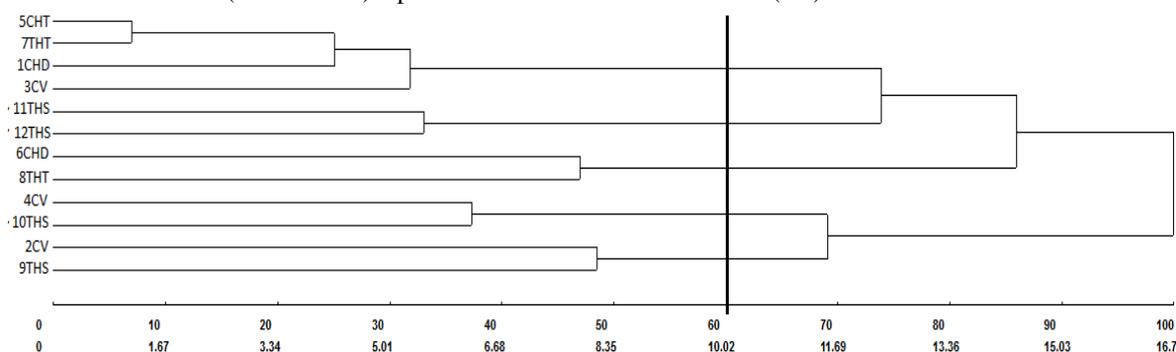
De modo geral, houve similaridade quanto à composição dos grupos formados, em doses distintas de N, revelando uma baixa influência das doses de N na diferenciação das cultivares não transgênicas e transgênicas. Esses resultados estão em discordância com aqueles obtidos por Sodré *et al.* (2018) que afirmaram que as doses de N podem resultar em respostas diferenciadas dos genótipos, em virtude de melhor absorção e aproveitamento deste elemento no desenvolvimento da planta, propiciando diferenças na composição dos grupos.

Ressalta-se que a formação de grupos com as tecnologias não transgênica e transgênica apareceu em 14 das 21 composições, o que indica uma possível aproximação entre as tecnologias. As cultivares 11THS e 12THS, ambas transgênicas e híbridos triplos, aparecem

isoladamente ou associadas em um mesmo grupo. Segundo Vieira *et al.* (2009), grupos constituídos por apenas uma cultivar aponta na direção de que tais indivíduos sejam mais divergentes em relação aos demais e desta forma mais promissores na obtenção de novos materiais.

O método UPGMA, realizado para a análise conjunta (Figura 3), apresentou similaridade quanto ao número e composição dos grupos em relação ao método de Tocher (Tabela 3). Segundo Aquino *et al.* (2018) a avaliação da dissimilaridade sob diferentes metodologias fornece maior confiabilidade no estudo, uma vez que cada método é baseado em diferentes técnicas. Em ambos os métodos, a presença de cultivares transgênicos e não transgênicos no mesmo grupo revela similaridade entre as cultivares oriundas de tecnologias distintas.

Figura 3. Agrupamento, para análise conjunta, de 12 cultivares de milho transgênica e não transgênica por meio do método UPGMA (corte a 62%) a partir da distância de Mahalanobis (D2)



Fonte: Dados da pesquisa

A contribuição relativa das características, que é de extrema relevância em programas de melhoramento, é apresentada segundo critério de Singh 1981, na Tabela 4. Dotto *et al.* (2010) ressaltam que quantificar a influência de cada característica na divergência genética entre cultivares é importante no direcionamento dos programas de melhoramento e na obtenção de cultivares mais produtivas.

As características que mais contribuíram para a explicação da divergência entre as cultivares estudadas em todos os níveis de adubação e análise conjunta foram o (CECP), (NGF) e (NFE), resultado semelhante ao encontrado por Simon *et al.* (2012). O (NFE) apresentou amplitude reduzida de contribuição entre as adubações, resultado também encontrado por Pizolato Neto *et al.* (2016).

Tabela 4. Contribuição relativa, em porcentagem, das onze características para o processo de dissimilaridade genética dos genótipos de milho

Característica	Análise conjunta	50 kg de N por ha <sup>-1</sup>	100 kg de N por ha <sup>-1</sup>	150 kg de N por ha <sup>-1</sup>
AP	05,4	06,0	05,6	04,9
DC	02,0	03,4	00,0	06,2
DECP	05,4	04,8	05,2	07,3
CECP	18,5	12,4	25,7	12,1
DESP	09,3	09,3	06,2	11,7
PESP	02,4	03,2	05,8	04,4
NFE	17,0	15,6	14,5	11,3
NGF	20,6	20,6	09,3	22,6
AE	07,1	07,2	06,3	06,6
PH	08,6	05,5	14,8	06,9
PG	00,0	10,1	00,4	00,0

Fonte: Dados da pesquisa

\*Altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), diâmetro da espiga com palha (DECP), comprimento da espiga com palha (CECP), diâmetro da espiga sem palha (DESP), peso da espiga sem palha (PESP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), altura da espiga (AE), peso hectolitro (PH), peso de grãos (PG)

Vale ressaltar que o NGF e o CECP são características correlacionadas (VILELA *et al.*, 2012), sendo que o comprimento da espiga pode interferir na produtividade de grãos SILVA *et al.* (2019). Neste sentido, para a formação de novos materiais, é interessante escolher cultivares que sejam divergentes entre si e com maior comprimento de espiga Pizolato Neto *et al.* (2016).

Com resultados análogos aos encontrados por Silva *et al.* (2019), a característica peso de grãos (PG) não figurou entre as características mais importantes na contribuição para a divergência entre as cultivares. Porém, por estar diretamente ligada à produtividade não deve ser negligenciada em trabalhos de melhoramento.

Em concordância com Sodré *et al.* (2018) o peso dos grãos (PG) teve maior contribuição em baixo N em cobertura, neste estudo 50 kg de N por ha<sup>-1</sup>, indicando que quanto menor a adição de nitrogênio maior a contribuição da produtividade para a dissimilaridade, o que pode ser relacionado com a expressão gênica das cultivares que reagem de forma diferente em baixo nível de N adicionado ao solo em cobertura, provavelmente por ser uma característica quantitativa.

Pelo exposto acima, em virtude do grande número de características, que necessita de mão de obra qualificada, tempo e suporte financeiro, a identificação das características que resultem em uma maior dissimilaridade entre cultivares, em programas de melhoramento, contribuem para a manutenção da diversidade genética da cultura, para a redução no tempo de

construção de uma nova cultivar, na otimização no uso da mão de obra e na racionalização dos custos nos programas de melhoramento.

### **Conclusão**

As características que mais contribuíram para a divergência genética foram o número de grãos por fileira e o comprimento de espiga com palha.

Houve baixa contribuição das doses de N para distinção das cultivares.

A dose de 100 kg de N por ha<sup>-1</sup> foi a que resultou em um maior número de grupos, indicando que pode ser utilizada para estudos futuros para distinção de genótipos visando maximizar o uso de recursos.

Os grupos formados, em sua maioria, apresentaram cultivares transgênicas e não transgênicas, indicando similaridade entre cultivares de ambas tecnologias.

### **Agradecimento**

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/MEC, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins e a Universidade Federal do Tocantins.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

### **Referências**

AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V. DE; PELUZIO, J. M.; FARIA, L. A. de. Avaliação de genótipos de milho: adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental. Revista Sítio Novo. v.4 n.2 p.81-92, 2020.

AQUINO, C. F.; SALOMÃO, L. C.; AZEVEDO, A. M. Genetic dissimilarity and relative importance of characteristics in banana cultivars through multivariate analysis. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.12, n.4, p.399-404, 2017.

ARTUZO, F. D., FOGUESATTO, C. R., MACHADO, J. A. D., OLIVEIRA, L. DE; SOUZA, Â. R. L. de. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. v.12, n.2, p.515-540, 2019.

BURG, I. C. As estratégias de conservação on farm e as ameaças de erosão genética e do conhecimento associado às variedades crioulas de milho de agricultores familiares do município de novo horizonte – SC. 2017. Florianópolis, SC. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2017.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; ROTILI, E.A.; DOTTO, M.A.; FARIA, L.A. Parâmetros genéticos e associação de metodologias de EUN no milho sob diferentes doses de nitrogênio. Journal of Bioenergy and Food Science. v.3, n.1, 2016.

COSTA, F. M. Diversidade genética e distribuição geográfica: uma abordagem para a conservação on Farm e ex situ e o uso sustentável dos recursos genéticos de milho do Oeste de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Imprensa Universitária. v.1. 20 ed. 480p. 2004.

DIAS, M. A. R.; MELO, A. V. DE; SANTOS, V. M. DOS; SANTOS, D. P. DA S.; NUNES, H. V. Divergência genética entre progênies de milho na região centro-sul do estado do Tocantins. Revista Engenharia na Agricultura REVENG. n.26. p.483-496, 2018.

DINIZ, R. P. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho transgênicos e respectivos isogênicos não transgênicos. Lavras, MG. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. 2011.

DOTTO, M. A.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; MELO, A. V. DE.; CARVALHO, E. V. de. Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. Revista Ciência Agronômica. v.41, n.4, p.630-637, 2010.

FILHO, I. A. P.; BORGHI, E. 2018. Sementes de milho no Brasil: a dominância dos transgênicos. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos. Sete Lagoas, MG.

Instituto Nacional de Meteorologia. INMET. Tempo. 2021. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 08/05/2019.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J. de; SZARESKI, V. J.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q. de. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. Revista de Ciências Agrárias. n.40, p.164-174. 2017.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; RESENDE, J. T. V. Genetic divergence among maize hybrids and correlations with heterosis and combining ability. Acta Scientiarum. v.34, n.1, p.37-44, 2012.

PIZOLATO NETO, A., CAMARGOS, A.E.V., VALERIANO, T.B., SGOBI, M.A., SANTANA, M.J. Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. Nucleus. n.13, v.1, p.87-96, 2016.

RAMOS, L. N.; SOUZA, N. O. S.; VILELA, M. S. Parâmetros agronômicos e características morfoagronômicas de híbridos de milho geneticamente modificados comparados a híbridos de milho convencionais. Bioscience Journal. n.36, v.4, p.1156-1166, 2020.

SANTOS, W. F. DOS.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SODRÉ, L. F.; SANTOS, D. S. DOS; FARIAS, T. C. M. Variabilidade genética e eficiência de uso do nitrogênio em populações de milho para teor de óleo. Revista Ciências Agrárias. v.57, n.3, p.312-317, 2014.

SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; PELÚZIO, J. M.; SODRÉ, L. F.; ROTILI, E. A.; CERQUEIRA, F. B.; FERREIRA, T. P. S. Diversidade genética em milho sob estresse abiótico no Estado do Tocantins. Journal of Bioenergy and Food Science. n.5, v.2, p.44-53, 2018.

SILVA, K. C. L.; SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; SODRÉ, L. F. Diversidade genética em genótipos de milho de plantio tardio sob diferentes níveis de nitrogênio no Tocantins. Revista de Agricultura Neotropical. v.6, n.3, p.92-100, 2019.

SIMON, G. A.; KAMADA, T.; MOITEIRO, M. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. Semina: Ciências Agrárias. v.33, n.2, p.449-458, 2012.

SODRÉ, L. F.; SANTOS, W. F. DOS; ASCÊNCIO, S. D.; PELUZIO, J. M.; SILVA, R. M. DA; REINA, E. Divergência genética em milho para baixo e alto nitrogênio visando à produção de óleo e proteína. Pesquisa Agropecuária Pernambucana. v.22, n.1, p.1-7, 2018.

SODRÉ, L. F.; ASCÊNCIO, S. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SANTOS, W. F. DOS; CARVALHO, E. V. de. Cultivo para alto e baixo nitrogênio em genótipos de milho no Tocantins visando a produção de óleo. Revista de Agricultura. v.91, n.2, p.174-183, 2016.

TEIXEIRA, F. F.; COSTA, F. M. Caracterização de recursos genéticos de milho. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos. Sete Lagoas, MG. 2010.

ULTCHAK, A. A. DE M. S. Organismos geneticamente modificados: a legalização no Brasil e o desenvolvimento sustentável. Interthesis. v.15, n.2, p.125-142, 2018.

VIEIRA, E.; FIALHO, J.; SILVA, M.; FUKUDA, W.M.G.; FALEIRO, F. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. Científica. v.36, n.1, p.56-67, 2009.

VILELA, R.G.; ARF, O.; KAPPES C.; KANEKO F. H.; GITTI D. DE C.; FERREIRA J. P. Desempenho agrônomico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. Bioscience Journal. n.28, p.25-33, 2012.

## 5. CAPÍTULO 3

### 5.1 ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E ESTRATIFICAÇÃO AMBIENTAL DE MILHO TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO NO CERRADO

Adaptability, stability and environmental stratification of genetically and nongenetically modified corn in the Cerrado<sup>1</sup>

---

ECKARDT, Marcio. CARDOSO, Ila Raquel Mello. SILVA, Núbia Adriane da. ABREU, Yolanda Vieira de. AFFÉRI, Flávio Sérgio. PELÚZIO, Joenes Mucci.

---

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p75-81>

#### **Destaques**

A interação genótipo ambiente está relacionada com a seleção de novas cultivares e o aumentos de produtividade.

O estresse hídrico ou o encharcamento do solo exercem forte influência na adaptabilidade da cultura.

Espera-se que as cultivares tenham comportamento diferenciado, influenciadas pelos níveis de adubação e pela local de cultivo

#### **Abstract**

Crop yield depends on interaction between genetic and environmental factors, making it essential to study adaptability, stability and environmental stratification in order to mitigate the effects of this interaction. Four experiments were conducted to assess competition between corn cultivars in the 2018/19 growing season, two in Paraíso do Tocantins and two in Palmas, with sowing performed on November 5, 2018 and January 15, 2019. Cultivar-environment interaction was analyzed in genetically modified (GM) and non-GM commercial corn cultivars in the Vale do Araguaia region of Tocantins state (TO), Brazil. A randomized block design was used for all the experiments, in 3 × 12 factorial scheme, with three doses of nitrogen fertilizer as topdressing (50, 100 and 150 kg of N ha<sup>-1</sup>) and 12 commercial cultivars (six non-GM, 1CHD, 2CV, 3CV, 4CV, 5CTH, 66CDH and six GM, 7GTH, 8GTH, 9GSH, 10GSH, 11GSH, 12GSH). For statistical analysis, the N dose in each experiment represented a different environment. The characteristic studied was grain yield, using the adaptability and stability

methods as well as environmental stratification. Different responses were observed between the GM and non-GM cultivars. Most of the GM and non-GM cultivars were better adapted to favorable and unfavorable environments, respectively. All the environments exhibited similar behavior regardless of location, sowing time and the N dose used, demonstrating that fewer environments can be used in future breeding research.

Key words: *Zea mays* L, cultivar x environment interaction, grain yield

### Resumo

O rendimento da cultura depende da interação entre os fatores genéticos e ambientais, tornando-se necessário estudo de adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental visando atenuar os efeitos desta interação. Neste sentido, visando estudar a interação cultivar x ambiente em cultivares comerciais de milho transgênico e não transgênico na região do Vale do Araguaia TO, foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares implantados na safra 2018/19, sendo dois em Paraíso do Tocantins e dois em Palmas, com semeaduras realizadas em 05/11/2018 e 15/01/2019. O delineamento experimental, em cada ensaio, foi de blocos casualizados com 36 tratamentos, que foram dispostos em esquema fatorial  $3 \times 12$ , representados por três doses de adubação nitrogenada em cobertura (50, 100 e 150 kg de N ha<sup>-1</sup>) e por 12 cultivares comerciais, (seis transgênicos: 1CHD, 2CV, 3CV, 4CV, 5CTH, 66CDH) e (seis não transgênicos: 7GTH, 8GTH, 9GSH, 10GSH, 11GSH, 12GSH). Na análise estatística, cada dose de N em cada ensaio representou um ambiente distinto. A característica estudada foi a produtividade de grãos, sendo utilizados os métodos de adaptabilidade e estabilidade, bem como a técnica de estratificação ambiental. Houve resposta diferencial entre as cultivares oriundas de tecnologias transgênicas e não transgênicas. Cultivares transgênicas e não transgênicas, em sua maioria, foram mais adaptadas aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente. Houve similaridade entre ambientes oriundos de locais, épocas de semeadura e doses de N, apontando para redução de ambientes em futuros trabalhos de melhoramento.

Palavras-chave: *Zea mays* L, interação cultivar x ambiente, rendimento de grãos

## Introdução

O rendimento da cultura depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo (KAPPES *et al.*, 2011). Assim, para se obter altas produtividades, é imprescindível o uso de tecnologias como melhoramento de sementes, híbridos adaptados as condições climáticas da região, resistência a doenças e pragas, manejo correto no plantio e a utilização correta de fertilizantes como o nitrogênio, por exemplo.

Com relação ao uso de fertilizantes, o nitrogênio (N) é o nutriente mineral requerido em maior quantidade pelo milho e o que mais influencia a produtividade de grãos, pois participa diretamente na biossíntese de proteínas e clorofilas (BÜLL, 1993; GOTT *et al.*, 2014; CIPRIANO & SILVA, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O fator ambiental e a biodiversidade têm importante participação no desenvolvimento da cultura, que ao ser cultivada em diferentes ambientes, está sujeita a interação Cultivar × Ambiente (CxA), que exerce forte influência sobre o desempenho dos genótipos, dificultando a seleção de novas cultivares. (CRUZ e REGAZZI, 2007).

A identificação e o uso de cultivares com ampla adaptabilidade e estabilidade e a estratificação ambiental, tem sido alternativas para atenuar o efeito da interação (C x A) (CARVALHO *et al.*, 2014). A identificação de ambientes similares torna o programa de melhoramento mais ágil e reduz custos, uma vez que permite ao melhorista eliminar os ambientes semelhantes dentro de cada grupo, sem que haja perda da eficiência ou precisão do processo seletivo (CRUZ e REGAZZI, 2007)

No entanto, embora a literatura aborde a interação entre cultivar e ambiente, este estudo converge seus esforços em apresentar o desempenho desta interação, fornecendo diretrizes que apresentem a uniformidade dos resultados frente as diferentes regiões e dosagens aplicadas na produção de milho transgênico e não transgênico.

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o efeito da interação cultivar x ambiente em cultivares comerciais de milho, transgênicos e não transgênicos, sob diferentes doses de N (Nitrogênio) em cobertura, na região do Vale do Araguaia, Tocantins (TO) na safra 2018/2019.

## Material e Métodos

Em clima tropical, no período da estação chuvosa, sob baixa altitude foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares implantados na safra 2018/19 no estado do Tocantins, sendo dois em Paraíso do Tocantins (-10°267 Sul; -48°887 Oeste e altitude: 411 m) e dois em Palmas (-10°175Sul; 48°358 Oeste e altitude: 220 m). Em Paraíso do Tocantins e Palmas, as sementeiras foram realizadas em cinco de novembro de 2018 e quinze de janeiro de 2019.

Para identificar as características químicas do solo onde seriam implantados os experimentos foi feita a análise de solo. O resultado da análise das características químicas do solo em Palmas foram: 5,9 de pH CaCl<sub>2</sub>; 6,8 de P (mg/dm<sup>-3</sup>); 39 de K (mg/dm<sup>-3</sup>); 1,2 de Ca (cmolc/dm<sup>-3</sup>); 0,5 de Mg (cmolc/dm<sup>-3</sup>) 1,0% de M.O; 54% de Saturação de base e 3,4 de CTC (cmolc/dm<sup>-3</sup>). Em Paraíso do Tocantins, os resultados foram 6,1 de pH CaCl<sub>2</sub>; 14,1 de P (mg/dm<sup>-3</sup>); 54,2 de K (mg/dm<sup>-3</sup>); 3,6 de Ca (cmolc/dm<sup>-3</sup>); 0,8 de Mg (cmolc/dm<sup>-3</sup>); 1,6% de M.O. 76,4% de Saturação de base e 5,94 de CTC (cmolc/dm<sup>-3</sup>)

Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos através da coleta semanal no local de realização dos ensaios (Figura 1).

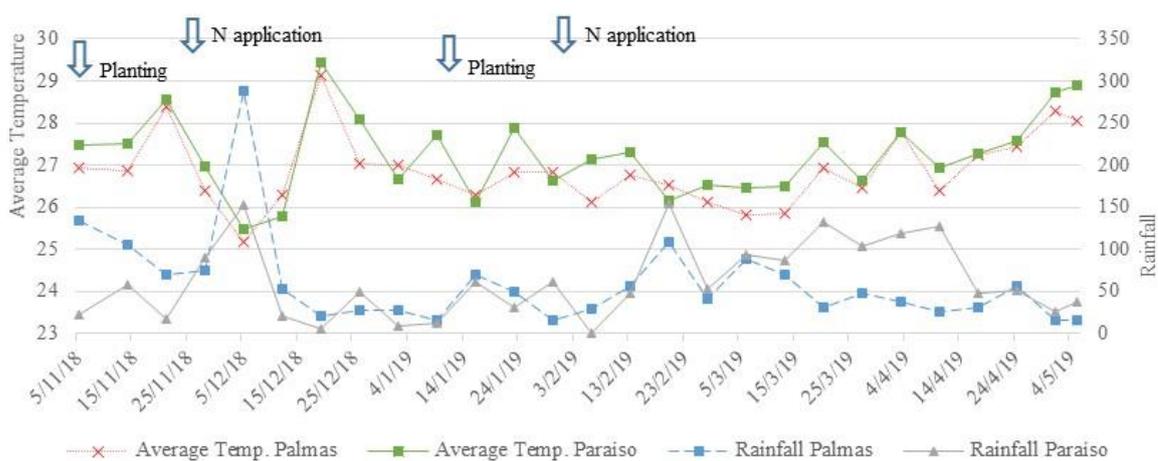


Figura 1. Dados semanais de temperatura e precipitação no município de Paraíso do Tocantins e Palmas em 2018 e 2019.

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos ao acaso, com 36 tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 3 x 12, representados por três doses de adubação de cobertura nitrogenada em baixo N (50 kg of N ha<sup>-1</sup>), médio N (100 kg of N ha<sup>-1</sup>) e alto N (150 kg of N ha<sup>-1</sup>) e por 12 cultivares comerciais, sendo seis transgênicos e seis não transgênicos, disponíveis e adquiridos em lojas especializadas e atuantes no comércio da região onde foram implantados os experimentos.

As cultivares foram codificados de 1 a 6 para os não transgênicos e de 7 a 12 para os transgênicos, sendo: 1CHD (não transgênica Híbrido Duplo), 2CV (não transgênica Variedade), 3CV (não transgênica Variedade), 4CV (não transgênica Variedade), 5CHT (não transgênica Híbrido Triplo), 6CHD (não transgênica Híbrido Duplo), 7THT (Transgênico Híbrido Triplo), 8THT (Transgênico Híbrido Triplo), 9THS (Transgênico Híbrido Simples), 10THS (Transgênico Híbrido Simples), 11THS (Transgênico Híbrido Simples), 12THS (Transgênico Híbrido Simples).

A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento de 0,80 metros. Foram colhidas as espigas das duas linhas centrais, porém descartou-se as espigas de 0,50 metros das extremidades.

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens, seguidas do sulcamento. Conforme resultado da análise química dos solos, não foi realizada a operação de calagem, a adubação de base foi de 400 kg de 4-14-8 por ha<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado manualmente e após 10 dias foi estabelecida população desejada.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada manualmente ao lado do sulco de semeadura, quando as plantas estavam no estágio V4 sendo aplicados 50, 100 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup>, utilizando como fonte o sulfato de amônio. As doses utilizadas para os ambientes de baixo e alto N correspondem à menor e maior produtividade de grãos esperadas para a cultura do milho (SANTOS *et al.*, 2016)

O estágio V4 é estabelecido quando a planta apresenta quatro folhas totalmente desenvolvidas e pode-se afirmar que o estabelecimento do número de grãos, ou a definição da produção potencial estão sendo definidos nesta fase, tendo como preferência a aplicação do N nesta fase quando em aplicação única (MAGALHÃES e DURÃES, 2006; BEGNINI *et al.*, 2018)

A condução dos ensaios quanto manejo de pragas e ervas daninhas foi realizada conforme descrito por Fancelli & Dourado Neto (2000).

Os grãos colhidos em cada ensaio foram identificados por doses de N e cultivares, sendo pesados e transformados em Kg por ha<sup>-1</sup> após corrigida a umidade em 13%.

Na análise estatística, cada dose de N em cada um dos ensaios, representou um ambiente distinto. Assim, foram obtidos 12 ambientes oriundos da combinação das três doses de N com os quatro ensaios, apresentados na (TABELA 1)

Tabela 1. Ambientes produzidos por combinações de local, época de semeadura e doses de N em cobertura nas safras 2018/19 e 2019/20

Ambientes	Local	Data	kg of N ha <sup>-1</sup>
1	Paraíso do	05/11/2018	50
2	Tocantins	05/11/2018	100
3		05/11/2018	150
4	Palmas	05/11/2018	50
5		05/11/2018	100
6		05/11/2018	150
7	Paraíso do	15/01/2019	50
8	Tocantins	15/01/2019	100
9		15/01/2019	150
10	Palmas	15/01/2019	50
11		15/01/2019	100
12		15/01/2019	150

Os dados da produtividade, em cada ambiente, foram submetidos a análise de variância individual e posteriormente, análise conjunta dos ambientes sendo que para esta análise o quadrado médio residual foi inferior a sete vezes o maior. Em seguida foram realizadas análises de adaptabilidade e estabilidade e estratificação ambiental

Os métodos de adaptabilidade e estabilidade utilizados foram de Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988), modificado por Carneiro (1998).

De acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966), os genótipos com coeficiente de regressão igual à unidade ( $\beta_1=1$ ) possuem adaptabilidade geral ou ampla; os genótipos com  $\beta_1>1$  mostram adaptabilidade específica para ambientes favoráveis; os genótipos com  $\beta_1<1$  mostram adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis. O genótipo ideal é aquele que apresenta produção superior à média geral, coeficiente de regressão igual à unidade ( $\beta_1=1$ ) e comportamento previsível ( $\sigma^2d = 0$ ). Por esta metodologia, a estabilidade é estimada pelos desvios da regressão ( $\sigma^2d$ ) ou pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), que apresentam relação contrária, ou seja, genótipos estáveis serão aqueles com maiores valores de  $R^2$  e menores de  $\sigma^2d$ .

A metodologia de Lin e Binns (1988), é baseada na estimativa do parâmetro  $P_i$ , que mede o desvio do caráter estudado de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente. Carneiro (1998) propôs uma melhoria do método a fim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos genótipos em ambientes específicos, isto é, favoráveis e desfavoráveis. O genótipo ideal, ou seja, com ampla adaptabilidade/estabilidade para cada ambiente, é aquele com média alta e menor valor de  $P_i$ .

A estratificação e dissimilaridade ambiental foi realizada segundo o método de agrupamento de ambientes com base no algoritmo de Lin (1982). O método do algoritmo de Lin (1982), consiste em estimar a soma de quadrados da interação entre cultivares e pares de ambientes, seguido do agrupamento daqueles ambientes cuja interação é não significativa.

Foram estimadas também as frações simples e complexa da interação genótipo e ambiente, de acordo com o método de Cruz e Castoldi (1991) e, por fim, a correlação de Pearson entre os pares de ambientes.

O método de Cruz e Castoldi (1991), embora semelhante ao do algoritmo de Lin (1982), oferece uma possibilidade adicional, pois, além do agrupamento de ambientes com interação CxA não significativa, possibilita a união de ambientes cuja interação, mesmo com magnitude significativa, seja de natureza predominantemente simples, isto é, sem mudanças no ordenamento dos genótipos frente aos locais/ambientes de avaliação.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Computacional Genes, versão 2007.

## Resultados e Discussão

A análise de variância, conforme Tabela 1, apresentou efeito significativo para cultivares, ambientes e para a interação cultivares x ambiente e, como essa interação, em sua maioria, foi de fração complexa (FC) (Tabela 2) com correlações (R) de baixa magnitude entre os ambientes (Tabela 2), há um indicativo de comportamento diferencial dos cultivares em função dos ambientes, justificando, assim, análise de adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental.

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta da produtividade avaliada nos doze ambientes com plantio em Paraíso do Tocantins e Palmas

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Bloco/Ambiente	22	2844090.3
Cultivar	11	30628449.8*
Ambiente	11	39205912.6*
Ambiente × Cultivar	121	1480638.4*
Resíduo	264	1121128.9
Média kg ha <sup>-1</sup>	5816	
CV%	18.2	

ns, \* - Não significativa, significativa a  $p \leq 0.05$ , respectivamente; GL – Graus de Liberdade; CV – Coeficiente de variação

O coeficiente de variação (CV) encontrado foi de 18,2 indicando precisão adequada na condução dos experimentos em campo (SCAPIM; CARVALHO; CRUZ, 1995). Resultado semelhante ao encontrado por Carvalho *et al.* (2013) CV% de 16,86, Mijone *et al.* (2019) CV% de 19,51, ao estudarem a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Centro-Sul do Estado do Tocantins, e em Patos de Minas – MG, respectivamente.

Tabela 3. Estimativas da fração simples (%FS) e fração complexa (%FC) da interação C x A e da correlação (R) entre os pares de 12 ambientes de avaliação, de doze cultivares de milho, baseadas na produtividade média com base no método de Cruz & Castoldi (1991) e a correlação de Pearson

Average Yield															
Pair	%SI	%CI	r	Pair	%SI	%CI	r	Pair	%SI	%CI	r	Pair	%SI	%CI	r
1 x 2	66.9	33.1	0.77	1 x 3	81.3	18.7	0.95	1 x 4	41.9	58.1	0.66	1 x 5	63.8	36.2	0.74
1 x 6	34.1	65.9	0.56	1 x 7	42.1	57.9	0.66	1 x 8	30.7	69.3	0.51	1 x 9	26.5	73.5	0.35
1 x 10	47.1	52.9	0.65	1 x 11	61.2	38.8	0.71	1 x 12	41.4	58.6	0.62	2 x 3	59.1	40.9	0.73
2 x 4	38.8	61.2	0.45	2 x 5	40.5	59.5	0.64	2 x 6	38.9	61.1	0.48	2 x 7	72.7	27.3	0.80
2 x 8	76.6	23.4	0.84	2 x 9	42.2	57.8	0.65	2 x 10	49.5	50.5	0.71	2 x 11	66.1	33.9	0.88
2 x 12	67.7	32.3	0.84	3 x 4	50.4	49.6	0.74	3 x 5	67.9	32.1	0.80	3 x 6	37.1	62.9	0.60
3 x 7	43.6	56.4	0.66	3 x 8	35.2	64.8	0.57	3 x 9	15.9	84.1	0.23	3 x 10	42.1	57.9	0.63
3 x 11	52.4	47.6	0.66	3 x 12	43.4	56.6	0.67	4 x 5	50.3	49.7	0.58	4 x 6	44.7	55.3	0.69
4 x 7	40.8	59.2	0.64	4 x 8	33.2	66.8	0.55	4 x 9	13.4	86.6	0.12	4 x 10	36.9	63.1	0.52
4 x 11	50.7	49.3	0.58	4 x 12	46.4	53.6	0.67	5 x 6	32.7	67.3	0.39	5 x 7	56.9	43.1	0.65
5 x 8	47.8	52.2	0.57	5 x 9	23.1	76.9	0.39	5 x 10	35.9	64.1	0.55	5 x 11	34.4	65.6	0.56
5 x 12	56.3	43.7	0.74	6 x 7	45.9	54.1	0.70	6 x 8	38.9	61.1	0.62	6 x 9	10.9	89.1	0.11
6 x 10	59.9	40.1	0.78	6 x 11	60.5	39.5	0.71	6 x 12	32.5	67.5	0.52	7 x 8	65.7	34.3	0.88
7 x 9	33.6	66.4	0.43	7 x 10	65.3	34.7	0.80	7 x 11	80.9	19.1	0.86	7 x 12	70.8	29.2	0.87
8 x 9	33.7	66.3	0.45	8 x 10	52.9	47.1	0.71	8 x 11	78.9	21.1	0.85	8 x 12	68.8	31.2	0.87
9 x 10	24.1	75.9	0.41	9 x 11	36.3	63.7	0.57	9 x 12	37.9	62.1	0.58	10 x 11	73.8	26.2	0.9
10 x 12	49.8	50.2	0.73	11 x 12	69.2	30.8	0.84								

Quando analisados os índices ambientais (Tabela 3) segundo Eberhart e Russel (1966), verifica-se que os ambientes quatro, cinco, seis (Palmas, semeadura em 05/11/2018) e sete, oito e nove (Paraíso, semeadura em 15/01/2019) foram classificados como favoráveis, por apresentarem média superior à média geral dos ambientes (índice ambiental positivo). A classificação como favoráveis foi influenciada – neste experimento - pelas condições climáticas que se apresentaram de forma mais desejada pela cultura do milho, além de que nestas condições a adubação não foi definitiva para a diferenciação dos ambientes. Conhecer os ambientes e suas características é importante por que cultivares cujo desempenho é satisfatório

em determinado ambiente poderão exibir comportamento inferior em outras condições ambientais, Neto *et al.* (2020), isto é, a interação poderá alterar as projeções de comportamento genético.

Por outro lado, os ambientes um, dois, três (Paraíso, semeadura em 05/11/2018) e os ambientes dez, onze e doze (Palmas, semeadura em 15/01/2019) são desfavoráveis, por apresentarem média inferior à média geral dos ambientes (índice ambiental negativo). Neste sentido, pode-se observar que dentro de cada local e em cada época de semeadura, que as doses de N utilizadas em cobertura (50, 100 e 150 kg de N por ha<sup>-1</sup>) não foram capazes de provocar mudanças na classificação dos ambientes e que, a classificação dos ambientes, em favoráveis e desfavoráveis ocorreu, principalmente, em função das diferenças com relação aos índices de precipitação ocorridos em cada um dos locais e em cada uma das épocas de semeadura. Apesar de Santos *et al.* (2020) afirmarem que em plantas cultivadas com alta dose de N, há maior translocação de carboidratos para as raízes, resultando no melhor desenvolvimento da raiz e uso do N.

Nos ambientes quatro, cinco, seis (Palmas, semeadura em 05/11/2018) e sete, oito e nove (Paraíso, semeadura em 15/01/2019), houve distribuição regular de chuva durante o período de desenvolvimento das plantas, potencializando o aproveitamento da adubação e melhor desenvolvimento das mesmas.

Por outro lado, na semeadura realizada em Paraíso em 05/11/2018 (ambientes um, dois e três) e em Palmas, representada pelos ambientes dez, onze e doze (Palmas, semeadura em 15/01/2019), todos classificados como desfavoráveis, o grande volume de chuva na fase inicial de cultivo (Figuras 1 e 2), prejudicou o desenvolvimento inicial das plantas que, aliada à uma provável lixiviação da adubação de base e a adubação de cobertura, resultaram em reflexos negativos na produtividade final. Faria *et al.* (2017) e Mijone *et al.* (2019) apontam que ambientes desfavoráveis podem ocorrer devido a clima não adequado ou baixo uso de tecnologia e de recursos.

Além disso, em Paraíso, ocorreu um período de baixa precipitação entre 20/12/2018 e 10/01/2019, quando as plantas estavam em fase de definição do potencial produtivo.

Tabela 4. Índice ambiental (Ij) de doze ambientes, para produtividade média, obtidos pelo método de Eberhart & Russell (1966), sob duas épocas de semeadura, em Paraíso do Tocantins e Palmas

Índice ambiental		
Ambiente	Média Ambiente Kg	Índice ambiental (Ij)
1	5093	-724.1
2	5200	-617.1
3	5146	-670.9
4	6499	682.8
5	6522	704.9
6	6550	733.1
7	6526	709.2
8	7095	1278.8
9	7372	1555.5
10	4469	-1347.5
11	4447	-1369.9
12	4882	-934.7
Média Geral	5817	

Segundo Magalhães e Durães (2006) o estresse hídrico pode afetar o comprimento de internódios, contribuindo para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo, além de resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar, que pode prejudicar o desenvolvimento. Além disso, o encharcamento do solo pode prejudicar o crescimento ou até mesmo matar a planta em poucos dias. Além da influência direta das condições do ambiente na planta, Aférrri *et al.* (2021) apontam que a adubação de cobertura quando realizada em uma única parcela/dose, pode ter sua eficiência prejudicada pelas condições do solo e clima encontrados no momento da aplicação. e a ocorrência ou falta de precipitações após a prática são fatores que resultam numa baixa eficiência da aplicação do adubo nitrogenado em cobertura.

As médias e os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das doze cultivares são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros de Adaptabilidade (B1) e estabilidade S<sup>2</sup>d, para produtividade média pelo método de Eberhart & Russell (1966) e de Lin & Binns (1988) – Modificado por Carneiro (1988) Pi, PiFav e PiDesf, em doze ambientes sob duas épocas de semeadura, em Paraíso do Tocantins e Palmas

Produtividade Média							
Cultivar	Média	Eberhart & Russel			Lin & Binns		
		Índice Ambiental	$\beta_1$	S <sup>2</sup> d	Pi	PiFav	PiUfav
1	6881.91	-724.0	0.728*	894103.76*	446368.89	754178.3	138559.4
2	4378.52	-617.0	0.860*	311872.43 <sup>ns</sup>	5533990.35	7097350.6	3970630.1
3	5860.75	-670.9	0.849*	-2939.54 <sup>ns</sup>	1827078.03	2374714.5	1279441.5
4	4022.13	682.8	1.042*	83110.84 <sup>ns</sup>	6411373.65	7004148.0	5818599.2
5	6677.00	704.8	0.935*	-303928.98 <sup>ns</sup>	534311.91	746069.9	322553.9
6	6012.75	733.0	0.960*	81568.74 <sup>ns</sup>	1373464.89	1566187.5	1180742.1
7	6895.10	709.1	1.227*	-168046.4 <sup>ns</sup>	423730.93	415526.6	431935.2
8	5503.77	1278.7	0.898*	77904.61 <sup>ns</sup>	2625369.95	2753556.3	2497183.5
9	5539.30	1555.4	1.248*	29761.13 <sup>ns</sup>	2337052.47	1709295.7	2964809.2
10	5345.97	-1347.5	1.213*	31731.21 <sup>ns</sup>	2715263.98	2200714.0	3229813.9
11	6191.80	-1369.9	1.012 <sup>ns</sup>	-45029.08 <sup>ns</sup>	1418001.21	1817182.6	1018819.8
12	6491.02	-934.7	1.023*	145376.85 <sup>ns</sup>	860616.1	1254980.9	466857.2
Média Geral	5817						

Fonte: dados da pesquisa; Cultivar: 1-AG1051; 2-Cativerde; 3-AL Alvaré; 4-AL Bandeirante; 5-BM3063; 6-Órion; 7-BM3063; 8-2B655PW; 9-2M95VIP3; 10-30S31VYH; 11-P3862H; 12-AG709.  $\beta_1$  – Coeficiente de regressão; S<sup>2</sup>d – Desvio da regressão; Pi – Índice de superioridade; PiFav – Adaptação a ambientes favoráveis; PiUfav – Adaptação a ambientes desfavoráveis; \*, ns= significativo a 5% e não significativo respectivamente pelo teste t. para (B1) e teste F para (S<sup>2</sup>d)

Todas as cultivares, com exceção da cultivar 1 (não transgênica), apresentaram desvios da regressão não significativos ( $\sigma^2d$ ), pelo método de Eberhart e Russell (1966), indicando previsibilidade de comportamento e desta forma sendo capaz de se manter estável respondendo ao ambiente e manter bom desempenho mesmo em ambientes desfavoráveis. De acordo com Cargnelutti Filho e Guadagnin (2018) estabilidade indica a capacidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível, em função do estímulo do ambiente.

Com relação à adaptabilidade, pelo método de Eberhart e Russel (1966), as cultivares não transgênicas 1, 2, 3, 5 e 6 e a cultivar transgênica 8 apresentaram coeficiente de regressão inferior à unidade ( $B1 < 1$ ), indicando adaptação aos ambientes desfavoráveis, ou seja, com baixo investimento em tecnologia de cultivo. O mesmo resultado foi encontrado para a cultivar 1, por Santos *et al.* 2020 que ainda complementa que esta cultivar se classifica como não responsiva ao aumento de N.

Neste ambiente, entretanto, as cultivares 1, 3, 5 e 6 por terem apresentado média superior à média geral podem ser classificadas como de ampla adaptação. Pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) as cultivares 1 e 5 apresentaram também um baixo valor de  $P_i$  desfavorável, indicando adaptabilidade/estabilidade de comportamento nos ambientes desfavoráveis. A adaptabilidade das cultivares aos ambientes é influenciada por fatores como solo, locais, safras, épocas, manejo e a tecnologia aplicada Afférrri (2020), e está relacionada a capacidade das cultivares aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, alcançando produtividade satisfatória (MASTRODOMENICO *et al.*, 2018).

Pode-se observar que, de modo geral, a maioria das cultivares adaptadas a esses ambientes foram não transgênicas, que pode ter sido favorecido por estas culturas serem projetadas para ambientes com menor investimento em tecnologia e desta forma possivelmente mais tolerantes a situações adversas.

Santos *et al.* (2016) ao investigarem o rendimento de proteína da cultivar 4 em resposta ao N, consideraram que este material não é eficiente. Neste estudo, a cultivar 4 em conjunto com as cultivares transgênicas 7, 9, 10 e 12 apresentaram coeficiente de regressão superior à unidade ( $B_1 > 1$ ), revelando adaptação aos ambientes favoráveis, que normalmente recebem maiores investimentos em tecnologia. Neste estudo, os ambientes favoráveis não sofreram com adversidades climáticas. Dessas cultivares, apenas as cultivares 7 e 12 apresentaram média superior à média geral das cultivares.

Pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), as cultivares 7 e 10 apresentaram também os menores valores de  $P_{i_{Fav}}$ . Em ambientes favoráveis, a maior parte das cultivares foram oriundas de um maior investimento biotecnológico (transgênicas) que ocorreu, provavelmente, em virtude destes ambientes não terem sofrido interferência de instabilidade climáticas, o que possibilitou a expressão do potencial genético das mesmas.

A cultivar transgênica 11 apresentou coeficiente de regressão igual a unidade ( $B_1 = 1$ ), média acima da média geral e previsibilidade de comportamento, podendo ser considerada como ideal, ou seja, adaptada aos ambientes favoráveis e desfavoráveis e previsível, pelo método de Eberhart e Russel (1966). Pelo método não paramétrico de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), as cultivares 1, 5 e 7 apresentaram os menores valores de  $P_i$ , demonstrando adaptação geral. Para carvalho *et al* (2014), cultivares com ampla adaptação se apresentam como boa opção de escolha quando o mercado não dispõe de materiais que sejam adaptados a condição específica.

O fato de cultivares diferentes serem apontadas como de adaptação geral pode ser explicado pela abordagem diferenciada dada aos dados por cada metodologia, evidenciando o potencial de cada cultivar. Segundo Chandel *et al.* (2019), o desenvolvimento de cultivares com ampla adaptação tem sido um dos objetivos de programas de melhoramento.

Os agrupamentos dos ambientes, pelo método proposto por Lin (1982), são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Agrupamento dos doze ambientes baseado na produtividade média segundo o método proposto por Lin (1982), sob duas épocas de semeadura, em Paraíso do Tocantins e Palmas

Rendimento Médio	
Grupo	Ambiente
I	1; 3; 5; 2; 11; 12; 10; 7; 8; 6; 4
II	9; 2
III	9; 11
IV	9; 12
V	9; 5
VI	9; 10

Houve a formação de seis grupos de ambientes similares, sendo que no grupo 1 foram agrupados 11 ambientes, exceto o ambiente 9. Assim, o grupo I foi constituído por diferentes doses de N, épocas de semeadura e locais. Os demais grupos foram constituídos sempre pelo ambiente nove (Palmas, 15/01) combinado com os ambientes 2 (grupo II), 11 (grupo III), 12 (GRUPO IV), 5 (GRUPO V) e 10 (grupo 6). Desses, os ambientes 10, 11 e 12 são de um mesmo local (Palmas, semeadura 15/01/2019), mas representam diferentes doses de adubação. A alta correlação entre ambientes diferentes, locais, épocas de plantio e adubação em cobertura, têm relação com a capacidade do método em mensurar possíveis divergências, bem como com o rigor nos critérios de separação dos ambientes (RIBEIRO e ALMEIDA, 2011)

Assim, pode-se observar que, de modo geral, as doses de N utilizadas (50, 100 e 150 kg por ha<sup>-1</sup>) e os fatores climáticos (precipitação e temperatura), oriundos das diferentes épocas de semeadura e locais, não foram capazes de promover mudanças significativas nos ambientes, o que também foi relatado por Afféri *et al.* (2020) e por Matta *et al.* (2020). Portanto, visando a otimização de recursos humanos e financeiros em programas de melhoramento, é possível reduzir o número de ambientes de dois anos para um ano agrícola, de dois locais para um local e utilizar a menor adubação nitrogenada (50 kg de N por ha<sup>-1</sup>).

## Conclusão

1. Cultivares não transgênicas, em sua grande maioria, foram mais adaptadas aos ambientes desfavoráveis.
2. Cultivares transgênicas, de modo geral, foram mais adaptadas aos ambientes favoráveis.
3. Houve similaridade entre ambientes oriundos de locais, épocas de semeadura e doses de N, apontando para redução de ambientes em próximos ensaios em trabalhos de melhoramento

## Referências

- AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V. DE; PELUZIO, J. M.; FARIA, L. A. de. Avaliação de genótipos de milho: Adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental. Revista Sítio Novo, v.4, p.81-92, 2020.
- BEGNINI, G.; ASSMANN, E. J.; RITTER, G.; BRITO, T. S. Adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos da cultura do milho. Revista Cultivando o Saber, v.9, p.1-7, 2018.
- BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; STORCK, L.; WOYANN, L. G.; DUARTE, T.; STOCO, M. G.; MARCHIORO, S. V. Métodos estatísticos para estudar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo. Bragantia, v.76, p.1-10, 2017.
- CAPONE, A.; DARIO, A.; VICENTINO, L.A.L.; FIDELIS, R.R.; BARROS, H. B. Combinação de métodos paramétricos e não-paramétricos para estudo da estabilidade de cultivares de soja no Cerrado Tocantinense. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, p.21-25, 2016.
- CARNEIRO, P. C. S. Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento. 1998. Viçosa: UFV. 168 f. Tese Doutorado. 1998
- CARVALHO, E. V. DE; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; CANCELIER, L. L.; SANTOS, W. F. dos. Adaptability and stability of corn hybrids in Tocantins. Journal Biotechnology Biodiversity, v.4, p.25-31, 2013.

CARVALHO, E. V. DE; AFFÉRI, F. S.; PELÚZIO, J. M.; SANTOS, W. F. dos; BICUDO, S. J. Adaptabilidade na produção de massa verde e grãos de genótipos de milho no Tocantins. Revista Ciência Agronômica, v.45, p.856-862, 2014.

CHANDEL, U.; GULERIA, S. K.; SUDAN, R. S.; KUMAR, D. Genotype by environment interaction and stability analysis for maize hybrids in North Western Himalayas ecology. Maydica, v.64, p.1-7, 2019.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento de safra - séries históricas. Available on: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Accessed on: 26 apr, 2021.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Uso de informações ambientais na modelagem e interpretação da interação genótipo x ambiente. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 46p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. Revista Ceres, v38, p.422-430, 1991.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Imprensa Universitária. 2007. 480p.

DIAS, V. C.; PALUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; LIMA, M. D. DE; SANTOS, D. B. R. DOS; BENKO, G.; SANTOS, W. F. DOS; SANTOS, L. F. S.; BARBOSA, A. S.; FARIA, L. A. de. Efficiency and response of corn cultivars to nitrogen, associated or not with *Azospirillum brasilense*. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v.8, p.217-224, 2021.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, v.6, p.36-40, 1966.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária. 2000. 360p.

LIN, C. S. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean-square. Theoretical and Applied Genetics, v.62, p.277-280, 1982.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. Canadian Journal of Plant Science, v.68, p.193-198, 1988.

MAGALHÃES, P. C. DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2006. 10p. Circular Técnica 76.

MASTRODOMENICO, A. T.; HAEGELE, J. W.; SEEBAUER, J. R.; BELOW, F. E. Yield stability differs in commercial maize hybrids in response to changes in plant density, nitrogen fertility, and environment. Crop Science, v.58, p.230-241, 2018.

MATTA, L. B.; CRUZ, C. D.; SANTOS, I. A.; CARVALHO, C. G. P.; BORBA FILHO, A. B.; ALVES, A. D.; Optimum environment number for the national sunflower trials network. Acta Scientiarum. Agronomy, v.42, p.1-7, 2020.

MIJONE, A. P.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, O. T.; MAES, M. L.; PINSETTA JUNIOR, J. S. Adaptability and stability of corn hybrids in the off season across various agricultural regions in Brazil. Genetics and Molecular Research, v.18, p.1-17, 2019.

ODA, M. C.; SEDIYAMA, T.; MATSUO, E.; NASCIMENTO, M.; CRUZ, C. D. Estabilidade e adaptabilidade de produção de grãos de soja por meio de metodologias tradicionais e redes neurais artificiais. Scientia Agraria Paranaensis, v18, p.117-124, 2019.

OLIVEIRA, E. J. DE; MELO. H. C. DE; ALVEZ, F. R. R.; MELO, A. P. C. DE; TRINDADE, K. L.; GUEDES, T. DE M.; SOUZA, C. M. Morphophysiology and yield of green corn cultivated under different water depths and nitrogen doses in the cerrado conditions of Goiás, Brazil. Research, Society and Development, v.9, p.1-28, 2020.

OLIVEIRA, L. A. DE; SILVA, C. P. DA; TEODORO, P. E.; TORRES, F. E.; CORRÊA, A. M.; BHERING, L. L. Performance of cowpea genotypes in the Brazilian Midwest using the bayesian additive main effects and multiplicative interaction model. Agronomy Journal, v.110, p.147-154, 2018.

PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B.; BRANQUINHO R. G.; SOUZA, P. I. D. M. Environmental stratifications for soybean cultivar recommendation and its consistency over time. Genetics and Molecular Research, v.13, p.1-4, 2017.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

SANTOS, W F. DOS; JÚNIOR, O. J. F. J.; MACIEL, L. C.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SODRÉ, L. F.; FARIA, L. A. DE; VIEIRA, L.; BARBOSA, A. S.; SILVA, R. M. da.

Efficiency and response to nitrogen use in maize genotypes for silage production in tropical climate. Annual Research & Review in Biology, v.9, p.89-95, 2020.

SANTOS, W F. DOS; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SODRÉ, L. F.; HACKENHAAR, C.; REINA, E.; MACÊDO, D, A.; Eficiência e resposta ao uso do nitrogênio em genótipos de milho para rendimento de proteína. Tecnologia & Ciência Agropecuária, v.10, , p.6-11, 2016.

SILVA, K. C. L.; SILVA, K. P. DA; CARVALHO, E. V. DE; ROTILLI, E. A.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M. Divergência genética de genótipos de milho com e sem adubação nitrogenada em cobertura. Revista Agroambiente On-line, v.9, p.102-110, 2015.

SODRÉ, L. F.; SANTOS, W. F. DOS; ASCÊNCIO, S. D.; PALUZIO, J. M.; SILVA, R. M. DA; REINA, E. Divergência genética em milho para baixo e alto nitrogênio visando à produção de óleo e proteína. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, v.22, p.1-7, 2017.

## 6. CAPÍTULO 4

### 6.1 CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE COMPONENTES FÍSICO-QUÍMICOS DE GRÃOS DE MILHO CULTIVADO SOB BAIXA LATITUDE

Correlation and path analysis of physical-chemical components of maize grains grown under low latitude

---

ECKARDT, Marcio. CARDOSO, Ila Raquel Mello. SILVA, Núbia Adriane da. CARVALHO, Edmar Vinícius de. AFFÉRI, Flávio Sérgio. PELÚZIO, Joenes Mucci.

---

#### Resumo

O melhoramento genético é uma das formas de potencializar a produtividade, diminuir custos e proporcionar maior sustentabilidade, de modo que uma ferramenta auxiliar neste processo seria o conhecimento da relação entre as variáveis e a produtividade. Assim, o presente artigo foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos diretos e indiretos entre os componentes químicos do grão na produtividade de milho sob cultivo em baixa latitude. Nas safras de 2018-2019 foram realizados dois ensaios de competição de cultivares, sendo um em Palmas e outro em Paraíso do Tocantins-TO. O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi de blocos ao acaso, com 12 tratamentos e três repetições, os tratamentos representados por 12 cultivares comerciais, divididas em seis transgênicos e seis não transgênicos. Os caracteres estudados foram Óleo, Proteína, Fibra, Amido e Produção de Grãos. Foram realizadas análise de variância individual e análise conjunta. Posteriormente, foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres. Em seguida, as correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos dos componentes químicos do grão de milho (variáveis independentes) sobre a produção de grãos (variável básica). O amido apresentou correlação significativa alta e positiva, o que beneficiaria o aumento da produtividade e produtores em uma seleção de cultivares. Em contraposição, os teores de óleo e de proteína apresentaram correlação negativa a produtividade, porém se o interesse for produção para indústria seria estratégia interessante selecionar cultivares com esta aptidão.

Palavras-chave: Comercialização; Melhoramento; Produtividade de grãos; Zea mays L.

## Abstract

Genetic improvement is one of the ways of potentializing yield, reducing costs, and providing greater sustainability so that a useful tool in such a process would be knowing the correlation amongst variables and yield. Thus, this paper aims to study direct and indirect effects among grain's chemical components in maize yield grown under low latitude. In 2018-2019 harvest, two cultivar competition tests were conducted in Palmas and Paraíso do Tocantins, in the state of Tocantins, Brazil. The experimental design used in the tests was random blocks, with 12 treatments and three repetitions. The treatments were represented by 12 commercial cultivars, split into six transgenics and six non-transgenics. The characters studied were Oil, Protein, Fiber, Starch, and Grain Production. Individual variance analysis and joint analysis were carried out. Afterward, Pearson correlation coefficient amongst characters. Then, correlations were developed in the direct and indirect effects of chemical components of maize grains (independent variables) over grain yield (basic variable). Starch has presented a significant high and positive correlation, which would benefit an increase in the productivity and producers in a cultivar selection. In contrast, oil and protein contents have presented a negative correlation to productivity. Yet, if one is interested in the production for the industry, it would be of interest to select cultivars with such capability.

Keywords: Commercialization; Improvement; Grain yield; *Zea mays* L.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é o principal ingrediente energético destinado à nutrição animal, especialmente de não ruminantes, como aves e suínos, pois apresenta alta digestibilidade de seus nutrientes, seguido por ausência de fatores antinutricionais intrínsecos e de elevada produtividade de grãos (ALVES *et al.*, 2015). O cereal também pode ser utilizado para alimentação humana, produção de óleo, etanol e matéria-prima para a indústria (RIBEIRO; COELHO; FERREIRA, 2020). Além de proporcionar boa qualidade nutricional para alimentação de rebanhos, o cereal desempenha importante papel econômico no estado do Tocantins, ocupando o segundo lugar na produção de grãos, onde na safra 2020-2021 foram cultivados 266,8 mil hectares com produção de 115,6 mil toneladas (CONAB, 2022).

Para potencializar ainda mais a produção, identificar cultivares mais adaptadas à região onde será feito o cultivo é importante, uma vez que as condições edafoclimáticas influenciam no desenvolvimento e potencial produtivo das plantas, bem como na composição química dos

grãos, tais como os teores de fibras, cinzas, carboidratos, óleo e proteína (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Neste sentido, buscando atender as necessidades ou exigências do mercado, é imprescindível a utilização de procedimentos de seleção apropriados para maximizar a adaptação e o ganho genético da cultura, fatores dependentes do conhecimento da variabilidade genética disponível e de como determinadas variáveis se correlacionam para a formação de novos genótipos (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Desta forma, estudar as correlações entre variáveis permite traçar estratégias e alternativas para maximizar o ganho previsto com a seleção de várias variáveis, simultaneamente, ou alavancar os ganhos genéticos de uma variável que apresenta baixa herdabilidade e/ou dificuldades de mensuração (ENTRINGER *et al.*, 2014). Para tal, a correlação linear de Pearson pode ser utilizada para representar a relação entre duas variáveis, porém sem apresentar as relações indiretas (CABRAL *et al.*, 2016).

É necessário, entretanto, considerar que a correlação por si só pode levar a erros de interpretação, sendo preciso utilizar-se de métodos adequados para maior detalhamento dos resultados. Para especificação da variável dependente principal, a análise de trilha possibilita entender as relações diretas e indiretas (PINHEIRO *et al.*, 2021), sendo ainda possível remover o efeito de outras variáveis sobre a relação de um par de variáveis, permitindo verificar as variáveis que obtiveram os maiores efeitos diretos e indiretos (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Além disso, a trilha permite particionar o coeficiente de correlação e quantificar as relações diretas e indiretas de todas as variáveis envolvidas na resposta (GONÇALVES *et al.*, 2017).

Apesar de sua complexidade e de existirem estudos de correlação e análise de trilha para a *Zea mays* L. que abordam a parte fisiológica da planta (ENTRINGER *et al.*, 2014; GOÇALVEZ *et al.*, 2017; CARVALHO *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2021; PINHEIRO *et al.*, 2021), os ensaios e publicações dedicados à análise físico-química do grão são encontrados de forma parcial e reduzida na região norte do Brasil, o que justifica a realização de estudos que abordem o tema holisticamente, destinados a investigar novas fronteiras agrícolas, como o Cerrado (CARVALHO *et al.*, 2018). Assim, o estudo objetiva investigar os efeitos diretos e indiretos entre os componentes químicos do grão na produtividade de milho cultivado sob baixa latitude.

## Metodologia

Foram realizados dois ensaios de competição de cultivares implantados na safra 2018-2019, sendo um em Paraíso do Tocantins (10°26 sul; longitude: 48°88 oeste e altitude: 411 m) e um em Palmas (latitude: 10°45 sul; longitude: 47°14 oeste e altitude: 220 m). Em Paraíso do Tocantins e Palmas, as semeaduras foram realizadas em cinco de novembro de 2018 e quinze de janeiro de 2019, respectivamente.

Foi realizada a análise de solo para determinação da necessidade de correção. O resultado da análise de solo para os locais é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Características do solo conforme análise a 20 cm de profundidade para Paraíso do Tocantins e Palmas

Característica	Unidade	Paraíso do Tocantins	Palmas
pH	CaCl <sub>2</sub>	6,1	5,9
P	mg/dm <sup>-3</sup>	14,1	6,8
K	mg/dm <sup>-3</sup>	54,2	39,0
Ca	cmolc/dm <sup>-3</sup>	3,6	1,2
Mg	cmolc/dm <sup>-3</sup>	0,8	0,5
M.O.	%	1,6	1,0
Sat. de base	%	76,4	54,0
CTC	cmolc/dm <sup>-3</sup>	5,94	3,4

Fonte: Dados da pesquisa.

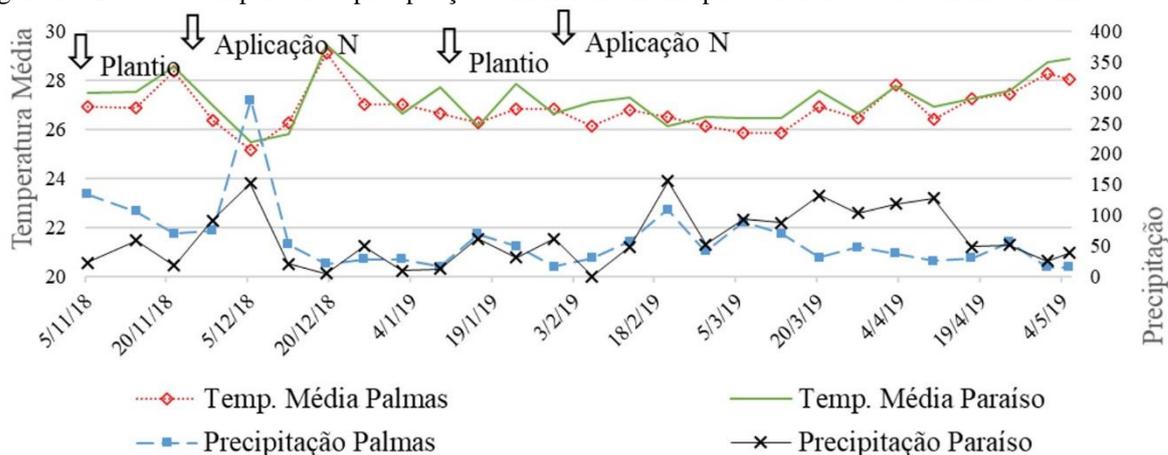
O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi de blocos ao acaso, com 12 tratamentos e três repetições, sendo os tratamentos representados por 12 cultivares comerciais, sendo seis transgênicos e seis não transgênicos, disponíveis e adquiridos em lojas especializadas e atuantes no comércio da região onde foram implantados os experimentos. A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,80 metros. Foram colhidas as espigas das duas linhas centrais, porém descartaram-se as espigas de 0,50 metros das extremidades.

As cultivares foram codificados de 1 a 6 para os não transgênicos e de 7 a 12 para os transgênicos, sendo: 1CHD (AG1051, Convencional Híbrido Duplo), 2CV (Cativerde, Convencional Variedade), 3CV (Al Alvaré, Convencional Variedade), 4CV (AL Bandeirante, Convencional Variedade), 5CHT (BM3063, Convencional Híbrido Triplo), 6CHD (Órion, Convencional Híbrido Duplo), 7THT (BM3063, Transgênico Híbrido Triplo), 8THT (2B655PW, Transgênico Híbrido Triplo), 9THS (2M95VIP3, Transgênico Híbrido Simples), 10THS (30S31VYH, Transgênico Híbrido Simples), 11THS (P3862H, Transgênico Híbrido Simples), 12THS (AG709, Transgênico Híbrido Simples).

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens, seguidas do sulcamento. A adubação de base foi de 400 kg de 4-14-8 por ha<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado manualmente e após

10 dias foi estabelecida população desejada de 50.000 plantas por hectare. Na Figura 1, podem ser observadas a precipitação e as datas da aplicação da adubação nitrogenada em cobertura, que foi realizada manualmente ao lado do sulco de semeadura, quando as plantas estavam no estágio V4 sendo aplicados 100 kg de N (Nitrogênio) por ha<sup>-1</sup>, utilizando como fonte o sulfato de amônio. O estágio V4 é estabelecido quando a planta apresenta quatro folhas totalmente desenvolvidas e pode-se afirmar que o estabelecimento do número de grãos, ou a definição da produção potencial estão sendo definidos nesta fase (MAGALHÃES e DURÃES, 2006). Vale ressaltar que os tratos culturais foram realizados conforme recomendações para a cultura (BORÉM *et al.*, 2017).

Figura 1 – Dados de temperatura e precipitação semanais no município de Paraíso do Tocantins e Palmas



Fonte: Estação meteorológica IFTO Paraíso do Tocantins e estação meteorológica do INMET, Palmas.

Os grãos colhidos em cada ensaio foram acondicionados em sacos de papel, identificados e enviados ao laboratório da Fundação ABC com sede em Castro-PR para obtenção das características Estrato Etéreo (%) e Proteína Bruta (%) e para o laboratório de matéria-prima industrial da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Palmas, onde foram determinados os teores de amido (método do reagente de Fehling) e de fibras (método enzimico gravimétrico).

Na sequência, foram realizadas a análise de variância individual e a análise conjunta. Posteriormente, foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres, cuja significância foi realizada pelo teste t, a 5% de probabilidade. Em seguida, as correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos dos componentes químicos do grão de milho (variáveis independentes) sobre a produção de grãos (variável básica) (WRIGHT, 1921).

Em seguida, realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade por meio da análise do número de condição (NC), que representa a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz

de correlações (MONTGOMERY e RUNGER, 2021). As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional Genes, versão 2007.

### Resultados e discussão

Os valores das correlações fenotípicas entre os componentes químicos dos grãos e, também, com a produção de grãos, na safra 2018-2019, são apresentados na Tabela 2.

O teor de amido apresentou correlação positiva e significativa com a produtividade de grãos (0,71), sendo que ambas se correlacionaram negativamente com os teores de óleo e proteína, indicando que incrementos na produtividade de grãos resultam do aumento no teor de amido e redução nos conteúdos de óleo e proteína. Por outro lado, o teor de fibras apresentou correlação de baixa magnitude com os demais caracteres.

Tabela 2 – Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson entre a produtividade de grãos e quatro componentes químicos do grão (óleo, proteína, fibras e amido) de doze cultivares de milho, em análise conjunta de dois locais (Paraíso do Tocantins e Palmas) no ano agrícola 2018-2019 no estado do Tocantins

Componentes	Óleo	Proteína	Fibras	Amido	Produtividade
Óleo	1	0,14	-0,25	-0,77*	-0,66*
Proteína		1	-0,02	-0,47*	-0,60*
Fibras			1	0,20	0,32
Amido				1	0,71*
Produtividade					1

Fonte: Dados da pesquisa. \*Significativo a 5% pelo teste t.

Coimbra *et al.* (2005) afirmam que caracteres que se correlacionam positivamente com alguns e negativamente com outros devem ser observados com maior atenção e cuidado. Isso acontece porque, ao ser selecionado, esse tipo de caráter pode promover mudanças indesejáveis em outros.

A correlação negativa da produção de grãos com o teor de óleo e proteína e positiva com teor de amido ocorreu, provavelmente, devido à competição por esqueletos de carbono disponíveis para a produção de óleo e a proteína, apontando que, neste processo, isso ocorre em função de a síntese de proteína requerer maior gasto de energia (BHATIA e RABSON 1976).

Por outro lado, a correlação negativa e significativa entre proteína e produção de grãos (-0,60), de acordo com Kelling e Fixen (1992), decorre pelo fato de que apenas quando a necessidade de nitrogênio para o crescimento da planta e produção de grãos tiver sido suprida, é que o nitrogênio será usado para aumentar e potencializar a proteína no grão.

Mahesh *et al.* (2014) também relataram resultados semelhantes ao observarem correlações positivas entre teor de amido e produtividade, e efeitos negativos do teor de óleo e proteína. Os autores acrescentam que nesta relação, conforme o tamanho do endosperma aumenta, aumentam o teor de amido e a produtividade. Já Duarte, Carvalho e Cavichhioli (2008) apontam resultados em que as cultivares com maior produtividade tiveram menor teor de óleo.

Na Tabela, 3, as estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis químicas de grão de milho sobre a produtividade, produzidas no cerrado tocantinense, são apresentadas.

Tabela 3 – Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos componentes químicos do grão de milho sobre a produtividade de grãos, de 12 cultivares de milho, em análise conjunta

<u>Teor de óleo</u>	
Efeito direto sobre a produtividade	-0.512
Efeito indireto via proteína	-0.074
Efeito indireto via fibra	-0.046
Efeito indireto via amido	-0.024
Total	-0.66*
<u>Teor de proteína</u>	
Efeito direto sobre a produtividade	-0.515
Efeito indireto via óleo	-0.073
Efeito indireto via fibra	-0.0004
Efeito indireto via amido	-0.015
Total	-0.60*
<u>Teor de fibra</u>	
Efeito direto sobre a produtividade	0.183
Efeito indireto via óleo	0.129
Efeito indireto via proteína	0.001
Efeito indireto via amido	0.006
Total	0.32
<u>Teor de amido</u>	
Efeito direto sobre a produtividade	0.032
Efeito indireto via óleo	0.397
Efeito indireto via proteína	0.243
Efeito indireto via fibra	0.037
Total	0.709*
Coeficiente de determinação	0.73
Efeito da variável residual	0.51

Fonte: Dados da pesquisa. \*Significativo a 5% pelo teste t.

Após testada, a multicolinearidade foi considerada fraca, não sendo necessária a correção dos dados. Além disso, o coeficiente de determinação foi considerado alto e o efeito da variável residual foi inferior aos principais efeitos diretos e indiretos, o que, segundo Rios *et al.* (2012) e Mundim *et al.* (2013), indica o quanto a variação da variável principal é explicada pelas variáveis secundárias.

Quando os valores da correlação ( $r$ ) e do efeito direto forem semelhantes em magnitude e sinal, a correlação explica bem a associação entre as variáveis. Por outro lado, se o ( $r$ ) foi positivo e o efeito direto for baixo e/ou negativo, a correlação existente é devido aos efeitos indiretos, indicando que a seleção simultânea de variáveis, com ênfase naqueles cujos efeitos indiretos sejam significativos, poderia proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal (LÚCIO *et al.*, 2013).

Os teores de óleo e proteína apresentaram correlação alta e efeito direto alto sobre a produtividade de grãos, indicando forte relação destas variáveis com a variável resposta, ou seja, que a correlação por si só explicou tal relação. Entretanto, pelo fato das correlações e os efeitos diretos terem sido negativos, a seleção de grãos com maior conteúdo de óleo e de proteína implicariam em plantas menos produtivas, que seria desejável para a indústria, mas não para o produtor, uma vez que o produtor recebe por tonelada de grãos entregue à indústria, independentemente da sua composição química.

O teor de amido apresentou correlação alta significativa e positiva (0,73) e efeito direto baixo (0,032) com a produtividade de grãos, sendo os efeitos indiretos via % de óleo (0,397) e % de proteína (0,243) os principais responsáveis pela alta correlação, de modo que a seleção simultânea dessas variáveis poderia proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal (LÚCIO *et al.*, 2013). Contudo, uma vez que os teores de óleo e proteína se apresentaram em sentido desfavorável ao aumento na produtividade de grãos, proporcionado pela correlação e efeito direto negativo de ambas na variável básica, a seleção indireta de grãos com os maiores teores de óleo e de proteína, via teor de amido, não irá resultar em ganhos na variável produtividade de grãos.

No melhoramento, é importante identificar, entre as variáveis de alta correlação com a variável básica, aquelas de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (CRUZ *et al.*, 2004).

Assim, face ao exposto acima, a situação mais favorável para seleção indireta visando obter cultivares mais produtivos seria através dos teores de óleo e proteína nos grãos, onde se buscaria a seleção de cultivares com menores teores para essas variáveis nos grãos. Por outro lado, para a indústria seria interessante cultivares com maiores teores para essas variáveis, que resultariam em melhor qualidade nos grãos, que atenderia o mercado de produção de proteína animal e de biocombustíveis, por exemplo, em detrimento da produção.

Porém, para adotar novos indicadores de qualidade para determinação de valores aos produtores, o mercado deste cereal ainda necessita de mais estudos e seleção de novas cultivares com potencialização de características, como, por exemplo, proteína e óleo, e indicadas para cada região produtora. Desta forma, seria possível atender a exigências específicas do consumidor final, além de remunerar adequadamente o produtor.

Com relação à indústria e a sua determinação de valores, ela poderia efetuar pagamento diferenciado aos produtores, por cultivares que tenham determinada variável de interesse potencializada, mesmo que menos produtivos. Para outras variáveis, isto tem sido realizado, conforme retratado por Paes (2006) e Cruz *et al.* (2011), que apontam pela preferência no uso pelo mercado nacional de cultivares com grãos duros e semiduros, que sofrem menores danos de manuseio e armazenamento em razão do denso arranjo dos grãos de amido com proteínas, além de relatar que grãos moles ou dentados não são aceitos por alguns players ou comprados por preço inferior. Desta forma, são necessários estudos que buscam detalhar as variáveis que compõem o grão de milho para melhor dimensionar as cultivares.

### **Conclusão**

1. Os efeitos diretos e indiretos entre os componentes das cultivares apontam para a seleção de novos materiais com menor teor de óleo e proteína nos grãos, o que é interessante para o produtor, em detrimento à indústria.

2. A depender da exigência dos consumidores, um novo formato de pagamento aos produtores pode ser implementado pela indústria, de modo que não haja queda de receita.

### **Referências**

ALVES, B. M. FILHO, A. C., BURIN, C. TOEBE, M., SILVA, L. P. da. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e à qualidade nutricional. Ciência Rural, v. 45, n. 5, p. 884-891, 2015.

BHATIA, C. R.; RABSON, R. Bioenergetic Considerations in Cereal Breeding for Protein Improvement. Science, v. 194, n. 4272, p. 1418-1421, 1976.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. Milho do plantio à colheita. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017.

CARVALHO, E. V. de, AFFÈRRI, F. S., PELUZIO, J. M., COLOMBO, G, A. DOTOO, M. A. Análise de trilha e variação genética na cultura do milho em condições de Cerrado. Colloquium Agrariae, v. 14, n. 2, p. 13-23, 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento de safra – séries históricas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 02 abr. 2022.

CRUZ, J. C. MAGALÃES, P. C. PREIRA FILHO I. A., MOREIRA, J. A. A. Milho: produtor pergunta embrapa responde. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

CRUZ, L. T. da.; FERRARI, V. J.; MATOSO, A. de O. Qualidade e composição bromatológica do milho em diferentes épocas de corte. Revista do Agronegócio – Reagro, v. 5, n. esp., p 67-75, 2016.

DUARTE, A. P.; CARVALHO, C. R. L.; CAVICCHIOLI, J. C. Tecnologia de sementes e fibras. Bragantia, v. 67, n. 3, p. 759-767, 2008.

ENTRINGER, G. C., SANTOS, P. H. A. D., VETTORAZZI, J. T. F., CUNHA, K. S. da, PEREIRA, M. G. Correlação e análise de produção de milho superdoce. Revista Ceres, v. 61, n. 3, p. 356-361, 2014.

GONÇALVES, D. de L., BERELLI, M. A. A., OLIVEIRA, T. C. de, SANTOS, P. R. J. dos, SILVA, C. R. da, POLETINE, J. P., NEVES, J. D. Genetic Correlation and Path Analysis of Common Bean Collected from Caceres Mato Grosso State, Brazil. Ciência Rural, v. 47, n. 8, p. 1-7, 2017.

KELLING, K. A.; FIXEN, P. E. Soil and Nutrient Requirements for Oat Production. 33. ed. Madison: Agronomy Monographs, 1992.

LÚCIO, A. D. C., STORCK, L., KRUSE, W., GONÇALVEZ, R. Q., NIED, A. H. Relações entre os caracteres de maracujazeiro-azedo. Ciência Rural, v. 43, n. 2, p. 225-232, 2013.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção de milho. Circulares Técnicas Embrapa, n. 1, p. 10, dez. 2006.

MAHESH, N. GOWDA, M. V. C., MOTAGI, B. N., UPPINAL, N. F., WALI, M. C. Correlation and Path Analysis of Yield and Kernel Components in Maize. Karnataka. Journal of Agricultural Sciences, v. 26, n. 2, 2014.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Probabilidade e estatística na engenharia. 7. ed. [s.l.] LTC, 2021.

MUNDIM, G. B., VIANA, J. M. S., MAIA, C., PAES, G. P., & DELIMA, R. O. Genetic diversity and path analysis for nitrogen use efficiency in popcorn inbred lines. Euphytica. 2013.

OLIVEIRA, E. J. de, LIMA, D. S. de, LUCENA, R. S., MOTTA, T. B. N., DANTAS, J. L. L. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010.

OLIVEIRA, M. A., ZUCARELI, C. SPOLAOR, L. T., DOMINGUES, A. T., FERREIRA, A. S. Composição química dos grãos de milho em resposta à adubação mineral e inoculação com rizobactérias. Revista Ceres, v. 59, n. 5, p. 709-715, 2012.

OLIVEIRA, R. M. de, OLIVEIRA, R. A. de, NEVES, J. C. L., OLIVEIRA, E. M. de, BOTELHO, M. E., OLIVEIRA, J. T. de. Relação entre índice de colheita do milho e eficiências de fósforo por meio de análise de trilha. Research, Society and Development, v. 10, n. 2, p. 1-8, 2021.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho 75. Circular técnica, v. 75, p. 1-6, 2006.

PINHEIRO, L. da S., SILVA, C. R., VIEIRA, R. da C., AGUIAR, R. O., NASCIMENTO, M. R. do, VIEIRA, M. M. SOUZA, R. F., OLIVEIRA, J. T. de, SILVA, J. N. da, SILVA, V. . A., SILVA, p. A. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. Research, Society and Development, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2021.

RIBEIRO, L. C. P.; COELHO, M. A. Z.; FERREIRA, T. F. Butanol Production by *Clostridium pasteurianum* NRRL-598 Using Corn Steep Liquor as Nutrient Source. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 45399-45404, 2020.

RIOS, S.A., BORÉM, A., GUIMARÃES, P.E.O., PAES, M.C.D. Análise de trilha para carotenoides em milho. Revista Ceres, v. 59, n. 3, p. 368-373, 2012.

WRIGHT, S. Correlation and Causation. Journal of Agricultural Research, n. 20, p. 557-585, 1921.

## 7. CONCLUSÃO

A cultura do milho vem se consolidando como importante ator na economia do estado do Tocantins. Contudo, apesar da gradativa ampliação na produtividade, a média do estado, ainda está abaixo da média dos principais produtores do Brasil. Esta condição, aponta para a oportunidade de ampliação nos investimentos em tecnologia de cultivo e de novas cultivares, que sejam melhor adaptadas aos ambientes regionais e que possam proporcionar maiores ganhos financeiros e de mercado.

Outro ponto a se destacar, é a possibilidade de plantio de cultivares que favoreçam a produção de proteína e óleo, utilizadas como matéria-prima para indústria de transformação. Porém, para que estas cultivares possam ser amplamente utilizadas um novo formato de classificação e remuneração aos produtores poderia ser adotado. Desta forma, nem produtores e nem indústrias ficariam prejudicados em detrimento de maior ou menor composição de determinado componente do grão.

Por fim, a cultura do milho, apesar de já cultivada em várias condições climáticas, altitudes e sob utilização ou não de tecnologia, tem muito ainda a ser melhorada por apresentar amplo potencial genético com capacidade de contribuir com a economia local onde é cultivada, com a balança comercial brasileira e com a demanda mundial por alimentos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V. DE; PELUZIO, J. M.; FARIA, L. A. de. Avaliação de genótipos de milho: adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental. Revista Sítio Novo. v.4 n.2 p.81-92, 2020.

ALVES, M. E. B.; ANDRADE, C. de L. T. de; RUIZ-CÁRDENAS, R.; AMARAL, T, L.; SILVA, D. F. Identificação e quantificação do efeito de fatores ambientais na produtividade da cultura do milho na região de Janaúba, MG. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, nº. 3, p.188- 201, 2011.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; DE SOUZA, Â. R. L.; DA SILVA, L. X.; Gestão de custos na produção de milho e soja. Revista Brasileira Gestão Negócios. São Paulo v.20 n.2 abr-jun. p.273-294. 2018.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L. DE; SOUZA, Â. R. L. de. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. v.12, n.2, p.515-540, 2019.

BARROSO, L. M. A.; NASCIMENTO, M.; NASCIMENTO, A. C. C.; SILVA, F. F.; FERREIRA, R. de P. Uso do método de Eberhart e Russell como informação a priori para aplicação de Redes Neurais artificiais e Análise Discriminante visando a classificação de genótipos de alfafa quanto à adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Revista Brasileira Biomassa, São Paulo, v.31, n.2, p.176-188, 2013.

CABRAL, P. D.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS, I. L. J.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C. Relação de causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 1, p. 108, 2016.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; ROTILI, E.A.; DOTTO, M.A.; FARIA, L.A. Parâmetros genéticos e associação de metodologias de EUN no milho sob diferentes doses de nitrogênio. Journal of Bioenergy and Food Science. v.3, n.1, 2016.

CASTRO, P. R. C; KLUGE, R. A. Ecofisiologia de cultivos anuais : trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 2005, 126 p.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Exportação do Agronegócio. 2021.

CHANDEL, U.; GULERIA, S. K.; SUDAN, R. S.; KUMAR, D. Genotype by environment interaction and stability analysis for maize hybrids in North Western Himalayas ecology. Maydica, v.64, p.1-7, 2019.

CHANDEL, U.; GULERIA, S. K.; SUDAN, R. S.; KUMAR, D. Genotype by environment interaction and stability analysis for maize hybrids in North Western Himalayas ecology. Maydica, v.64, p.1-7, 2019.

COIMBRA, J. L. M.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, A. C. de; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. Ciência Rural, v.35, n.2, 2005

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil. 2019.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento de safra – séries históricas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 02 abr. 2022.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento de safra brasileira de grãos - safra 2021/2022, 4º levantamento. 2022c. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/40828\\_0bad57072b38a160412f36392313de55](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/40828_0bad57072b38a160412f36392313de55). Acesso em: 10 mai. 2022.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Mercado – oferta e demanda. 2022b. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/oferta-e-demanda.html>. Acesso em: 27 mai 2022.

COTRIM, M. F.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.; TEODORO, L. P. R.; BHERING, L.L.; TEODORO, P. E. Environmental stratification in the Brazilian cerrado on the yield and fiber quality of cotton genotypes. Bioscience journal, v. 35, n. 5. 2019.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Imprensa Universitária. v.1. 20 ed. 480p. 2004.

DOEBLEY, J.F. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. BioScience, v. 40, p. 443-448, 1990.

DOTTO, M.A., AFFÉRI, F.S., PELUZIO, J.M., MELO, A.V., CARVALHO, E.V., Divergência genética entre cultivares comerciais de milho em baixas altitudes no Tocantins, safra 2007/2008. Revista Ciência Agronômica. 2010.

DUARTE, A. P.; CARVALHO, C. R. L.; CAVICCHIOLI, J. C. Tecnologia de sementes e fibras. Bragantina, v. 67, n. 3, p. 759-767, 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA). Época de plantio e cultivares de milho safrinha no Tocantins. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Palmas: Embrapa Pesca e aquicultura, 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA). Milho – importância socioeconômica. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2022. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_8\\_168200511157.html#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20econ%C3%B4mica%20do%20milho,cerca%20de%2070%25%20no%20mundo](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20econ%C3%B4mica%20do%20milho,cerca%20de%2070%25%20no%20mundo). Acesso em: 11 mai 2022.

ENTRINGER, G. C. SANTOS, P. H. A. D., VETTORAZZI, J. C. F., CUNHA, K. S. da, PEREIRA, M. G., Correlação e análise de produção de milho superdoce. Revista Ceres, v. 61, n. 3, p. 356-361, 2014.

Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. ETENE. Milho: Produção e Mercados. Ano 6. N. 210. Dez. 2021.

FARIA, L.A.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, W.F.; SOUZA, C.M.; COLOMBO, G.A.; AFFÉRI, F.S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.13, n.2, p1-7, 2018.

FILHO, I. A. P.; BORGHI, E. Sementes de milho no Brasil: a dominância dos transgênicos. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos. Sete Lagoas, MG. 2018.

FILHO, I. A. P.; BORGHI, E. Sementes de milho no Brasil: a dominância dos transgênicos. Embrapa Milho e Sorgo. Documentos. Sete Lagoas, MG. 2018.

FREITAS, F. de O. Estudo genético-evolutivo de amostras modernas e arqueológicas de milho (*Zea mays mays*. L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2001.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. Revista Ceres, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 819-828. 2014.

GONÇALVES, D. de L. BARELLI, M. A. A., OLIVEIRA, D. C. de, SANTOS, P. R. J. dos, SILVA, C. R. da, POLETINE, J. P., NEVES, L. G. Genetic Correlation and Path Analysis of Common Bean Collected from Caceres Mato Grosso State, Brazil. Ciência Rural, v. 47, n. 8, p. 1-7, 2017.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; ARF, O.; OLIVEIRA, Â. C. de; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. Pesquisa Agropecuária Tropical. v. 41, n. 3, p. 348–359, 2011.

MAHESH, N. GOWDA, M. V. C., MOTAGI, B. N., UPPINAL, N. F., WALI, M. C. Correlation and Path Analysis of Yield and Kernel Components in Maize. Karnataka. Journal of Agricultural Sciences, v. 26, n. 2, 2014.

MASTRODOMENICO, A. T.; HAEGELE, J. W.; SEEBAUER, J. R.; BELOW, F. E. Yield stability differs in commercial maize hybrids in response to changes in plant density, nitrogen fertility, and environment. Crop Science, v.58, p.230-241, 2018.

MELO, A. V.; SANTOS, V. M.; LOPES, T. M.; DIAS, M. A. R.; NUNES, H. V. Divergência genética entre híbridos de milho em condições de deficiência hídrica. Revista de Agricultura Neotropical, v. 6, n. 3, p. 66-75, 2019.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. Introduction to linear regression analysis. New York : J. Wiley, 504p. 1981.

NARDINO, M.; BARETTA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J. DE; SZARESKI, V. J.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q. de. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. Revista de Ciências Agrárias. n.40, p.164-174. 2017.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; RESENDE, J. T. V. Genetic divergence among maize hybrids and correlations with heterosis and combining ability. Acta Scientiarum. v. 34, n. 1, p. 37-44, 2012.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Circular Técnica. Sete Lagoas – MG. 2006.

PINHEIRO, L. da S. *et al.* Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. Research, Society and Development, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2021.

PINHEIRO, L. da S., SILVA, R. C., VIERIA, R da C., AGUIAR, R. O., NASCIMENTO, M. de O. do, VIEIRA, M. M., SOUZA, R. F., OLIVEIRA, J. T. O., SILVA, J. N. da, SILVA, V. F. A., SILVA, P. A. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. Research, Society and Development, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2021.

PINHEIRO, L. S.; GATTI, V. C. M.; OLIVEIRA, J. T.; SILVA, J. N.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Características agro econômicas do milho: uma revisão. Natural Resources. v.11, n.2, p.13-21, 2021.

PROUS, A. L'archéologie au Brésil: 300 siècles d'occupation humaine. L'Anthropologie, v. 90, p. 257-306, 1986.

SANTOS, W. F. DOS.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SODRÉ, L. F.; SANTOS, D. S. DOS; FARIAS, T. C. M. Variabilidade genética e eficiência de uso do nitrogênio em populações de milho para teor de óleo. Revista Ciências Agrárias. v.57, n.3, p.312-317, 2014.

SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; PELÚZIO, J. M.; SODRÉ, L. F.; ROTILI, E. A.; CERQUEIRA, F. B.; FERREIRA, T. P. S. Diversidade genética em milho sob estresse abiótico no Estado do Tocantins. Journal of Bioenergy and Food Science. n.5, v.2, p.44-53, 2018.

SILVA, K. C. L.; SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; SODRÉ, L. F. Diversidade genética em genótipos de milho de plantio tardio sob diferentes níveis de nitrogênio no Tocantins. Revista de Agricultura Neotropical, v. 6, n. 3, 2019.

SILVA, P. R. A.; CORREIA, T. P. da S.; SOUZA, S. F. G. de; MILLANI, T. M. Análise econômica de milho convencional e transgênico em dois sistemas de preparos de solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.35, n.6, p.1032-1041, nov./dez. 2015.

SODRÉ, L. F.; ASCÊNCIO, S. D.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SANTOS, W. F. DOS; CARVALHO, E. V. de. Cultivo para alto e baixo nitrogênio em genótipos de milho no Tocantins visando a produção de óleo. Revista de Agricultura. v.91, n.2, p.174-183, 2016.

SODRÉ, L. F.; SANTOS, W. F. DOS; ASCÊNCIO, S. D.; PALUZIO, J. M.; SILVA, R. M. DA; REINA, E. Divergência genética em milho para baixo e alto nitrogênio visando à produção de óleo e proteína. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, v.22, p.1-7, 2017.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M. dos; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. estudo da produção do milho no brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas South American Development Society Journal. vol. 04, n. 11. 2018.

SOUZA, A. W. A. de; PIRES, G. A. Revisão de literatura: milho. Rio Branco: [s.n.]. 21 p. 2013.

## 9. ANEXOS

**Anexo 1:** Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “análise econômica de milho convencional e transgênico no cerrado tocantinense”



Análise econômica de milho convencional e transgênico no cerrado tocantinense

### ARTIGO ORIGINAL

ECKARDT, Márcio <sup>[1]</sup>, CARDOSO, Ila Raquel Melo <sup>[2]</sup>, SILVA, Núbia Adriane da <sup>[3]</sup>, PELUZIO, Joenes Mucci <sup>[4]</sup>, AFFÉRI, Flávio Sérgio <sup>[5]</sup>

ECKARDT, Márcio. Et al. Análise econômica de milho convencional e transgênico no cerrado tocantinense . Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 01, Vol. 09, pp. 41-52. Janeiro de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/biologia/milho-convencional>

### Contents

- RESUMO
- 1. INTRODUÇÃO
- 2. MATERIAL E MÉTODOS
- 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO
- 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS
- REFERÊNCIAS

### RESUMO

Para  
con  
cult  
visa  
con  
con  
safa  
aca  
rec  
pela  
mai

ID	Revista	Qualis
13091	REVISTA CIENTÍFICA DO ISCTAC	B3
13092	REVISTA CIENTÍFICA DO ITPAC	B1
13093	REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA	B4
13094	REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE PSICOLOGIA	A4
13095	REVISTA CIENTÍFICA E-LOCUÇÃO	B2
13096	REVISTA CIENTÍFICA GENERAL JOSÉ MARIA CÓRDOVA	B3
13097	REVISTA CIENTÍFICA GUILLELMO DE OCKHAM (ONLINE)	A2
13098	REVISTA CIENTÍFICA HERMES	B1
13099	REVISTA CIENTÍFICA INTELLETTO	B4
13100	REVISTA CIENTÍFICA INTERDISCIPLINAR INTERLOGOS	B4
13101	2448-0959 REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO CONHECIMENTO	B3
13102	REVISTA CIENTÍFICA ON-LINE TECNOLOGIA GESTÃO HUMANIS	B3
13103	REVISTA CIENTÍFICA SCHOLA	B4
13104	REVISTA CIENTÍFICA UMC	B3
13105	REVISTA CIENTÍFICA UNILAGO	B4
13106	REVISTA CIENTÍFICA/FAP (CURITIBA, IMPRESSO)	B3
13107	REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS	B4
13108	REVISTA CIB BRASIL	B4
13109	REVISTA CINTEX	B4
13110	REVISTA CIRANDA (UNIMONTES)	A3
13111	REVISTA CIS	A4

Pronto Acessibilidade: tudo certo Contagem: 9 10:30 06/05/2022

[www.nucleodoconhecimento.com.br](http://www.nucleodoconhecimento.com.br)

**Anexo 2:** Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “Divergência entre cultivares de milho transgênico e não transgênico sob cultivo no cerrado”

## DIVERGÊNCIA ENTRE CULTIVARES DE MILHO TRANSGÊNICO E NÃO TRANSGÊNICO SOB CULTIVO NO CERRADO



Revista  
**Desafios**

Artigo Original  
Original Article  
Artículo Original

*Divergence between transgenic and non-transgenic corn cultivars cultivated in the Cerrado*

*Divergencia entre cultivares de maíz transgênicos y no transgênicos en cultivo en el Cerrado*

Márcio Eckardt<sup>\*1</sup>, Ila Raquel Mello de Cardoso<sup>1</sup>, Núbia Adriane da Silva<sup>2</sup>, Flávio Sérgio Affêrri<sup>3</sup>, Joenes Mucci Peluzio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Biodiversidade e biotecnologia, Rede BIONORTE, Palmas, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins, Paraíso do Tocantins, Brasil.

<sup>3</sup>Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil.

<sup>4</sup>Laboratório de Pesquisas agropecuárias, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Brasil.

\*Correspondência: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Parque Agroindustrial, BR 153, Km 480, Paraíso do Tocantins, Tocantins, Brasil. CEP:77.600-000 e-mail [adm1marcio@ifto.edu.br](mailto:adm1marcio@ifto.edu.br)

Artigo recebido em 19/02/2021 aprovado em 05/07/2021 publicado em 26/10/2021.

### RESUMO

O crescente uso da transgenia em programas de melhoramento pode levar a efeitos adversos na cultura do milho. O estudo comparativo entre cultivares transgênicas e não transgênicas disponíveis no mercado, sob diferentes doses de nitrogênio, no cerrado tocantinense, teve o objetivo de identificar os efeitos das tecnologias na diversidade genética. Foram realizados dois ensaios em Paraíso do Tocantins e dois em Palmas, com semeaduras em novembro de 2018 e janeiro de 2019. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. Em cada ensaio, foi realizada adubação de cobertura com 50, 100 e 150 kg de N (Nitrogênio) por ha<sup>-1</sup>. Para cada dose de N, e para análise conjunta, foram obtidas a contribuição relativa das características, medidas de dissimilaridade e a formação de grupos.

ISSN	Revista	Localização
2526-2637	DERIVAS ANALÍTICAS	B4
1938-1980	DERMATO-ENDOCRINOLOGY	A1
1076-0512	DERMATOLOGIC SURGERY	A3
1018-8665	DERMATOLOGY (BASEL)	A2
1087-2108	DERMATOLOGY ONLINE JOURNAL	B2
1687-6105	DERMATOLOGY RESEARCH AND PRACTICE	A3
1687-6113	DERMATOLOGY RESEARCH AND PRACTICE	A3
2448-5144	DESACATOS. REVISTA DE ANTROPOLOGÍA SOCIAL	A1
1678-1821	DESAFIO (CAMPO GRANDE)	B1
0328-8927	DESAFIOS (ROSARIO)	A4
2359-3652	DESAFIOS: REVISTA INTERDISCIPLINAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS	B1
0011-9164	DESALINATION (AMSTERDAM)	A1
1944-3986	DESALINATION AND WATER TREATMENT (ONLINE)	A3
1944-3994	DESALINATION AND WATER TREATMENT (PRINT)	A3
2545-7284	DESCENTRADA - REVISTA INTERDISCIPLINAR DE FEMINISMOS Y GÉNERO	A4
2076-2674	DESDE EL SUR	B1
2236-5400	DESENREDO	A2
2175-3903	DESENREDO	A2
2316-5537	DESENVOLVE: REVISTA DE GESTÃO DA UNILASALLE	B2
2176-9109	DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE	A2
1518-952X	DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (UFPR)	A2

DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/ufvtv8-11648>

Revista Desafios – v. 08, n. 03, 2021

**Anexo 3:** Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “Adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental de milho transgênico e não transgênico no cerrado”



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p75-81>

## Adaptability, stability and environmental stratification of genetically and nongenetically modified corn in the Cerrado<sup>1</sup>

Adaptabilidade, estabilidade e estratificação ambiental de milho transgênico e não transgênico no Cerrado

Marcio Eckardt<sup>2\*</sup>, Ila R. M. Cardoso<sup>3</sup>, Núbia A. da Silva<sup>2</sup>, Yolanda V. de Abreu<sup>4</sup>, Flávio S. Afférris<sup>5</sup> & Joenes M. Peluzio<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Research developed at Paraíso do Tocantins and Palmas, TO, Brazil

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins/Departamento de Gestão e Negócios, Paraíso do Tocantins, TO, Brazil

<sup>3</sup> Centro Universitário Católica do Tocantins – UniCatólica/Departamento de Engenharia de Produção, Palmas, TO, Brazil

<sup>4</sup> Universidade Federal do Tocantins/Mestrado em Agroenergia Digital, Palmas, TO, Brazil

<sup>5</sup> Universidade Federal de São Carlos/Centro de Ciências da Natureza, Buri, SP, Brazil

<sup>6</sup> Universidade Federal do Tocantins/Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia, Palmas, TO, Brazil

### HIGHLIGHTS:

*Genotype-environment interaction influences the selection of new cultivars and yield increases. Water stress combined with temperature variations has a considerable effect on crop adaptability. Cultivars are expected to behave differently according to fertilization levels, location and growing season.*

ABS adapt were and t was a Tocai three ICH the l adap GM envit N do Key RES necess Nest não t imp em 0

tratamentos, que foram dispostos em esquema fatorial 3 × 12, em cobertura (50, 100 e 150 kg de N ha<sup>-1</sup>) e por 12 cultivares (5CTH, 6CDH e seis não transgênicos: 7GTH, 8GTH, 9GSH, dose de N em cada ensaio representou um ambiente distinto. Sendo utilizados os métodos de adaptabilidade e estabilidade, a resposta diferencial entre as cultivares oriundas de tecnologias transgênicas e não transgênicas, em sua maioria, foram mais adaptadas aos ambientes. Houve similaridade entre ambientes oriundos de locais, época de ambientes em futuros trabalhos de melhoramento.

**Palavras-chave:** Zea mays L., interação cultivar x ambiente, etc.

• Ref. 250080 – Received 20 Mar, 2021

\* Corresponding author - E-mail: [adm1marcio@ifto.edu.br](mailto:adm1marcio@ifto.edu.br)

• Accepted 04 Jul, 2021 • Published 11 Aug, 2021

Edited by: Hans Raj Gheyi

it essential to study Four experiments raíso do Tocantins nvironment interaction Arauaia region of orial scheme, with vars (six non-GM, statistical analysis, ain yield, using the served between the e and unfavorable wing time and the

tais, tornando-se os desta interação. lho transgênico e ição de cultivares aduras realizadas ualizados com 36

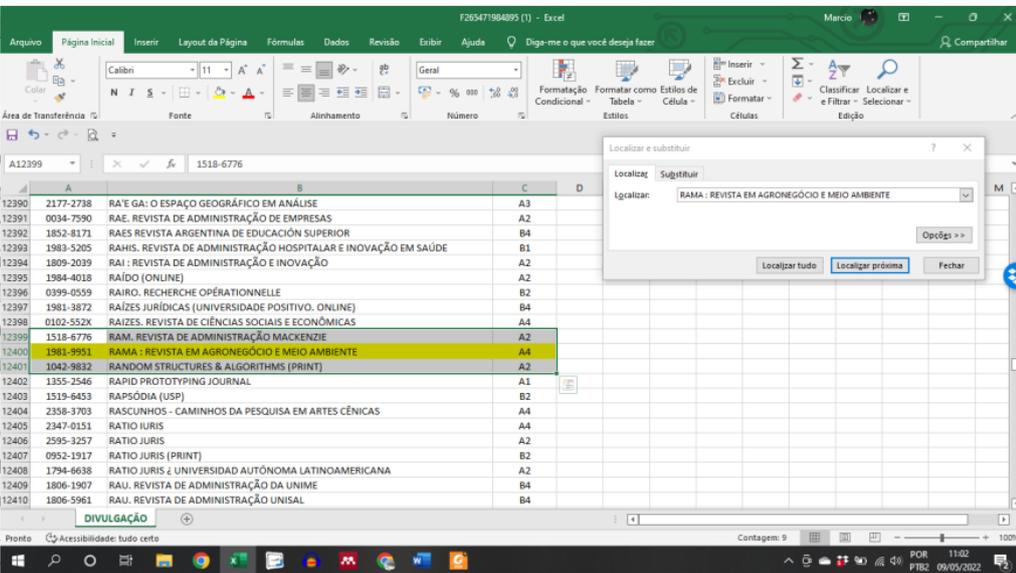


**Anexo 4:** Imagem da Primeira página com Qualis único divulgado pela Bionorte do artigo “Correlação e análise de trilha de componentes físico-químicos de grãos de milho cultivado sob baixa latitude”

1                   **CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE COMPONENTES**  
 2                   **FÍSICO-QUÍMICOS DE GRÃOS DE MILHO CULTIVADO SOB BAIXA**  
 3                   **LATITUDE**  
 4                   **CORRELATION AND PATH ANALYSIS OF PHYSICAL-CHEMICAL**  
 5                   **COMPONENTS OF MAIZE GRAINS GROWN UNDER LOW**  
 6                   **LATITUDE**

7     **Resumo:** O melhoramento genético é uma das formas de potencializar a produtividade,  
 8     diminuir custos e proporcionar maior sustentabilidade, de modo que uma ferramenta auxiliar  
 9     neste processo seria o conhecimento da relação entre as variáveis e a produtividade. Assim, o  
 10    presente artigo foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos diretos e indiretos entre os  
 11    componentes químicos do grão na produtividade de milho sob cultivo em baixa latitude. Nas  
 12    safras de 2018-2019 foram realizados dois ensaios de competição de cultivares, sendo um em  
 13    Palmas e outro em Paraíso do Tocantins-TO. O delineamento experimental utilizado nos  
 14    ensaios foi de blocos ao acaso, com 12 tratamentos e três repetições, os tratamentos  
 15    representados por 12 cultivares comerciais, divididas em seis transgênicos e seis não  
 16    transgênicos. Os caracteres estudados foram Óleo, Proteína, Fibra, Amido e Produção de Grãos.  
 17    Foram realizadas análise de variância individual e análise conjunta. Posteriormente, foram  
 18    estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres. Em seguida, as  
 19    correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos dos componentes químicos do  
 20    grão de milho (variáveis independentes) sobre a produção de grãos (variável básica). O amido  
 21    apresentou correlação significativa alta e positiva, o que beneficiaria o aumento da  
 22    produtividade e produtores em uma seleção de cultivares. Em contraposição, os teores de óleo  
 23    e de proteína apresentaram correlação negativa a produtividade, porém se o interesse for  
 24    produção para indústria seria estratégia interessante selecionar cultivares com esta aptidão.

25    Pal

26    

27    Ab

28    pro

29    col

30    eff

31    20

32    To

33    ran

34    12

35    stu

36    joi

37    Th

38    ma

39    sig

40    and producers in a cultivar selection. In contrast, oil and protein contents have presented a

s, and  
 ing the  
 direct  
 2018-  
 so do  
 s was  
 ed by  
 acters  
 is and  
 acters.  
 ents of  
 nted a  
 ctivity